**УДК 91:001.89; 910.21** **DOI: 10.35595/2414-9179-2019-1-25-47-65**

**А.Н. Гуня[1], Е.Ю. Колбовский[2], У.Т. Гайрабеков[3]**

# КАРТОГРАФО-ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РЕГИОНОВ

## АННОТАЦИЯ

Обоснование региональных концепций устойчивого развития горных территорий нуждается в особом внимании к специфике формирования и существования социума в ареалах вмещающего ландшафта. Тесная связь между природными условиями, унаследованными уникальными типами природопользования и укорененными формами самоуправления в горах продолжает сохраняться под давлением глобальных модернизационных процессов. Поэтому любые усилия, предпринимаемые в направлении общих и отраслевых видов планирования, должны опираться на предварительное исследование и моделирование сущности связей между природой и социумом гор.

Представляется целесообразным выделение следующих основных свойств горных территорий, которые, с одной стороны, являются критически важными для устойчивого развития регионов, с другой – могут быть охарактеризованы с использованием ГИС-моделирования и картографирования: 1) картографо-геоинформационное отображение «горности» региона и специфики горных ландшафтов, в частности делимитация границ высотных поясов (нижней границы горного региона, границы верхнего экотона перехода от древесной растительности к альпийским лугам и др.); 2) отражение географической полиструктурности и фрактальности природных (ландшафты, водосборы) и социально-культурных (культурные ландшафты, «кусты» поселений, ареалы субэтносов) сущностей; 3) оценка ёмкости и резистентности (устойчивости) горных природных и унаследованных культурных ландшафтов, определение рисков различного характера и ограничений роста и развития; 4) анализ динамики горных ландшафтов, как пространственной, проявляющейся в трансформации высотных поясов и подвижках границ экотонов, так и «хроноструктурной», выражающейся в сменах типичных сезонных и многолетних состояний; 5) отбор адекватных параметров для характеристики специфики горных территорий в дихотомии «горы − равнины».

Поэтому одной из важнейших задач исследования горных территорий должно стать геоинформационное моделирование, основанное на «больших данных» и позволяющее, с одной стороны, актуализировать наше представление о ландшафтах Северного Кавказа, их состоянии и современной динамике, с другой – выстроить достоверную картину хозяйствования, прежде всего – земле- и ресурсопользования. Представление о трендах среднемноголетней динамики ландшафтов позволит корректно оценить потенциал и резистентность природных ландшафтов, а также состояние и возможности реабилитации заброшенных культурных ландшафтов в высоком поясе гор. Интеграция таких параметров может быть осуществлена в рамках различных матриц операционно-территориальных единиц, важнейшей из которых является матрица речных водосборов, позволяющая непосредственно фиксировать изменения в вещественно-энергетических потоках, контролирующих функционирование горных ландшафтов. На примере Чеченской Республики проиллюстрированы возможности геоинформационных методов и картографирования при решении проблем устойчивого развития.

---

[1] Институт географии РАН, Старомонетный переулок 29, 119017, Москва, *e-mail:* **gunyaa@yahoo.com**
[2] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, *e-mail:* **kolbowsky@mail.ru**
[3] Чеченский государственный университет, г. Грозный, 364093, ул. Шерипова 32, *e-mail:* **gairabekov_u@mail.ru**

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Горные территории, устойчивое развитие, Чеченская республика, картографирование ландшафтов, картографо-геоинформационные методы

**Alexey N. Gunya**[1]**, Evgenii Yu. Kolbovsky**[2]**, Umar T. Gairabekov**[3]

## GIS-MODELING AND MAPPING FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF MOUNTAIN REGIONS

**ABSTRACT**

The elaboration of the sustainable regional development concepts for mountain areas requires special attention to the specifics of the formation and existence of society in the areas of the surrounding landscape. The close connection between natural conditions, inherited unique types of environmental management and rooted forms of self-government in the mountains continues to be maintained even under the pressure of global modernization. Therefore, any efforts undertaken in the direction of general and sectoral types of planning should be based on a preliminary study and modeling of the essence of the relationship between nature and the society of mountains.

It seems appropriate to identify the following basic properties of mountainous areas, which, on the one hand, are crucial for the sustainable development of regions, on the other hand, can be characterized using GIS modeling and mapping: 1) GIS-modeling of the «highlands features» of the region and the specifics of mountain landscapes, in particular the delimitation of the boundaries of high-altitude belts (the lower boundary of the mountain region, the upper ecotone`s boundaries between the tree vegetation and alpine meadows, etc.); 2) reflection of the polystructural and fractal properties of natural (landscapes, watersheds) and socio-cultural (cultural landscapes, groups of settlements, areals of subethnoses) entities; 3) assessment of the capacity and resistance (tolerance) of mountain natural and inherited cultural landscapes, identification of different risks and limitations of economic growth and development; 4) analysis of the mountain landscapes dynamics, both spatial, manifested in the transformation of altitudinal belts and shifts of the boundaries of ecotones, and «chronostructural» expressed in changes of typical seasonal and multiyear conditions; 5) selection of adequate parameters to characterize the specifics of mountain areas in the «mountain – plain» dichotomy.

Therefore, GIS-modeling based on “big data” and allowing, on the one hand, to update our understanding of the landscapes of the North Caucasus, their state and modern dynamics, on the other hand, to describe a reliable picture of economic management, and first of all – the true mosaic of land use and resource distribution. The representation of trends in the average annual dynamics of landscapes will allow to correctly assess the potential and resistance of natural landscapes, as well as the state and availability of rehabilitation for abandoned cultural landscapes in the high belt of mountains. The integration of such parameters can be carried out within the framework of various matrices of operational-territorial units, the most important of which is the matrix of river watersheds, which allows to directly record changes in the material-energy flows that control the functioning of mountain landscapes.

The example of the Chechen Republic illustrates the possibilities of GIS-modelling and mapping in solving problems of sustainable development.

**KEYWORDS:** Mountain areas, sustainable development, Chechen Republic, landscape mapping, GIS-modeling and mapping

---

[1] Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Staromonetny per. 29, 119017, Moscow, *e-mail*: **gunyaa@yahoo.com**

[2] Lomonosov Moscow State University, GSP-1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, *e-mail:* **kolbowsky@mail.ru**

[3] Chechen State University, Grozny, 364093, ul. Sheripova 32, *e-mail*: **gairabekov_u@mail.ru**

## ВВЕДЕНИЕ

Горные территории представляют собой особый тип географической среды, в которой структура и динамика природных ландшафтов отличаются повышенной сложностью и динамичностью; развитие систем расселения крайне ограничено, а освоенность территории крайне неравномерна в пространстве [Ives, 2004]. Горы обладают большими запасами природных ресурсов, прежде всего воды, столь важной для равнин и предгорий. Горы – центры происхождения многих важнейших для современной цивилизации видов флоры (и в этом смысле представляют собой гигантские хранилища генетического фонда). На протяжении всей человеческой истории в горах формировались «ядра этничности» многочисленных народов, и эти ареалы остаются источниками культурного разнообразия и местами «проецирования» национальной идентичности [Mountain Geography, 2013]. С другой стороны, горные ландшафты являются наиболее уязвимыми к воздействиям, «откликаясь» на любые нарушения, вызванные хозяйственной деятельностью человека (например, выпас скота, горнодобывающее производство и др.), причем время «отклика» ощутимо сокращается на фоне глобальных изменений, а запускаемые при этом природные процессы (например, процессы неблагоприятной экзогенной геодинамики) могут принимать лавинообразный характер, вызывать ухудшение социальных условий и просто угрожать жизни населения как в высокогорных районах, так и в предгорьях. В этой связи горные ландшафты требуют особого внимания, что проявляется в необходимости налаживания и поддержания специальных систем мониторинга, а также реализации особых технологий восстановления, реконструкции и экореабилитации.

Согласно расчётам организации по сельскому хозяйству и продовольствию ООН [FAO, 2015], площадь горных территорий составляет 22 % суши земли. По этим же расчётам горное население Земли достигает 13 %. В России горы занимают около 53 % территории [Самойлова, 1999]. Беккер и Бугманн [Becker, Bugmann, 2001] подчёркивали, что горы предоставляют широкий ассортимент ресурсов и услуг, и горным ландшафтам свойственен широкий спектр экосервисных функций. Примерно половина жителей земного шара в той или иной мере зависят от этих услуг. В то же время, как показали исследования, горным территориям присущи маргинальность социально-экономического развития, а также выраженный эффект запаздывания относительного глобального тренда модернизации [Fox, 2013; Cosgrove, Dora, 2009]. Горы большинства регионов мира характеризуются слабостью развития, повышенным риском проявления стихийно-разрушительных процессов, бедностью и как следствие – миграцией населения на равнину. Поэтому «горность» региона стала важной причиной для выделения особой «горной» политики, выключающей выработку «горных» законов, создание организаций, занимающихся проблемами горных регионов. В принятой на конференции в Рио-де-Жанейро (1992) «Повестке дня на XXI век» горам посвящена одна из глав: «Рациональное использование уязвимых экосистем: устойчивое развитие горных районов». Высказывались инициативы о целесообразности оформления особой науки – «монтологии» (например, [Селиверстов, 2002]).

