



**ВОПРОСЫ  
ГЕОГРАФИИ**

**Сборник 158**

**ГОРНЫЕ РЕГИОНЫ РОССИИ  
НА РУБЕЖЕ ВЕКОВ  
ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗВИТИЕ**

**Ответственные редакторы:**

академик В.М. Котляков

кандидат геолого-минералогических наук Ю.П. Баденков

МОСКВА  
Медиа-ПРЕСС  
2024

## СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ

УДК 910+913+528.8

DOI: 10.24057/probl.geogr.158.16

### Трансформация горных районов Северного Кавказа (1990–2020)

А.Н. Гуня, Е.Ю. Колбовский, А.Ж. Пуреховский

Институт географии РАН, Москва, Россия

### Transformation of the mountainous regions of the North Caucasus (1990–2020)

A.N. Gunya, E.Yu. Kolbovsky, A.Zh. Purehovsky

Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

*a.n.gunya@igras.ru*

**Summary.** The goal of the work is to characterize the main shifts in the transformation of the nature, population and economy of the mountainous regions of the North Caucasus over the past 30 years, based on modern data and methods of geographic information modeling. For this purpose, the delimitation of mountain territories was carried out and the current diversity of land cover within the main high-altitude landscape belts was reflected. Based on statistical data, field research and analysis of remote sensing data, an assessment is made of changes in the development of regions and landscapes of the North Caucasus. A widespread reduction in the nival-glacial zone has been noted, which reduces the potential for ski tourism. Trends in forest change are extremely uneven. Forest cover varies from 41.8% in Adygea to 11.7% in Dagestan. The greatest increase in forest area is observed near villages (as a result of gasification), the decrease is in the zone of intensive grazing livestock in the middle mountains. Within the mountainous territory there is a relatively small number of arable land areas, but these areas are also abandoned due to low competitiveness with agricultural holdings located on the plain. The widespread (in the mountains, foothills and plains) decrease in the share of arable land is also associated with the development of former agricultural lands for housing construction and other objects. The use of remote sensing data makes it possible to assess the transformation of natural landscapes and changes in land use types. In general, natural landscape zones that fit into four generalized groups (foothills, low mountains, middle mountains and high mountains) are subject to multidirectional trends, the correct accounting of which requires the use of modern methods of geographic information modeling and verification in the field.

**Key words:** *North Caucasus, transformation of landscapes and land use, GIS modeling, long-term dynamics*

**Резюме.** В работе поставлена цель – охарактеризовать на основе современных данных и методов геоинформационного моделирования главные сдвиги

в трансформации природы, населения и хозяйства горных районов Северного Кавказа за последние 30 лет. Для этого проведена делимитация горных территорий и отражено современное разнообразие земельного покрова в пределах основных высотных ландшафтных поясов. На основе статистических данных, полевых исследований и анализа данных дистанционного зондирования дана оценка изменения в освоённости регионов и ландшафтов Северного Кавказа. Отмечено повсеместное сокращение нивально-гляциальной зоны, что снижает потенциал для горнолыжного туризма. Крайне неравномерны тренды в изменении лесов. Лесистость меняется от 41,8% в Адыгее до 11,7% в Дагестане. Наибольший прирост лесных площадей отмечается вблизи селений (как результат газификации), падение – в зоне интенсивного пастбищного животноводства в среднегорье. В пределах горной территории располагается относительно небольшое количество ареалов пашни, но и эти участки забрасываются вследствие низкой конкурентоспособности с агрохолдингами, расположенными на равнине. Повсеместное (в горах, предгорьях и на равнинах) убывание доли пашни связано и с освоением бывших сельскохозяйственных земель под жилищное строительство и другие объекты. Использование данных дистанционного зондирования позволяет объективно оценить трансформацию природных ландшафтов и смену видов землепользования. В целом природно-ландшафтные зоны, укладываемые в четыре обобщённые группы (предгорья, низкогогорья, среднегорья и высокогорья), подвержены разнонаправленным трендам, корректный учёт которых требует привлечения современных методов геоинформационного моделирования и верификации в полевых условиях.

**Ключевые слова:** *ландшафты Северного Кавказа, трансформации ландшафтов и землепользования, ГИС-моделирование, среднемноголетняя динамика*

## Введение

Изучение Северного Кавказа с точки зрения трансформации горных районов – задача не новая, ей посвящено множество работ, написанных ещё в советский период. Следует отметить монографии, посвящённые сравнительному анализу Большого Кавказа и Старой Планины (Большой Кавказ – Стара-Планина..., 1984), Кавказа и Альп (Альпы – Кавказ..., 1980). Детальный анализ природных экосистем представлен в сборнике «Трансформация горных экосистем Большого Кавказа под влиянием хозяйственной деятельности» (Трансформация..., 1987). Проблемам горного хозяйства и расселения посвящён одноимённый сборник (Проблемы..., 1990) и др. Новейшие работы, посвящённые изучению изменений в природе, расселении, экономике и хозяйстве горных районов Северного Кавказа, характеризуются специализацией тем и сюжетов, в центре внимания которых, как пра-

вило, находятся отдельные процессы (динамика ледников, изменения лесного покрова, трансформация системы расселения, деградация пастбищных систем и др.), получившие развитие в отдельных регионах. В этой связи остро ощущается дефицит обобщающих работ по всему Северному Кавказу, которые бы ставили целью анализ связей в системе природа, население и хозяйство.

Развитие междисциплинарных подходов и применение комплексных моделей заставляет рассматривать горные районы как сложные социально-экологические системы, где трансформации подвергаются прежде всего связи между человеком и окружающей его природной и социально-экономической средой. На современном этапе накопления и использования в геоинформационных моделях так называемых Больших Данных исследование трансформации горных районов на разных уровнях от локального к региональному получает новые возможности (Wulder et al., 2012). Учитывая имеющийся объём информации о динамике природных и природно-хозяйственных систем, полученной предыдущими исследованиями, авторы поставили перед собой следующую цель: *охарактеризовать на основе современных данных и методов геоинформационного моделирования главные сдвиги в трансформации природы, населения и хозяйства горных районов Северного Кавказа за последние 30 лет*. Для достижения сформулированной цели последовательно решались следующие задачи:

- на основе геоинформационных методов провести делимитацию горных территорий и отразить современное разнообразие земельного покрова в пределах основных высотных ландшафтных поясов
- оценить основные изменения в освоённости регионов и ландшафтов Северного Кавказа
- выявить ареалы с разнонаправленными трендами трансформации ландшафтов и землепользования.

### Методология

Термин «трансформация» не имеет чётко очерченных границ и, как правило, используется для обозначения комплекса разнообразных изменений в сложных системах. В гуманитарной географии под трансформацией чаще всего понимают изменения в соотношении «незримых» социальных полей, определяющих структуру и внутренние границы культурного ландшафта и условия существования локальных общин в

их пределах (Herbers, 2006). В ландшафтоведении термин «трансформация» используется для обозначения комплекса разнонаправленных изменений компонентов и элементов ландшафта, слабо укладывающихся в известные ритмы среднесуточной динамики (Гуня, 2010).

Обобщая, можно констатировать, что термин «трансформация» (по крайней мере, в проекции на макрорегион Северного Кавказа) используется, чтобы отразить комплекс разнонаправленных изменений в системе природа–население–хозяйство (Ильичев, 1988). Помимо представлений о природно-хозяйственных системах, представляется перспективным использование концепта культурного ландшафта как географической «конструкции», позволяющей рассматривать самые разные стороны взаимодействия социума (и этноса!) с окружающей средой в меняющихся обстоятельствах. В основе трансформации природно-хозяйственной системы (равно как и культурного ландшафта) лежат две основные группы факторов: структурные и институциональные (Гуня, 2008, 2013). К *структурным факторам* относят социально-экономические и природно-географические особенности региона, такие, как географическое положение, климат, рельеф, наличие тех или иных ресурсов, этнокультурное разнообразие и др. Считается, что глубокого изучения данных факторов достаточно, чтобы объяснить динамику природно-хозяйственной системы. Кризис и реформы 1990-х годов опровергли эту позицию или, по крайней мере, поставили под сомнение её универсальность.