Специфика исследования горных территорий − как физико-географических (геоморфологии, ландшафтов), так и социально-экономических (процессов расселения, освоения, землепользования) − охарактеризована в ряде работ, которые посвящены в основном методам анализа отдельных компонентов и процессов. В настоящий момент особый интерес вызывает специфика картографо-геоинформационного обеспечения, как универсальной и необходимой базы решения комплексных проблем устойчивого развития горных регионов. В предлагаемом исследовании обоснованы некоторые теоретические аспекты и проиллюстрированы возможности геоинформационного моделирования на регионально-локальном уровне (на примере Чеченской Республики).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данном исследовании обобщены как полученные ранее различными специалистами материалы (например, [Горы мира, 1999]), так и результаты серии Северокавказских комплексных экспедиций, осуществленных авторами в 2014–2019 годах и посвящённых изучению факторов устойчивого развития горных регионов Северного Кавказа, в частности Чеченской Республики[1]. В ходе данных исследований проведено картографирование природных ландшафтов и характера использования земель на различных пространственных уровнях (региональном и локальном в пределах специально выделенных ключевых участков). С помощью методов ландшафтного профилирования получены данные о границах природных комплексов различного типа и ранга. Основными методами картографирования и верификации и анализа маршрутных данных стало дешифрирование космических снимков, а также геоинформационное моделирование − в первую очередь, построение моделей элементарных водосборов и ландшафтных местоположений на основе цифровой модели рельефа.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности применения картографо-геоинформационного обеспечения устойчивого развития горных территорий связаны со спецификой горных территорий и проблем развития. Выделяются следующие основные свойства горных территорий, учёт которых важен при решении проблем устойчивого развития на основе картографо-геоинформационных методов:

1) параметризация с помощью ГИС-моделирования «горности» региона и специфики горных ландшафтов;

2) отражение географической дифференциации горных территорий (ландшафтной структуры, системы расселения и др.);

3) оценка ёмкости и потенциала горных ландшафтов и природопользования для выявления возможностей развития, рисков и пределов роста;

4) анализ динамики горных ландшафтов;

5) отражение специфики горных территорий в дихотомии «горы − равнины» (табл. 1).

Каждое из пяти универсальных свойств горной среды выражено в конкретных проблемах устойчивого развития, которые способствуют развитию горных территорий или, напротив, выступают в роли ограничивающих факторов. Разумеется, решение обозначенных проблем требует привлечения комплексных подходов, связанных с различными научными направлениями; в данной работе рассмотрены лишь некоторые аспекты разработки геоинформационных моделей, аккумулирующих данные, необходимые для корректного анализа и последующего моделирования взаимосвязей и взаимозависимостей в важнейших причинно-следственных «цепочках» геоэкологического характера.

### 1. Дефиниция горных ландшафтов и горной территории

До сих пор нет единого мнения о *нижней границе гор.* Строгого определения того, чем отличается горный ландшафт от негорного, не существует, хотя в эпоху расцвета «классического» ландшафтоведения и физико-географического районирования (1970− 1980-е годы), горные и равнинные ландшафты было принято дифференцировать уже на этапе разделения самых верхних таксонов физико-географического районирования. Общепринятыми физико-географическими свойствами горных территорий являются: абсолютная высота над уровнем моря, относительная высота (превышение над окружающими территориями), высотная зональность, представленная как минимум двумя высотными зонами (поясами растительности), расчленённость рельефа, крутизна склонов [Гуня, Рихтер, 2018]. Как показывают примеры горных регионов, ни одно из этих свойств отдельно не может

[1] Электронный ресурс: https://ncscnew.jimdo.com (дата обращения 12.12.2018)

считаться абсолютным и бесспорным, для того чтобы чётко обозначить границу горного ареала.

Табл. 1. Основные свойства горных территорий, учёт которых важен при решении проблем устойчивого развития на основе ГИС-моделирования и картографирования
Table 1. The main features of mountainous areas, consideration of which is important when solving problems of sustainable development based on GIS-modeling and mapping

| **Свойство горных регионов** | **Проблемы устойчивого развития** | **Возможности картографо-геоинформационных методов** |
|---|---|---|
| *Дефиниция горных ландшафтов и горной территории*, в частности разграничение гор и равнин | Неясность специфики структуры и динамики горных геосистем, ведущая к ошибкам в управлении горным природопользованием | Обоснование границ горных регионов, проведение нижней границы, выделение переходных к равнинам зон (экотонов) и определение их специфики |
| *Географическая дифференциация горных территорий*, выраженная в фрактальности и полиструктурности горных геосистем, мозаичности и мелкоконтурности границ и ареалов, тесной связи природных и социально-культурных границ | Трудности при выборе операционно-территориальных единиц для сбора, обобщения и обработки информации, и, следовательно, разработки различных аспектов региональной политики и управления | Полимасштабное картографирование, наложение в среде ГИС слоев морфодинамической основы и биоты ландшафтов, а также «нечётких» этно-социальных ареалов для последующего исследования плановых (иерархических) и вертикальных (межкомпонентных) связей |
| *Ограниченность и пространственная неоднородность ёмкости горных ландшафтов* | Ограниченность пространственной экспансии фрагментированных ареалов жизнедеятельности во «вмещающем ландшафте», высокие риски развития неблагоприятных процессов экзогенной геодинамики | Моделирование ландшафтов и актуального землепользования территории, оценка ёмкости ландшафтов, прогноз рисков при реализации различных сценариев природопользования, картографирование ареалов оптимумов жизнедеятельности |
| *Динамика горных ландшафтов*, выраженная в крайней неоднородности хроноструктуры, в первую очередь − сезонных и многолетних состояний | Неравномерность «вклада» состояний различного ранга и типа в обобщенный потенциал природопользования, сложность учёта набора состояний в процедурах мониторинга и управления | Полевое картографирование и ГИС-моделирование стексов и ландшафтно-экологических ситуаций, расчёт интенсивности горизонтальных потоков вещества и энергии, оценка рисков, обоснование сети и программы мониторинга ключевых природных комплексов |
| Специфика функции горных территорий в *дихотомии «горы−равнины»* | Маргинальность (часто − пограничность и трансграничность) социально-экономического положения горных регионов, «недоразвитие» элементов инфраструктуры (транспортных, энергетических). Недооценка взаимозависимости горных и равнинных территорий в экологическом, социально-экономическом и политическом отношениях. Неиспользование широкого (глобального и межрегионального) контекста для оценки потенциала горных регионов | Картографирование на транссектах и профилях, захватывающих как горные, так и предгорно-равнинные территории; картографирование политических и экономических рисков, ГИС-моделирование альтернативных сценариев развития с включением как традиционных трендов (реконструкция высокогорных культурных ландшафтов и возрождение отгонно-пастбищного животноводства), так инновационных (реализация «флагманских» туристско-рекреационных проектов) |

Низкие горы Шпицбергена сравнимы по абсолютной высоте с Воробьёвыми горами в Москве. Обширные пространства Альтиплано в Андах, расположенные на высотах более 4 000 метров, похожи на равнинные степи. Сочетания нескольких свойств дают более

надёжную основу к дефиниции гор. Однако чётких и единообразных критериев для каждого из свойств нет. В отдельных случаях горы могут иметь лишь один высотный пояс, быть пологими, слабо расчленёнными и т.д.

Наиболее «радикальным» можно считать давно утвердившееся (и попавшее в учебники) мнение о том, что горы начинаются с высоты 500 метров над уровнем моря. Всё, что ниже – предгорья, которые, впрочем, с геолого-геоморфологических позиций также являются частью горной системы. Подобный подход может быть использован лишь для обобщённой и весьма приблизительной оценки горного рельефа обширных территорий. Однако до сих пор никто не анализировал, насколько «перегиб» высот 500 м является «естественной границей» (т.е. ступенью классифицирования «natural breaks» реальных горных систем). Например, многие крымские куэсты по абсолютной высоте ниже этой границы, но при этом имеют все морфологические признаки «настоящих гор». Кроме того, известно, что горы различного генезиса и возраста имеют отчётливо различающуюся геоморфологическую специфику и по этой причине «видоспецифичны» по целому набору параметров – геоморфометрических характеристик (высота над уровнем рек, уклон, топографический индекс и др.).

Другой подход к определению основывается на понимании гор как особой среды жизнедеятельности людей. Свойствами горной территории под этим углом зрения являются труднодоступность, высокий риск проявления стихийно-разрушительных процессов, удалённость от рынков, зональное размещение населения и хозяйства, высокие затраты на инфраструктуру и т.д.