Для объяснения многих процессов и траекторий развития, которые возникли на постсоветском пространстве, потребовался анализ более динамичных, слабо детерминированных и поэтому плохо предсказуемых процессов, связанных со становлением новых алгоритмов принятия решений в управлении и природопользовании, регулировании возникших конфликтов и др. Они образуют вторую группу факторов – институциональных, определяющих существования механизмов, регулирующих природопользование посредством формальных и неформальных правил. При этом большое значение имеют незафиксированные в официальных документах местные традиции природопользования, представляющие собой комплекс проверенных долговременным опытом правил, которые играют особую роль в поддержании преемственности и стабилизации развития.

Геоинформационное моделирование связей в системе человек–природа–хозяйство, особенно в рамках концепции культурного

ландшафта, требует более детального рассмотрения факторов трансформации. Е.Ю. Колбовский предложил последовательный анализ имеющихся данных на структурном, функциональном, социальном (институциональном) и сакральном уровнях (Колбовский, 2020).

Для макрорегиона Северного Кавказа относительно хорошо изучен структурный уровень, отображающий основные природно-ландшафтные рубежи, оси расселения и хозяйствования. Остаются пока неясными способы делимитации границ и структур, определяющих региональную специфику и особенности хозяйствования и расселения в пределах отдельных горных долин, межгорных котловин. Функциональный аспект связан с изучением роли отдельных элементов ландшафтно-хозяйственных ареалов (например, селитб, нагорных террас или горных пастбищ), их продуктивности и предоставлению ими экосистемных услуг. *Институциональный аспект* объясняет причины и характер смен всей системы социальных и экономических отношений – как во времени, так и в пространстве между регионами Северного Кавказа. Наконец, сакральный аспект апеллирует к метафизическим и иррациональным факторам поведения и традиций в природопользовании, которые невозможно объяснить соображениями рациональности и известными моделями социально-экономических отношений.

В рамках представленного исследования авторы сосредоточились только на структурном аспекте данной модели в рамках макрорегиона Северного Кавказа и его отдельных регионов. Факторы, связанные с тремя другими аспектами, привлекались лишь для объяснения полученных результатов как возможных причин, определяющих характер выявленных трендов изменения ландшафтов и рисунка землепользования.

### Методы и данные

В работе использованы данные полевых исследований, полученные при проведении экспедиций в последние тридцать лет в различных регионах Северного Кавказа. В первую очередь, это крупномасштабные ландшафтные карты и карты использования земель на отдельные участки. Использована доступная статистика о населении и хозяйстве регионов Северного Кавказа. Значительный массив данных, охватывающий уровень всего Северного Кавказа, представлен материалами дешифрирования многозональных космических снимков серии Landsat, а также результатами геоинформационного моде-

лирования рельефа. Для выявления трендов в изменении земельного покрова использовались тематические продукты, подготовленные лабораторией «Global Land Analysis and Discovery (GLAD ARD)» Университета Мэриленда, на базе 16-дневных композитов, сформированных из лучших вариантов съёмки, нормализованных по отражательной способности (для видимого, ближнего и коротковолнового инфракрасного диапазонов каналов), а также уровню качества данных (Potapov et al., 2020). Следующие типы земельного покрова были проанализированы: возделываемые или пахотные земли, многолетний снежно-ледниковый покров, застроенные территории, леса, луга. Для изучения динамики лесов использовался продукт «Forest Extent and Height», откалиброванный с использованием лидарных данных GEDI (Global Ecosystem Dynamics Investigation Lidar) (Potapov et al., 2022). Для изучения динамики лугов было задействовано покрытие «Vegetation Continuous Fields», которое создавалось на базе продукта MODIS Vegetation Continuous Fields (VCF) (Hansen et al., 2011).