С позиций геоэкологии, горная территория может быть вычленена из других территорий по критерию уязвимости (vulnerability index) к различному типу воздействий.

Международное сообщество горных географов давно пришло к выводу, что поиски универсального определения (дефиниций) гор и горных регионов − погоня за химерой [Горы мира, 1999]. Тем не менее, в сугубо практическом контексте, когда необходимо определить конкретную реализацию стратегий и программ развития горных территорий, такие дефиниции абсолютно необходимы. Поэтому в национальных законах о горных территориях, которые имеются во многих странах и имеют разные названия, первая же статья «Горного закона» определяет географические и административные границы субъекта, на который распространяются законодательные положения (правовые, экономические, социальные, экологические и т.д.) [Mountains…, 2006].

С развитием геоинформационных методов, позволяющих по строго отобранным критериям выделить те или иные ареалы, дискуссии о том, что считать горами, активировались. Автоматически заданные высотные пределы позволяют в рамках ГИС вычленить нужные ареалы. Примером может служить карта горных регионов мира, составленная в 2000 году Всемирным центром мониторинга сохранения окружающей среды WCMC [Blyth et al., 2002]. Однако такой, в определенной степени формализованный, подход пока ещё не даёт возможности разделить горные и негорные территории. К тому же созданная карта не может считаться корректной в части, относящейся к территории России [Баденков и др., 2014].

Авторы предприняли попытку более обоснованно подойти к дефиниции горного региона на примере Чеченской республики, используя геоинформационные методы в сочетании с полевым ландшафтным картографированием и анализом других факторов физико-географической дифференциации. Чеченская равнина вместе со столицей г. Грозным однозначно была определена как межгорная впадина, являющаяся частью горной страны. Несмотря на относительно низкие высоты (в среднем около 250 метров), ландшафты, расположенные между Передовыми хребтами (Терским и Сунженским) и горными отрогами Большого Кавказа (Чёрными горами, Пастбищным, Скалистым и Боковым хребтами), относятся к классу горных (рис. 1). Здесь наблюдаются характерные для межгорных впадин факторы климатообразования, процессы экзогенной геодинамики, выноса и аккумуляции веществ, формирования речного стока и другие... К тому же сформированная на Чеченской

равнине сеть расселения имеет высокую степень зависимости от горных расселенческих ареалов.

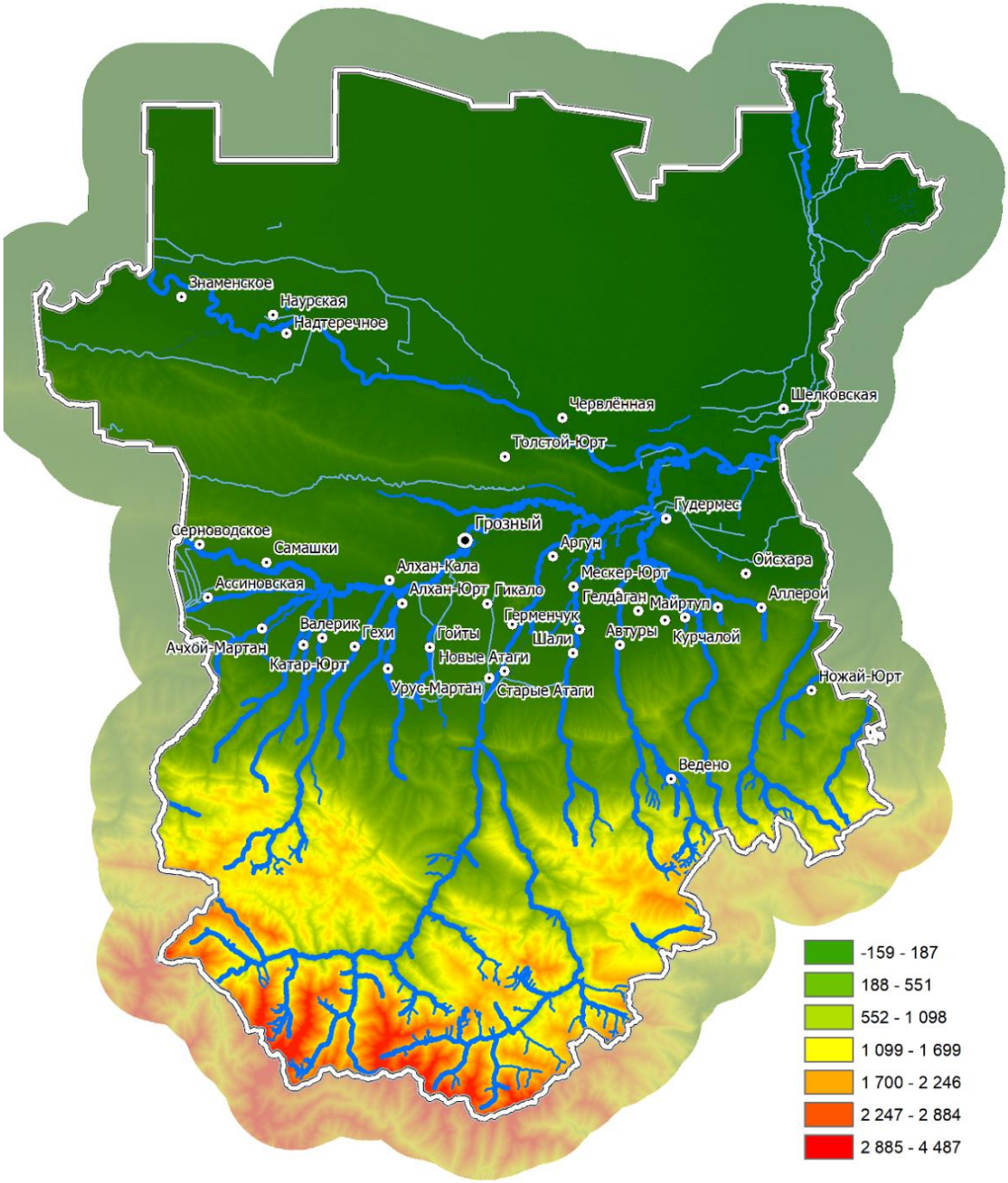


Рис. 1. Цифровая модель на территорию Чечни, созданная по данным ASTERGDEM. Интервалы высот классифицированы способом «natural break»: очевидно, что переходная зона от «возвышенной равнины» к «горам» занимает целый пояс от 552 до 1098 м

Fig. 1. A digital model for the territory of Chechnya, created according to ASTERGDEM. Interval heights classified by the method of “natural break”: it is obvious that the transition zone from the “elevated plain” to the “mountains” occupies a whole belt from 552 to 1098 m

**2. Географическая дифференциация**

Горам свойственна исключительно *высокая фрагментация и вертикальная дифференциация, наличие резких естественных рубежей, труднодоступность и изоляция отдельных участков*, что приводит к значительным различиям и исключительному разнообразию типов природопользования, хозяйственной специализации, этнической структуры, культуры идентичности и др. Такое разнообразие препятствует применению унифицированных методов, обычно тесно сопряженных с интенсификацией сельского хозяйства, а также приводит к удорожанию любых работ по гражданскому строительству и устройству коммуникаций и инженерных сетей. На горных территориях «пробуксовывает» современная централизованная система контроля оборота земель так же, как и внедрение автоматизированного земельного кадастра, поскольку само землепользование здесь существенно сложнее, чем на равнине, и испытывает воздействие со стороны многих стейкхолдеров и заинтересованных групп. Природные, культурные и хозяйственные ареалы имеют сложную конфигурацию, что неизбежно усложняет любые процедуры планирования (стратегического, градостроительного, отраслевого), а также реализацию любых (даже надёжно обеспеченных федеральным бюджетированием) государственных программ развития. Это обстоятельство делает актуальным внедрение геоинформационного моделирования, предлагающего широкий набор инструментов, которые позволяют оперировать с пространственными ареалами и структурами различного генезиса, масштаба и типа, осуществлять сбор, наложение, визуализацию и причинно-следственный анализ различных слоёв данных.