Для анализа трансформаций границ типов ландшафтов, тематические покрытия преобразовывались в ландшафтные зоны, соответствующие представлениям классического ландшафтоведения. Для отработки алгоритма преобразования использовались ключевые территории, в частности, в верховьях р. Баксан. Для выявления и делимитации трансформаций границ ландшафтных зон применялся оверлей разновременных растров, с комбинированием и выявлением переходов классов покрытий. Расчёт площадей трансформации ландшафтных зон проводился с применением алгоритма Зональной статистики ARCMAP.

Авторы также предприняли попытку верификации самого понятия «горные территории» и проанализировали практику их делимитации. В частности, определены принципы делимитации горных территорий для Северного Кавказа на основе выявленных закономерностей паретианского распределения.

## Результаты

**Границы гор, высотные ступени и площади гор в регионах Северного Кавказа.** Проблема делимитации горных территорий решалась неоднократно. Так, Всемирный центр мониторинга охраны природы ЮНЕП (World Conservation Monitoring Centre UNEP) разработал па-

раметры разграничения основываясь на данных абсолютной высоты и привлечении (дополнительно) переменных: локального диапазона высот (по сути – «пересечённость рельефа») и среднего уклона в радиусе 3 или 7 км (т.е. в окне заданной размерности). Дополнением к первоначальному списку критериев служит индекс температурного контраста, который введён для включения низменных и прибрежных районов, где климатические условия схожи с горным климатом (Pantić, 2015).

Для решения задач управления и регулирования природопользования в горах важно работать с административными границами муниципальных образований как с сеткой операционно-территориальных единиц, вследствие чего понятие "горный" нередко применяется ко всей территории муниципалитета. По этой причине, например, Еврокомиссия вынуждена была включать в состав условных "гор" равнинные участки, если последние не превышали 5 км<sup>2</sup>, и, напротив, исключать горные участки из равнинных муниципалитетов, если они превышали 5 км<sup>2</sup> (Pantić, 2015).

Для выделения горных территории Северного Кавказа параметры уклона и пересечённости рельефа могут считаться приемлемыми (рис. 1, а, б). Однако различия в генезисе, возрасте и пластике рельефа различных горных сооружений безусловно требуют более точных подходов, учитывающих прежде всего паретианский характер распределения параметра абсолютной высоты (Колбовский, 2022).

Общепринятого понятия того, где начинаются горы Северного Кавказа, нет. Например, согласно Закону Республики Дагестан (Закон..., 2010), горной территорией считается местность, расположенная выше 1000 м над ур. моря, а также местность с пересечённым рельефом и превышениями отметки в 500 м в радиусе 25 км. Согласно Закону Республики Северная Осетия-Алания (Закон..., 2019), под горной территорией понимается местность с пересечённым рельефом и абсолютной высотой рельефа больше 800 м. Многие горы-лакколиты Кавказских Минеральных Вод не могли бы попасть в ранг горных, руководствуясь этими критериями. В этой связи представляет интерес распределение статистик абсолютной высоты (табл. 1).

Как можно убедиться, территории республик и краёв различаются по средней высоте, максимальной и минимальной высотам, разбросу значений, разнообразию рельефа в целом, что отражается показателем «стандартное отклонение». В этом отношении, например, Кабардино-Балкария не просто самая «высокая» республика, но и территория с