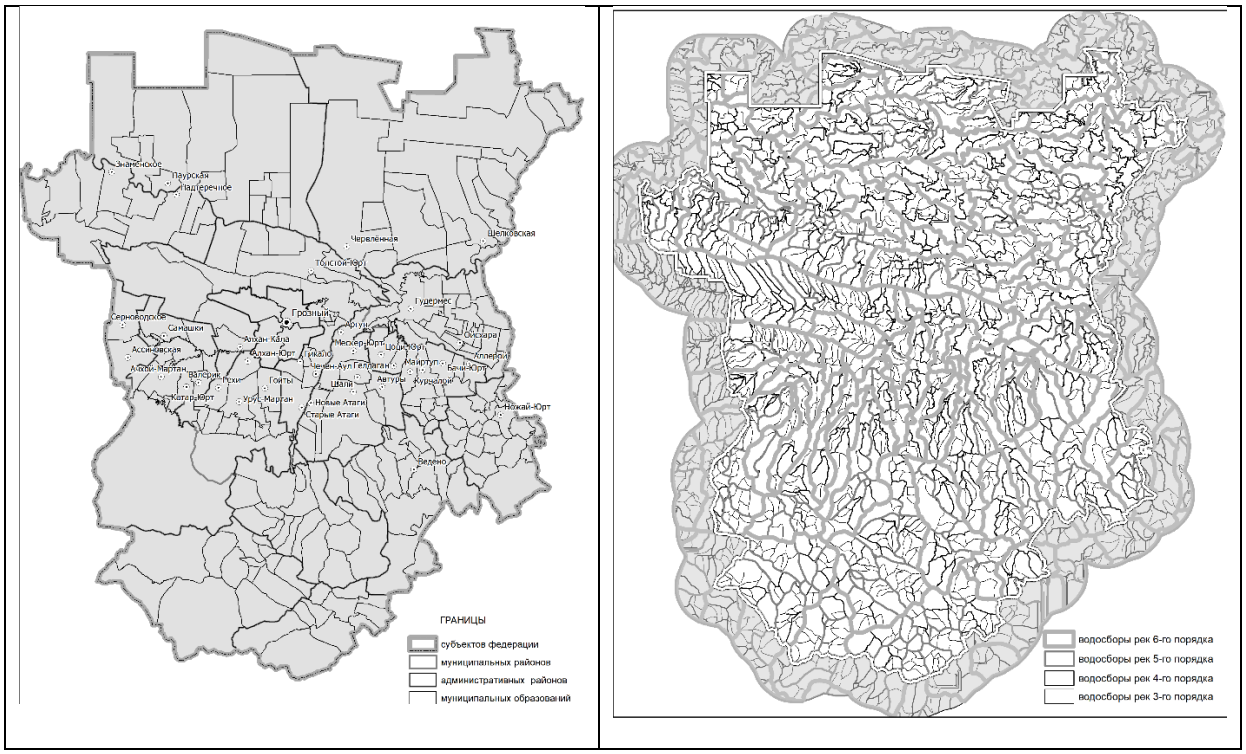


Рис. 2. Социальные (административно-территориальное деление − слева) и природные (четыре фрактально различающихся иерархических уровня водосборов − справа) границы Чеченской Республики

Fig. 2. Social (administrative-territorial division − on the left side) and natural (four fractally differing hierarchical levels of watersheds − on the right side) borders of the Chechen Republic

Важнейшая проблема геоинформационного моделирования горных территорий – выбор операционно-территориальных единиц (ОТЕ), совокупность которых формирует «сетку» или «матрицу» анализа. Административные ОТЕ «заданы» геополитической историей региона, природные определяются совокупностью взаимодействующих процессов дифференциации земной поверхности. Как видно на рис. 2, природные и административные границы Чеченской Республики определяют разные матрицы, при этом, однако, обе они (и мозаика районов, и мозаика водосборов) обладают выраженным свойством фрактальности, что указывает на существование глубоких зависимостей между набором природных условий и историческим процессом формирования ареалов жизнеобитания этноса.

«Фрактальность» природных границ и создаваемых ими матриц хорошо известна: на горных территориях она обусловлена фрактальностью гребне-килевых элементов рельефа (хребтов, контрфорсов, распадков, ущелий) и выражена чрезвычайно чётко. Встречно направленные боковые склоны вместе с верхним («тыловым») склоном и распадком (в высокогорье – просто жёлобом или лавиностоком) создают элементарную геофизическую ячейку. Последняя, являясь начальным низшим элементом структуры иерархии водосборной системы гор, одновременно выступает и как младшее подразделение ландшафтной структуры, элементарная единица уровня урочища (фации). Таким образом, в горах геостационарная (так называемая пластика местоположений) и геодинамическая («геоциркуляционная», по выражению В.Н. Солнцева [Солнцев, 1981]), матрицы – свидетельства «двойственной природы» ландшафта – практически сливаются в единую сущность, и это слияние выражено тем сильнее, чем выше в горы мы поднимаемся, и чем с более «свежим» (альпийским) рельефом имеем дело. Это обстоятельство пока ещё очень слабо учтено и отражено в методологии ландшафтного картографирования, поскольку такой учёт требует совершенного иного подхода к моделированию ландшафтов и отказа от привычной экспертной техники мануального рисования (state of art mapping в понимании европейских и северо-американских географов).

Ландшафтные местоположения («пластика рельефа») верхнего пояса гор в типичном альпийском рельефе воспроизводятся через комбинирование параметров крутизны и длины склонов с экспозицией [Колбовский, Есипова, 2016]. Для моделирования элементарных водосборов («watersheds»), независимо от алгоритма, предлагаемого тем или иным программным обеспечением ГИС (ArcGIS, Saga, WhiteBox, Global Mapper), применяются параметры «направления» стока и накопленного («аккумулированного») стока. Первый из этих параметров очень близок к экспозиции, второй тесно связан с характеристиками склонов, от длины и крутизны которых зависит критический порог площади ячейки, способной генерировать сток.

Табл. 2. Параметры водосборов фрактальной модели водосборов территории Чечни
Table 2. Parameters of watersheds of the fractal watershed model of the territory of Chechnya

| **Условный порядок водосборов по Стралеру (Strahler)** | **Общее число** | **Минимальная площадь, км$^2$** | **Максимальная площадь, км$^2$** | **Средняя площадь, км$^2$** | **Стандартное отклонение** |
|---|---|---|---|---|---|
| 2–3 | 1542 | 0,5 | 60,1 | 9,2 | 7,3 |
| 4 | 479 | 2,1 | 128,9 | 26,5 | 19,8 |
| 5 | 189 | 3,16 | 351,4 | 85,4 | 63,1 |
| 6–7 | 67 | 10,9 | 1067,5 | 255,6 | 215,3 |

Водосборы представляют собой уникальный тип ОТЕ для горных территорий, поскольку, во-первых, они, в отличие от ландшафтов, могут быть воспроизведены

посредством модели (с помощью прозрачных и воспроизводимых алгоритмов), во-вторых, выступают функциональными «звеньями» в цепи переноса вещества, энергии и информации, и, в-третьих, являются значимой «матрицей» для извлечения критических геоэкологических характеристик; при этом второе и третье свойство тесно связаны между собой (табл. 2).

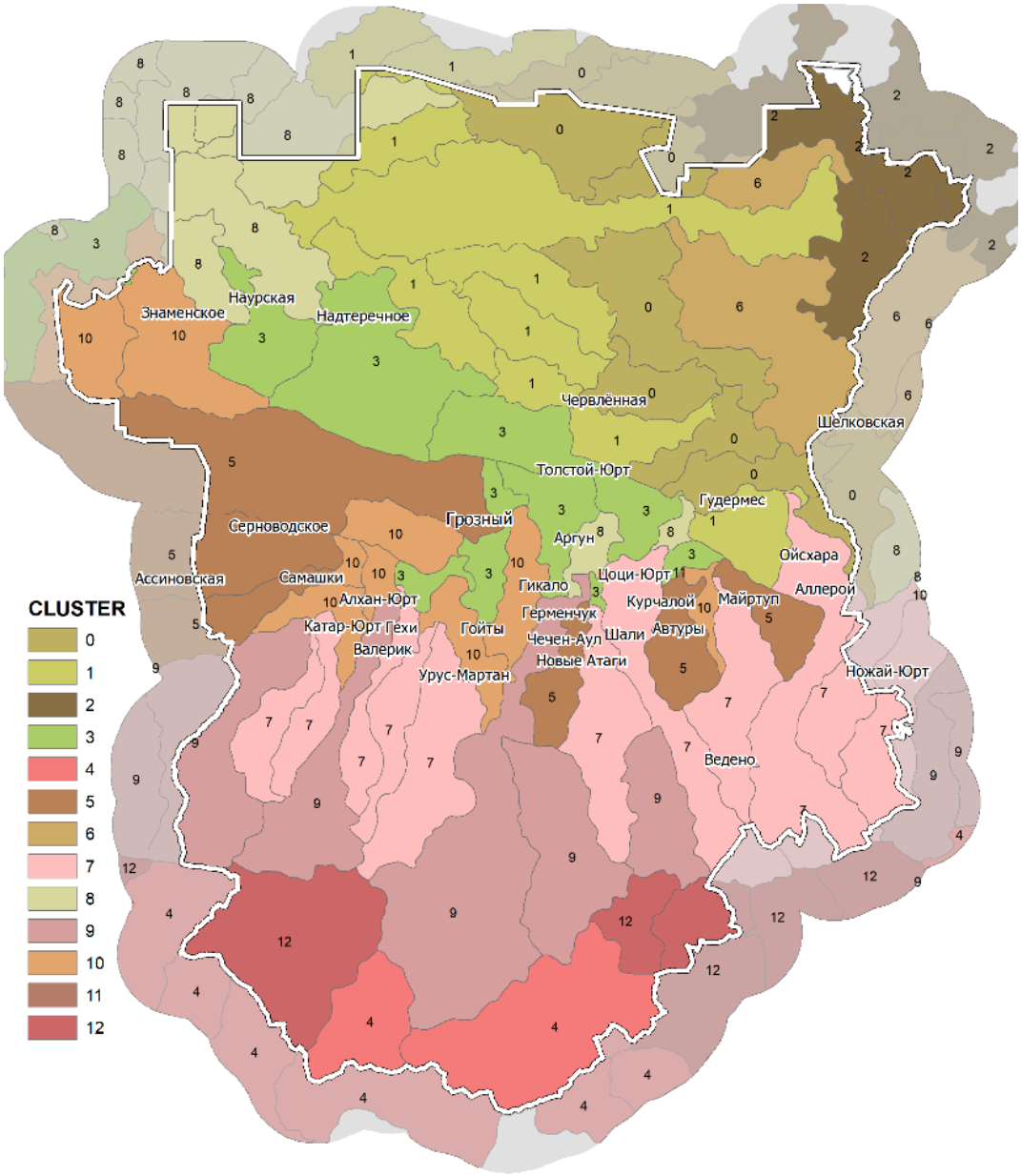


Рис. 3. Функциональные типы водосборов территории Чечни, выявленные кластерным анализом по совокупности признаков: высокогорные запасающие (4,12), горные аккумулирующие (9), среднегорные транзитные (7), низкогорные транзитно-разгружающие (5,10), возвышенно-равнинные транзитные (3), низинно-равнинные транзитно-разгружающие (2), низинно-равнинные транзитные (0,1)

Fig. 3. Functional types of watersheds of the territory of Chechnya, identified by cluster analysis on the basis of a combination of attributes: high mountain storage (4.12), mountain storage (9), medium mountain transit (7), low mountain transit-unloading (5.10), elevated-flat transit (3), low-level transit-unloading (2), low-level transit (0.1)

Согласно теории Ю.Г. Симонова [Симонов, Симонова, 2004], водосборы определённого порядка могут быть типизированы по функциям формирования, транзита и аккумуляции речного стока, и это обстоятельство может оказаться важным для лучшего понимания (и моделирования) процессов функционирования горных экосистем. Для определения функциональных типов водосборов территории Чечни на базе цифровой модели рельефа были построены геоморфометрические производные уклона (Slope), мультимасштабного топографического индекса (multiscale Topographic Position Index), высоты склона (Slope Height), глубины долин (Valley Depth), градиента нормализованной высоты (Normalized Height) [Olaya, 2009]. Затем значения статистик геоморфометрических растров (min, max, mean, deviance) были извлечены в полигоны водосборов; далее в ГИС SAGA проводилась кластеризация по совокупности признаков методом Combined Mininmum Distance\Hill Climbing (рис. 3).

Выявленные типы крупных водосборов различаются набором геоморфометрических признаков и формой, а также функцией в первичном формировании и транзите стока, образовании, транзите и аккумуляции твёрдых наносов, русловыми процессами «вложенных» водотоков и структурой пойм. Как следствие, водосборы различаются и ландшафтной структурой. Так, обследованные нами удлинённые водосборы притоков Аргуна характеризуются ярко выраженной асимметрией встречно направленных основных круто-вогнутых склонов и набором растительных сообществ высотных поясов. Водосбор-котловина Итум-Кале (расположенная в «узле» слияния сразу нескольких боковых узких водосборов), напротив, представляет собой обширную чашу с чередованием полого-выпуклых (и подвергшихся поэтому террасированию в доиндустриальную эпоху) и концентрирующих вогнутых склонов с сохраняющимися вторичными зарослями типа фриганы на месте бывших пастбищ. Таким образом, водосборная матрица определила не только морфологическую и геофизическую структуру горного ландшафта, но и исторические закономерности его освоения.

**3. Ёмкость горных ландшафтов**

Горные территории, вследствие сложного рельефа и барьерных функций хребтов, имеют ограниченные возможности роста. Факторами ограничения могут быть как наличие удобных для проживания и хозяйствования площадей, так и транспортная доступность. Замкнутость горных сообществ определяет консервативность правил (хранимых и выражаемых различными социальными институтами), которые также могут препятствовать развитию. Картографирование биоклиматических, геоморфологических, почвенно-ботанических условий, а также оценка рисков проявления стихийно-разрушительных процессов позволяют выделить ареалы и ландшафты, благоприятные для проживания. Первым шагом, предваряющим полевое ландшафтное картографирование, может быть составление карт землепользования и современных ландшафтов на основе использования свободно распространяемых растровых данных так называемого «land cover». На составленной карте (рис. 4) отчётливо видна обособленность высокогорной зоны, отделённой от основной части территорией полосой горных лесов. Именно эта часть Чечни была историческим ареалом расселения чеченцев. Подробное картографирование этого ареала представлено на рис. 5.

До 1944 года (до трагического выселения чеченцев) в горных районах Чечено-Ингушетии находилось несколько сот населённых пунктов. Ныне официально в двух административных районах Итум-Калинском и Шароевском находятся 23 населённых пункта с общим количеством населения около 8200 человек. В настоящее время руководство республики ставит задачу реосвоения горной Чечни: обживания покинутых три четверти века тому назад населённых пунктов и создания приемлемых стандартов жизнеобеспечения. Однако изменившиеся климатические, экономические, социальные и другие условия требуют многосторонней оценки и обоснования форм расселения и хозяйствования: оценки пригодности «старых мест» (аулов), возможности прокладки дорог и других жизнеобеспечивающих коммуникаций, выбора архитектурно-планировочных решений на ландшафтно-

геоэкологической основе. Это обстоятельство, в свою очередь, нуждается в глубокой картографо-геоинформационной проработке возможных сценариев реосвоения с учётом ценностей и параметров устойчивого развития горных территорий.

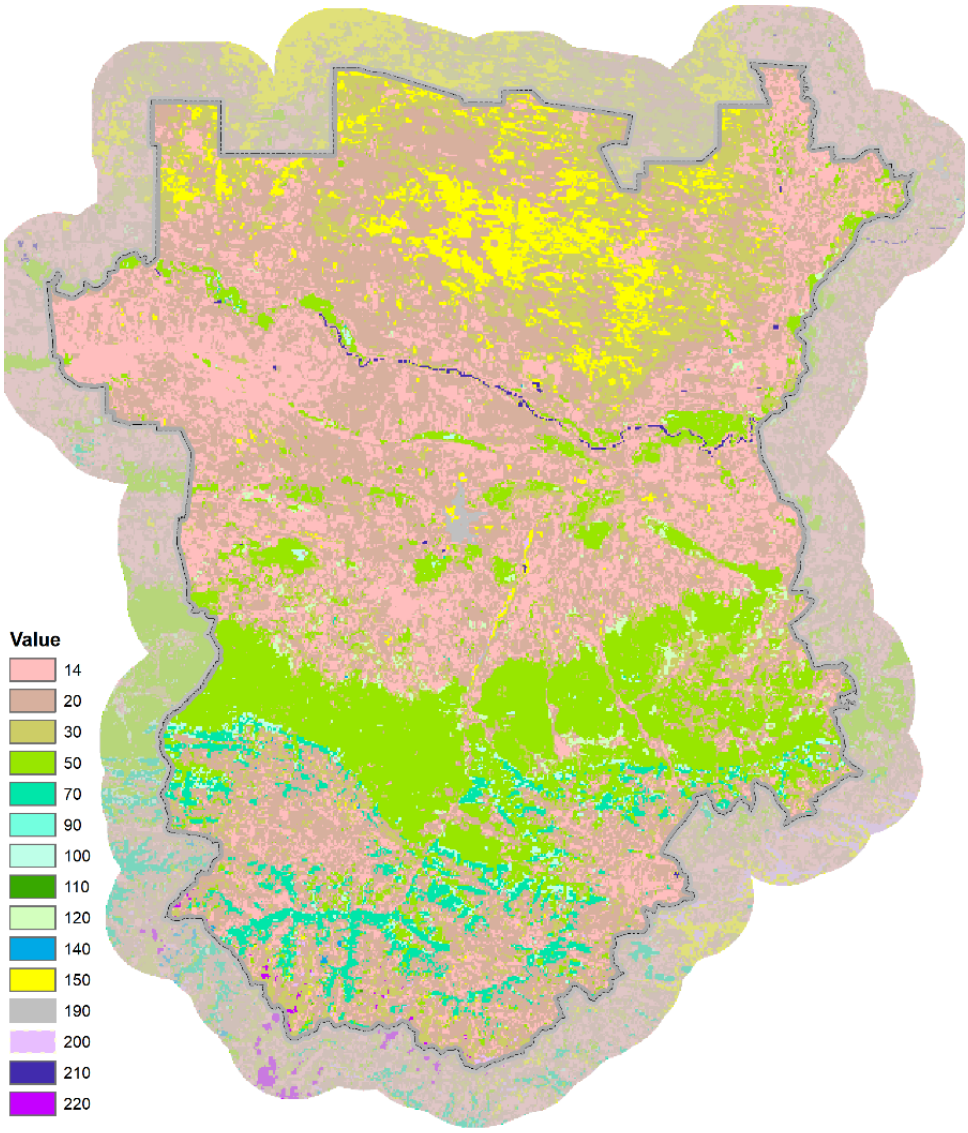


Рис. 4. Землепользование и ландшафтный покров на территорию Чечни по данным Global Land cover:

14 – сельхозугодья; 20 – мозаика сельхозугодий и естественной растительности; 30 – мозаика естественной растительности и сельхозугодий; 50 – широколиственные листопадные леса; 70 – закрытые хвойные леса; 90 – полуоткрытые лиственничные или вечнозелёные леса; 100 – закрытые и полуоткрытые смешанные лиственные и хвойные леса; 110 – мозаика лесов, кустарников и лугов; 120 – мозаика лугов, лесов и кустарников; 140 – закрытая и полуоткрытая травянистая растительность; 150 – редкая растительность; 190 – искусственные, в том числе урбанизированные, поверхности; 200 – не покрытые растительностью поверхности; 210 – акватории; 220 – вечные снега и льды

Fig. 4. Land use and landscape cover on the territory of Chechnya according to the Global Land cover:

14 – farmland; 20 – mosaic of farmland and natural vegetation; 30 – mosaic of natural vegetation and farmland; 50 – deciduous deciduous forests; 70 – closed coniferous forests; 90 – semi-open larch or evergreen forests; 100 – closed and half-open mixed deciduous and coniferous forests; 110 – mosaic of forests, shrubs and meadows; 120 – mosaic of meadows, forests and bushes; 140 – closed and semi-open grassy vegetation; 150 – rare vegetation; 190 – artificial including urbanized surfaces; 200 – uncovered with vegetation surface; 210 – water; 220 – snow and ice

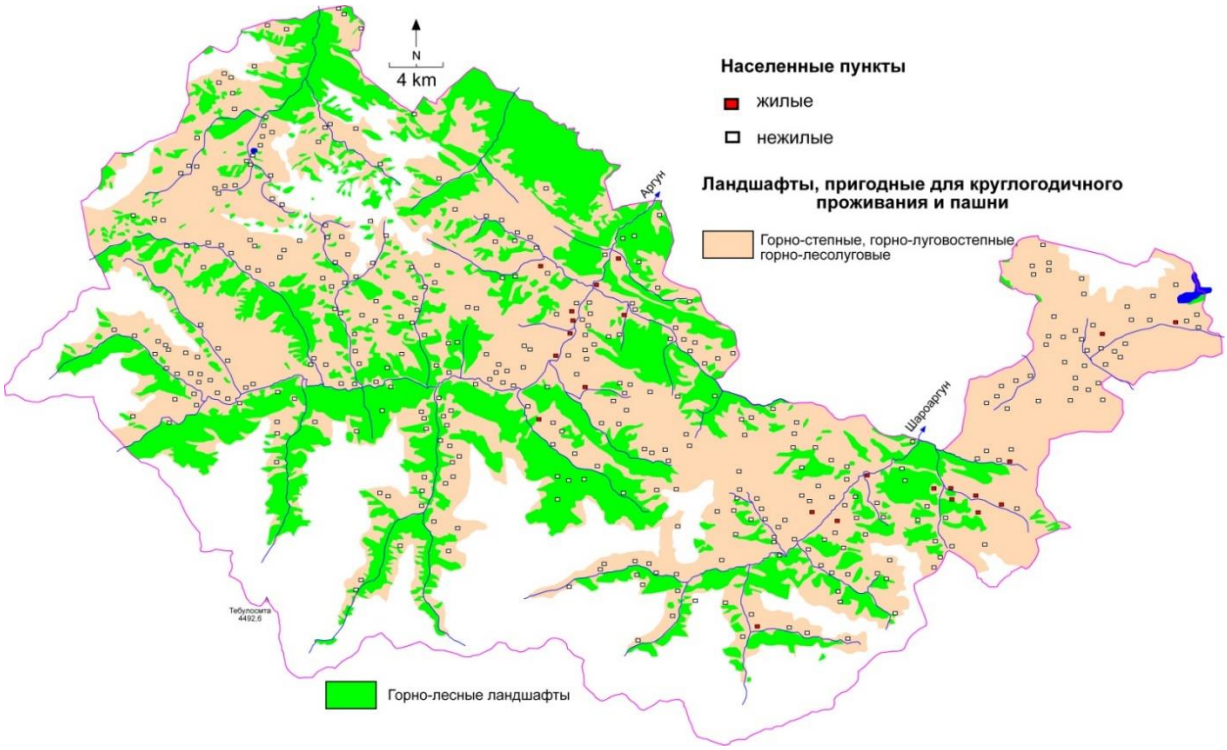


Рис. 5. Ландшафты и расселение в горной части Чеченской Республики
(в пределах Аргунского историко-архитектурного музея-заповедника)
Fig. 5. Landscapes and settlement in the mountainous part of the Chechen Republic
(within the Argun Historical and Architectural Museum-Reserve)

Особую ценность представляют уникальные (но покинутые ныне) культурные нагорно-террасовые ландшафты Чечни. Серийные напашные террасы в котловинах и вдоль хребтов, на склонах различной морфологии (концентрирующих и рассеивающих, выпуклых и вогнутых) должны стать предметом специального изучения, прежде всего моделирования для оценки сохранности и возможности реконструкции в новых условиях [Garbellini, Magni, 2008; World Terraced Landscapes, 2019 ].

**4. Динамика горных ландшафтов**

Как уже упоминалось, горные территории характеризуются высокой динамичностью природных процессов. Выделить среди множества циклических и ритмических процессов однонаправленные и необратимые можно лишь на основе постоянных (стационарных или полустационарных) исследований ключевых природных комплексов. Сегодня существуют весомые международные программы и инициативы, которые имеют своей целью исследование изменений в горах; регулярно проводят конференции и публикуют по этой теме журналы и книги – например, GLOCHAMORE – Global Change in Mountain Regions (глобальные исследования в горных регионах), MRI – Mountain Research Initiative (глобальная исследовательская инициатива) и другие.

Важным показателем динамики ландшафта служит изменение границ и площадей природных комплексов: верхней границы леса, снеговой линии, нижней границы нивально-гляциальных ландшафтов и др. Современная динамика горных ландшафтов проявляется не только в сдвигах границ, но и в изменении динамики и режима функционирования, вызванном различными факторами, в первую очередь, наложением природных и природно-антропогенных процессов разного типа динамики. Насколько глубоки и часты должны быть отклонения в сезонном ходе гидротермических параметров, чтобы изменить структуру ландшафтов? Наблюдения за снежниками показывают, что необратимые изменения наступают

после достаточно длительного периода их нестаивания (не менее 10–15 лет). Изучение состояний межгорных котловин [Чистяков, 1988] показало, например, что для существования котловинных степей достаточна повторяемость в 25 % лет семиаридных и аридных летних сезонов. Ландшафтные комплексы достаточно устойчивы к изменениям. Очевидно, что эта устойчивость связана с хроноструктурой ландшафта – повторяющимся набором сезонных состояний, который отражает некую «память» ландшафтов и формирует интегральную реакцию на межгодовые изменения.

Имеющийся набор картографо-геоинформационных инструментов выражен в картографировании стексов и ландшафтно-экологических ситуаций [Беручашвили, 1986], расчёте интенсивности горизонтальных потоков вещества и энергии, оценке рисков опасных для равнин природных явлений, связанных с гравитационной энергией гор, обосновании мест и программы мониторинга ключевых природных комплексов. В настоящее время сеть стационарных и полустационарных работ по наблюдению за динамикой ландшафтов в горах России практически отсутствует, что приводит к высоким издержкам реализации проектов (см. следующий раздел).