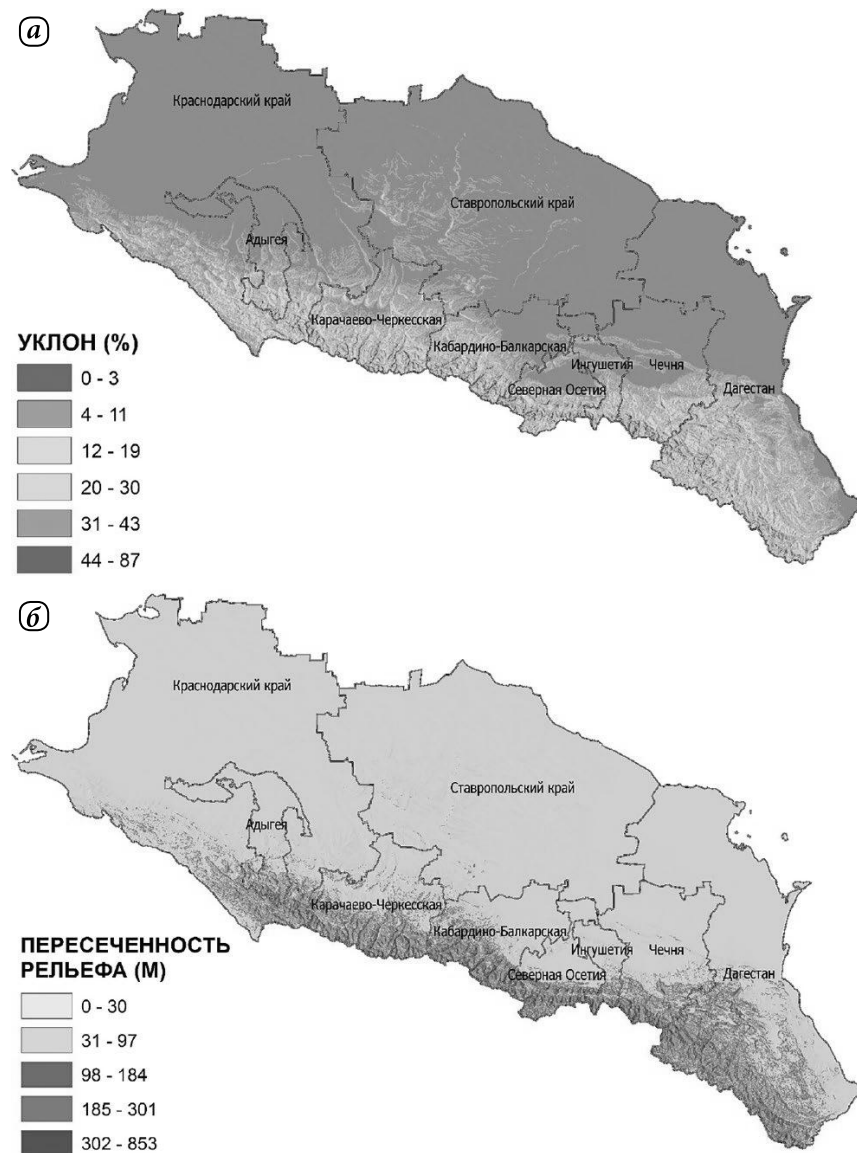


Рис. 1. а) Уклоны поверхности, %; б) Пересечённость рельефа, м

наибольшим разнообразием рельефа. Ставропольский край характеризуется и самыми низкими высотами и относительной монотонностью рельефа.