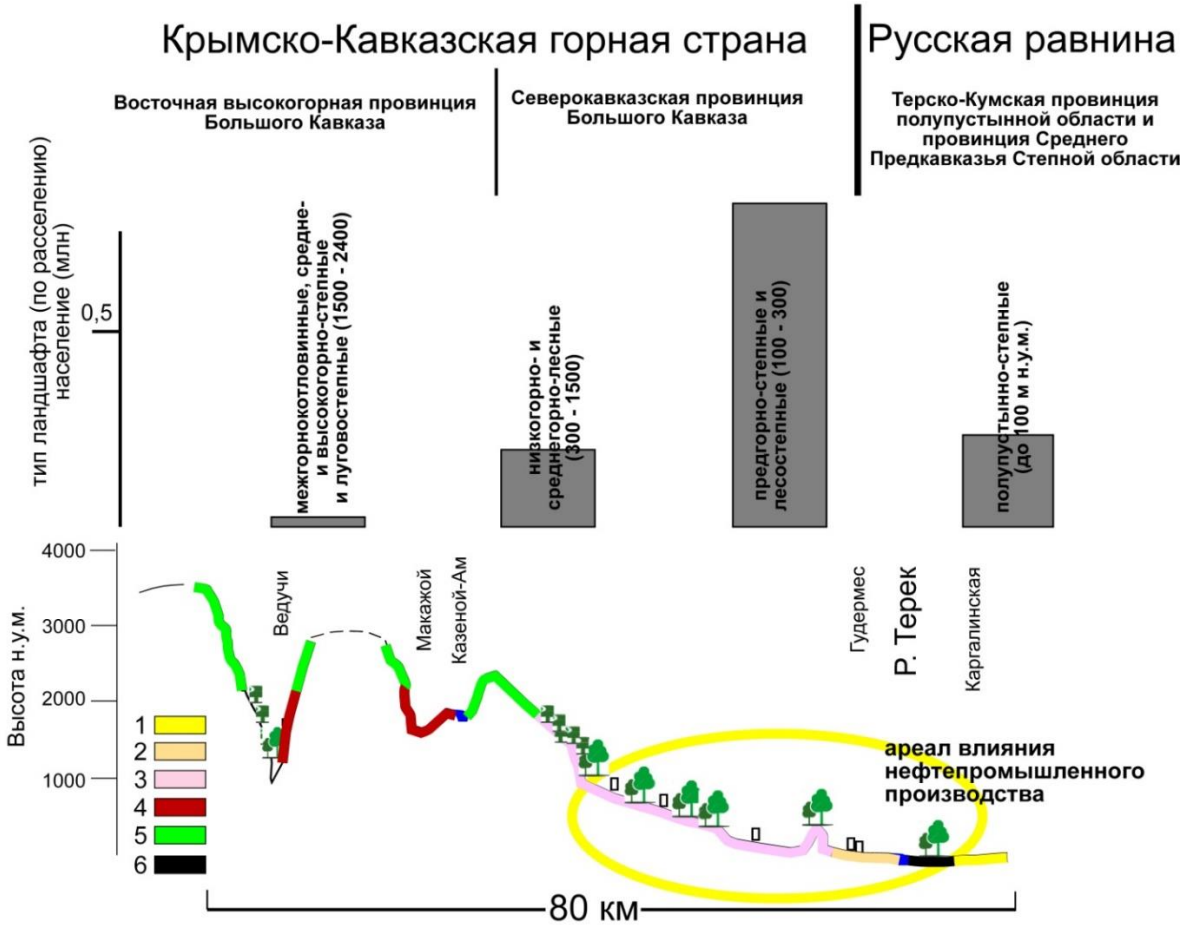


Рис. 6. Физико-географическая дифференциация территории Чеченской республики по профилю (с юга на север) и особенности освоенности

Ландшафты: 1 – предгорно-равнинные полупустынные; 2 – предгорно-степные; 3 – предгорно-низкогорные и среднегорные лесные; 4 – среднегорные и межгорно-котловинные лугостепные; 5 – высокогорные луговые; 6 – пойменные

Fig. 6. Physical and geographical differentiation of the territory of the Chechen Republic by profile (from south to north) and features of development

Landscapes: 1 – piedmont-flat semi-desert; 2 – piedmont-steppe; 3 – piedmont-lowland and middle-mountain forest; 4 – middle-mountain and intermountain-valley meadow steppe; 5 – highland meadow; 6 – flood plain

**5. Специфика гор в дихотомии «горы-равнины»**

Горные территории являются зависимыми от равнин в экономическом и политическом отношении. Как правило, решения для гор принимаются на равнинах, при этом зачастую используются подходы и методы, выработанные в равнинных условиях. Хотя на самом деле равнины сильно зависят от ресурсов гор (вода, лес, рекреационные ресурсы), их многолетней и сезонной динамики. Многие культурные и исторические памятники находятся в горах; ареалы и происхождение этнокультурных общностей, будь то род или этническая группа, часто приурочены к конкретным горным долинам. Поэтому решение проблем устойчивого развития горных территорий так или иначе связано с анализом прилегающих равнин. Для изучения тесноты и особенностей горно-равнинных связей наиболее всего подходит картографирование на трансектах и профилях, захватывающих как горные, так и предгорно-равнинные территории. Геоинформационные методы позволяют рассчитать интенсивность горизонтальных потоков вещества и энергии, оценить риски опасных для равнин природных явлений, связанных с гравитационной энергией гор (паводки, сели), проанализировать потенциал отгонно-пастбищного животноводства, миграции населения.

Так, всесторонний анализ и наложение слоёв вместе с полевыми исследованиями показали крайнюю неоднородность распределения населения в Чеченской Республике, обусловленную экономическими, экологическими, политическими и другими факторами (рис. 6).

Внешнеполитические и социально-экономические факторы по-разному определяют направления развития горных территорий: от их полного консервирования (как заповедники, музеи) до многостороннего «вписывания» (адаптации) в существующие политические структуры и рыночные сети (создание биосферных полигонов, туристско-рекреационных центров и др.).

Рис. 7. Горнолыжный курорт Ведучи (конец января 2019 года)
Fig. 7. Veduchi ski resort (end of January 2019)

Одним из важнейших факторов развития горных районов Чеченской Республики является поствоенный синдром, выраженный в повышенном внимании к безопасности. Вследствие этого все южные границы Чечни закрыты; здесь нет пограничных пропускных пунктов; пограничная зона протягивается на десятки километров, ограничивая все виды природопользования (прежде всего – лесопользование и животноводство), в том числе традиционное и даже природоохранное. С другой стороны, необходимость создания положительного имиджа республики заставляет власти «педалировать» разработку «флагманских» проектов. Поспешность их реализации приводит, однако, к недоучёту всего сложного набора влияющих факторов: как геоэкологических (микроклимат, геоморфология), так и социальных (традиции землепользования), что в итоге выражается в увеличении стоимости этих проектов и другим издержкам. Так, строительство в горах Чечни туристического курорта Ведучи (в рамках туркластера «Курорты Северного Кавказа») положительно сказалось на имидже территории, привлекая туристов. Однако слабый учёт ландшафтных условий строительства курорта, в первую очередь многолетней динамики ландшафтов и устойчивости снежного покрова в горнолыжный сезон, привёл к простаиванию дорогостоящего оборудования. Даже в конце января горы лишены здесь устойчивого снежного покрова (рис. 7), при этом, как показали полевые исследования и специальное ГИС-моделирование, в условиях интенсивной солнечной радиации при заданных параметрах склонов (уклоны, экспозиция, топографический индекс) искусственное оснежение склонов экономически не рентабельно.

## ВЫВОДЫ

Обоснование региональных концепций устойчивого развития горных территорий нуждается в особом внимании к специфике формирования и существования социума в ареалах вмещающего ландшафта. Тесная связь между природными условиями, унаследованными уникальными типами природопользования и укоренёнными формами самоуправления в горах, продолжает сохраняться даже под давлением неизбежных (казалось бы) и глобальных модернизационных процессов. В этом смысле любые усилия, предпринимаемые в направлении сквозных (районная планировка, градостроительство) и отраслевых (сельское хозяйство, лесопользование) видов планирования, должны опираться на понимание сущности связей между природой и социумом гор, понимание, необходимость которого только усиливается непростой историей администрирования, накопленной за «длинный» XX век на российском Северном Кавказе в целом и в Чеченской республике – в частности.

Поэтому одной из важнейших задач исследования горных территорий должно стать геоинформационное моделирование, основанное на «больших данных» и позволяющее, с одной стороны, актуализировать наше представление о ландшафтах Северного Кавказа, их состоянии и современной динамике, а с другой – выстроить достоверную картину хозяйствования, прежде всего земле- и ресурсопользования. Представление о трендах среднемноголетней динамики ландшафтов позволит корректно оценить потенциал и резистентность природных ландшафтов, а также состояние и возможности реабилитации заброшенных культурных ландшафтов в высоком поясе гор. Интеграция таких параметров может быть осуществлена в рамках различных сетей операционно-территориальных единиц в зависимости от поставленных задач. Если предметом анализа является ёмкость ландшафтов и реакция природной среды на антропогенное воздействие, то предпочтительны природные матрицы, прежде всего − матрица речных бассейнов. Для оценки связей природного потенциала с индикаторами системы расселения могут быть использованы матрицы административно-территориального деления (низового уровня).

ГИС-моделирование физико-географических и геоэкологических процессов в горах предполагает реализацию нескольких последовательных и связанных операций: выбор операционно-территориальных единиц, извлечение значимых параметров для элементов построенной оценочной матрицы и, наконец, различные виды географического

классифицирования (агрегирование, кластеризация, районирование). Полученные таким образом данные расширяют наши представления о сущности геоэкологических и социально-географических процессов горных территорий, позволяют определить причинно-следственные связи и выделить значимые факторы, учёт которых необходим при разработке управленческих решений, обосновании и экспертизах конкретных проектов и, в целом,– для обеспечении устойчивого развития горных регионов.

**БЛАГОДАРНОСТИ**

Часть работы выполнена в рамках темы госзадания № 0148-2019-0007 «Оценка физико-географических, гидрологических и биотических изменений окружающей среды и их последствий для создания основ устойчивого природопользования».

**ACKNOWLEDGEMENTS**

Part of the work was performed in the framework of the theme of state assignment No 0148-2019-0007 “Assessment of physical geographic, hydrological and biotic changes in the environment and their consequences for laying the foundations for sustainable environmental management”.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баденков Ю.П., Гуня А.Н., Медведев А.Н., Нарыков А.Н.* Карта горных регионов России. Вопросы географии. Вып. 137. РГО. Издательский дом «Кодекс», 2014. С. 574–577.
2. *Беручашвили Н.Л.* Четыре измерения ландшафта. М.: Мысль, 1986. 182 с.
3. Горы мира. Глобальный приоритет. Под ред. Ю.П. Баденкова и В.М. Котлякова. М.: Издательский дом «Ноосфера», 1999. 450 с.
4. *Гуня А.Н., Рихтер М.* Высотные градиенты горных ландшафтных поясов: генерализированная схема для горных регионов мира. Устойчивое развитие горных территорий, 2018. Том 10. № 3 (37). С. 44–50.
5. *Колбовский Е.Ю., Есипова Е.С.* Геоинформационное моделирование ландшафтных местоположений и элементарных водосборов для оценки биоразнообразия лесной зоны Дальнего Востока. Геодезия и картография, 2016. № 12. С. 16–24.
6. *Самойлова Г.С.* Морфометрический анализ горных территорий России. Известия РАН. Сер. геогр., 1999. № 2. С. 110–113.
7. *Селиверстов Ю.П.* Горные территории и их «устойчивое развитие» (к понятию термина монтология). Известия РГО, 2002. Т. 134. Вып. 1. С. 3–10.
8. *Симонов Ю.Г., Симонова Т.Ю.* Речной бассейн и бассейновая организация географической оболочки. Эрозия почв и русловые процессы. М.: МГУ, Географический факультет, 2004. Вып. 14. С. 7–34.
9. *Солнцев В.Н.* Системная организация ландшафтов (Проблемы методологии и теории). М.: Мысль, 1981. 239 с.
10. *Тикунов В.С., Цапук Д.А.* Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. Москва–Смоленск: Изд-во СГУ, 1999. 176 с.
11. *Чистяков К.В.* Анализ сезонной динамики для моделирования изменений ландшафтов во внутригорных впадинах Центрального Алтая. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. Л.: ЛГУ, 1988. 16 с.
12. *Becker A.H. Bugmann* (eds.). Global Change and Mountain Regions: The Mountain Research Initiative. IGBP Report Series 49. GTOS 28. IHDP Report Series 13. Stockholm, 2001.
13. *Blyth S., Groombridge B., Lysenko I., Miles, L., Newton, A.* Mountain Watch: environmental change and sustainable development in mountains. 2002. UNEP-WCMC Biodiversity Series 12. V. 2002.
14. *Cosgrove D., della Dora V.* High Places. High Places. Ed. by Denis Cosgrove and Veronica Della Dora. London: by I.B. Tauris & Co Ltd Salem Road, 2009. P.1–19.

15. FAO: Mapping the vulnerability of mountain peoples to food insecurity. Rome: FAO, 2015.
16. *Fox L.W.* Walking in Circles: Cognition and Science. High Places. Ed. by Denis Cosgrove and Veronica Della Dora. London: by I.B. Tauris & Co Ltd Salem Road, 2009. P. 19–33.
17. *Garbellini L., Magni D.* Interest in terraced landscapes. Terraced Landscapes of the Alps: projects in progress, 2008. P. 60–67.
18. *Ives J.D.* Himalayan Perceptions: Environmental change and the well-being of mountain peoples. Abingdon-on-Thames, United Kingdom: Routledge, 2004. 270 p.
19. Mountains and the Law. Emerging Trends. Rome, Italy: FAO Legislative Study, 2006.
20. *Olaya V.* Basic Land-Surface Parameters. GEOMORPHOMETRY Concepts, Software, Applications. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2009. P. 141–169.
21. *Price M.F., Byers A.C., Friend D.A., Kohler Th., Price L.W.* Mountain Geography: Physical and Human Dimensions. Oakland, California, USA: University of California Press, 2013. 396 p.
22. World Terraced Landscapes: History, Environment, Quality of Life. Basel, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2019. 435 p.

## REFERENCES

1. *Badenkov Yu.P., Gunya A.N., Medvedev A.N., Narykov A.N.* Map of the mountain regions of Russia. Problems of Geography. Vol. 137. Moscow: “Kodeks” Publishing House, 2014. P. 574–577 (in Russian).
2. *Becker A, Bugmann H.* (eds.). Global Change and Mountain Regions: The Mountain Research Initiative. IGBP Report Series 49. GTOS 28. IHDP Report Series 13. Stockholm, 2001.
3. *Beruchashvili N.L.* Four dimensions of the landscape. Moscow: Thought, 1986. 182 p. (in Russian).
4. *Blyth S., Groombridge B., Lysenko I., Miles L., Newton A.* Mountain Watch: environmental change and sustainable development in mountains. 2002. UNEP-WCMC Biodiversity Series 12. V. 2002.
5. *Chistyakov K.V.* Analysis of seasonal dynamics to simulate changes in landscapes in the inner mountain valleys of Central Altai. Abstract of PhD dissertation. LSU, 1988. 16 p. (in Russian).
6. *Cosgrove D., Della Dora V.* High Places. High Places. Ed. by Denis Cosgrove and Veronica Della Dora. London: by I.B. Tauris & Co Ltd Salem Road, 2009. P.1–19.
7. FAO: Mapping the vulnerability of mountain peoples to food insecurity. Rome: FAO, 2015.
8. *Fox L.W.* Walking in Circles: Cognition and Science. High Places. Ed. by Denis Cosgrove and Veronica Della Dora. London: by I.B. Tauris & Co Ltd Salem Road, 2009. P. 19–33.
9. *Garbellini L., Magni D.* Interest in terraced landscapes. Terraced Landscapes of the Alps: projects in progress, 2008. P. 60–67.
10. *Gunya A.N., Richter M.* Altitude-zone differentiation of mountain landscapes: a generalized scheme for mountain regions of the world. Sustainable development of mountain areas, 2018. V. 10. No 3 (37). P. 44–50 (in Russian).
11. *Ives J.D.* Himalayan Perceptions: Environmental change and the well-being of mountain peoples. Abingdon-on-Thames, United Kingdom: Routledge, 2004. 270 p.
12. *Kolbovsky E.Yu., Esipova E.S.* Geoinformational modeling of landscape locations and elementary watersheds to assess the biodiversity of the forest zone of the Far East. Geodesy and cartography, 2016. No 12. P. 16–24 (in Russian).
13. Mountains and the Law. Emerging Trends. Rome, Italy: FAO Legislative Study, 2006.
14. Mountains of the World. Global priority. Publishing house “Noosphere”, 1999. 450 p. (in Russian).
15. *Olaya V.* Basic Land-Surface Parameters. GEOMORPHOMETRY Concepts, Software, Applications. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2009. P. 141–169.
16. *Price M.F., Byers A.C., Friend D.A., Kohler Th., Price L.W.* Mountain Geography: Physical and Human Dimensions. Oakland, California, USA: University of California Press, 2013. 396 p.

17. *Samoilova G.S.* Morphometric analysis of mountainous areas of Russia. Proceedings of the RAS. Series geography, 1999. No 2. P. 110–113 (in Russian).
18. *Seliverstov Yu.P*. Mountain areas and their “sustainable development” (to the concept of the term montology). Proceedings of RGO, 2002. V. 134. Iss. 1. P. 3−10 (in Russian).
19. *Simonov Yu.G., Simonova T.Yu*. River basin and basin organization of the geographic shell. Soil erosion and channel processes. Moscow: Moscow State University, Faculty of Geography, 2004. Vol. 14. P. 7−34 (in Russian).
20. *Solntsev V.N.* System organization of landscapes (Problems of methodology and theory). Moscow: Thought, 1981. 239 p. (in Russian).
21. *Tikunov V.S., Tsapuk D.A.* Sustainable development of territories: cartographic and geographic information support. Moscow−Smolensk: Publishing house of SSU, 1999. 176 p. (in Russian).
22. World Terraced Landscapes: History, Environment, Quality of Life. Basel, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2019. 435 p.