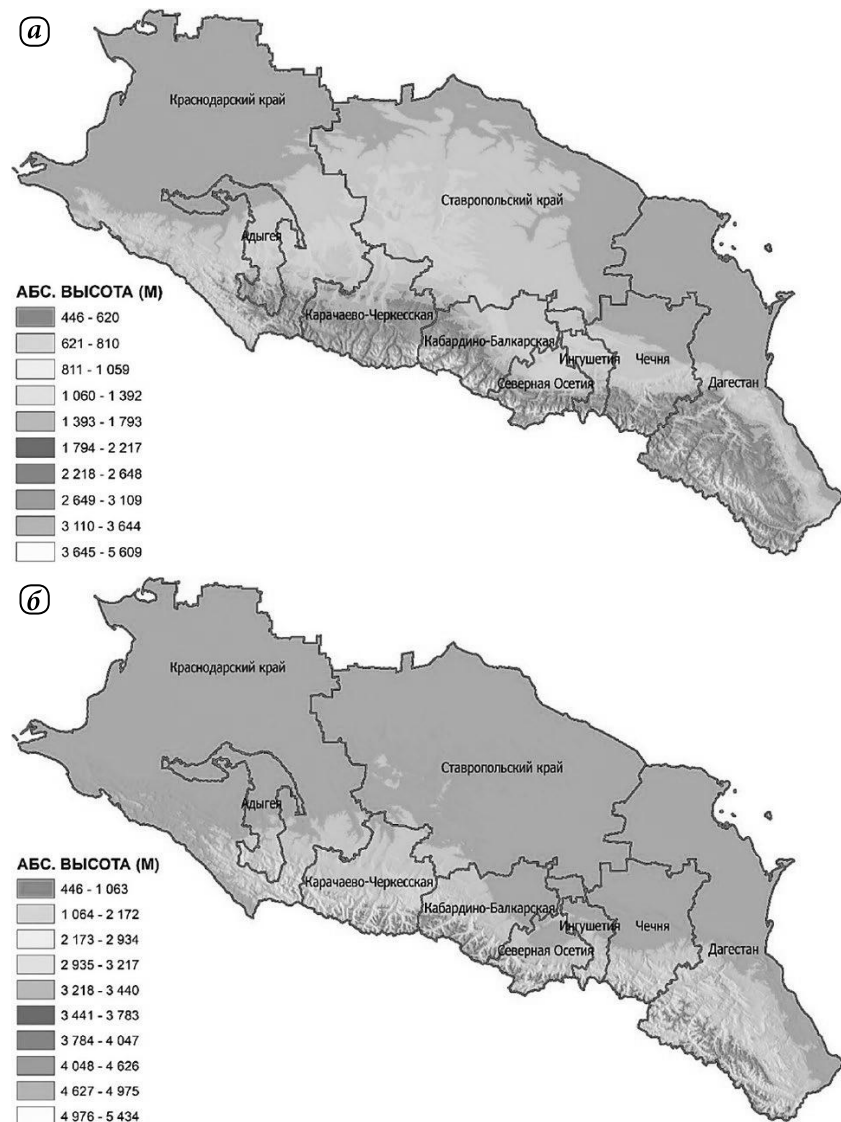
**Таблица 1.** Распределение поля абсолютной высоты в регионах Северного Кавказа по высотам, м

| Регион               | MIN  | MAX  | RANGE | MEAN | STD  | MEDIAN |
|----------------------|------|------|-------|------|------|--------|
| Кабардино-Балкарская | 112  | 5639 | 5527  | 1361 | 1092 | 1024   |
| Карачаево-Черкесская | 354  | 4955 | 4601  | 1621 | 760  | 1516   |
| Краснодарский край   | -60  | 3339 | 3399  | 210  | 367  | 68     |
| Дагестан             | -104 | 4275 | 4379  | 894  | 1072 | 285    |
| Ингушетия            | 202  | 4425 | 4223  | 879  | 731  | 569    |
| Северная Осетия      | 88   | 4947 | 4859  | 1263 | 1008 | 844    |
| Ставропольский край  | -53  | 1600 | 1653  | 216  | 172  | 172    |
| Чечня                | -84  | 4490 | 4574  | 584  | 775  | 205    |
| Адыгея               | -47  | 3144 | 3191  | 489  | 592  | 228    |

Помимо делимитации горных территорий важным показателем горного рельефа служит наличие высотных ступеней, которые соответствуют как абсолютной высоте, так и глубине расчленения, разнообразия рельефа в целом. Сопоставление результатов геоинформационной классификации со сложной мозаикой рельефа на Северном Кавказе позволяет рекомендовать метод выделения высотных ступеней, предложенный Сянгом (Jiang, 2015) (рис. 2, а, б).

Делимитация высотных ступеней методом Сянга позволяет дифференцировать высотные уровни более дробно, причём в границах макрорегиона Северного Кавказа для отсечения таксонов по среднему требуется десять итераций, т.е. по данному единственному параметру поле высот делится на 10 классов. Различия в способах хорошо иллюстрируются соответствующими картограммами: очевидно, что способ Сянга «строже» относится к понятию «горности»: к горам при таком разделении относятся территории выше 1063 м.

Геоинформационная классификация горных территорий и их высотных ступеней не отражает разнообразие рельефа при переходе от равнин к горам. Равнинно-предгорная зона на Северном Кавказе наиболее освоена и нуждается в «ручной» классификации, которая учитывает опыт эксперта (табл. 2). Существенную роль при переходе от чисто физико-географического анализа к социальным условиям вмещающих ландшафтов играет соотношение и протяжённость высотных ступеней. По этому признаку наиболее «горной» на Северном Кавказе следует считать Карачаево-Черкессию, хотя республика и уступает Кабардино-Балкарии по максимальным высотам, пере-



**Рис. 2.** Классификация высотных ступеней: а) по способу «естественные границы», б) по способу Сянга

сечённости рельефа и диапазону высот. Практически вся территория Карачаево-Черкесии находится на высотах более 300 м, а более трёх четвертей – выше 1000 м над ур. моря. Следует, однако, отметить, что

**Таблица 2.** Распределение площади Российской Федерации и регионов Северного Кавказа по высотным ступеням (%)

| Регион                 | более 300 м | более 500 м | более 800 м | более 1000 м |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Карачаево-Черкесия     | 100         | 97,8        | 85,2        | 77           |
| Северная Осетия-Алания | 90,8        | 77          | 55,6        | 48,1         |
| Ингушетия              | 90,8        | 66,7        | 32,8        | 25,7         |
| Кабардино-Балкария     | 80,9        | 66,7        | 53,9        | 47,3         |
| Дагестан               | 50,9        | 46,7        | 42,2        | 39,7         |
| Адыгея                 | 44,8        | 32,2        | 22,1        | 17,3         |
| Чеченская Республика   | 43,5        | 35,9        | 27,2        | 24           |
| Ставропольский край    | 22,2        | 5,7         | 1,2         | 0,7          |
| Краснодарский край     | 21,4        | 13          | 6,1         | 4,3          |
| Россия                 | 40          | 25          | 13          | 8            |

подавляющее большинство населения этой республики живёт ниже 700 м над ур. моря.

Значительно большие различия и «вес» горного населения фиксируются для Дагестана, где горные территории занимают более половины площади, в пределах которой расположены более трёх четвертей всех населённых пунктов (около 1200 – из них 452 отнесены к труднодоступным согласно Закону Республики Дагестан «О перечне труднодоступных и отдаленных местностей в Республике Дагестан» от 2006 г. (Закон., 2006). Труднодоступность и другие отягощающие ежедневную жизнь условия (низкая занятость, слабая развитость сетей медицинских и образовательных учреждений и др.) определяют господствующий тренд переселения горцев на равнины. Горные жители ныне составляют большую долю населения городов и пригородов Махачкалы, Грозного, Владикавказа и др. В этом отношении современные социально-культурные границы гор сдвигаются на более низкие высотные ступени.

***Современная освоенность горных регионов Северного Кавказа.***

Современная освоенность северокавказских регионов сильно различается (табл. 3). Плотность сельского населения меняется от 18 чел/км<sup>2</sup> в Карачаево-Черкесии до более 80 чел/км<sup>2</sup> в Ингушетии. Она увеличивается за последние десятилетия практически везде, кроме Ингушетии и Ставропольского края. Наибольший рост наблюдается в Чечне (с 45,1 чел/км<sup>2</sup> в 2002 г. до 58 чел/км<sup>2</sup> в 2022 г.). Различия в расселении, плотности населения, транспортной освоенности региона дополняются разнообразием ландшафтов, сложной этнической дифференциацией.

**Таблица 3.** Динамика населения и плотность сельского населения северокавказских регионов в 2002–2022 гг. Рассчитано с использованием данных Росстата (<https://rosstat.gov.ru>)

| Регион                            | Площадь, тыс. км <sup>2</sup> | Население, тыс. чел. | Сельское население, тыс. чел. | Плотность сельского населения, чел/км <sup>2</sup> |
|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------|
| Республика Адыгея                 | 7,8                           | 447–468              | 212–248                       | 27,2–32,6 ↑                                        |
| Республика Дагестан               | 50,3                          | 2576–3154            | 1474–1724                     | 29,3–34,3 ↑                                        |
| Республика Ингушетия              | 3,1                           | 467–524              | 269–232                       | 86,8–82,8 ↓                                        |
| Чеченская Республика              | 16,2                          | 1104–1516            | 730–940                       | 45,1–58 ↑                                          |
| Кабардино-Балкарская Республика   | 12,5                          | 902–870              | 391–418                       | 31,3–33,4 ↑                                        |
| Карачаево-Черкесская Республика   | 14,2                          | 440–464              | 246–265                       | 17,3–18,8 ↑                                        |
| Республика Северная Осетия-Алания | 8,0                           | 710–688              | 245–246                       | 30,6–30,8 ↑                                        |
| Краснодарский край                | 75,5                          | 5125–5687            | 2385–2508                     | 31,6–33 ↑                                          |
| Ставропольский край               | 66,2                          | 2735–2780            | 1205–1130                     | 18,2–17 ↓                                          |

Более половины всего населения приходится на предгорно-равнинную зону. Полоса максимальной плотности населения (более 50 человек на км<sup>2</sup>) сужается на восток и расширяется на запад, захватывая всю причерноморскую курортную зону и почти всю равнинную часть Краснодарского края, что связано в первую очередь с благоприятными природно-климатическими условиями. Здесь насчитывается около 80 средних и небольших городов, возникших в основном за последние 60–70 лет.

Другим фактором, обуславливающим концентрацию населения в предгорье, служит приток населения с гор. Процесс миграции в предгорные и низменные районы происходил особенно активно в XIX веке и был вызван целым комплексом причин: малоземельем, удалённостью от центров, слабой развитостью жизнеобеспечивающей инфраструктуры, сложными климатическими условиями и проявлением стихийно-разрушительных процессов. Масштаб и скорость миграции на «плоскость» были различны, наиболее активно процесс переселения происходил в Северной Осетии, Чечне и Ингушетии. Так, миграция населения в низкогорный пояс в 1990-е годы привела к тому, что на трети территории Северной Осетии сконцентрировалось три четверти всего населения республики. Большая плотность населения наблюдается также в аграрных районах Краснодарского края и, особенно, на Черноморском побережье.

Максимальная высота селений (2650 м) отмечается в Дагестане. При движении на запад эта высота снижается до 2100 м на Централь-

**Таблица 4.** Пашни и леса северокавказских регионов (национальные республики, расчёт по классам LandUse/Landcover, полученный на основе дешифрирования снимков Landsat)

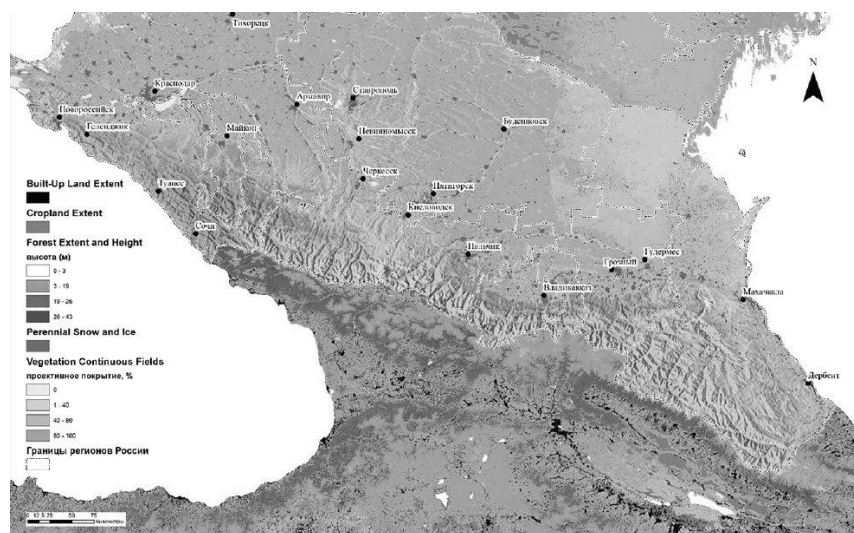
| Регион                            | Пашни, тыс. га | Пашни, га на одного жителя | Лесистость (%) |
|-----------------------------------|----------------|----------------------------|----------------|
| Кабардино-Балкарская республика   | 460208         | 0,39                       | 19,3           |
| Карачаево-Черкесская республика   | 178322         | 0,29                       | 34,5           |
| Республика Адыгея                 | 351819         | 0,48                       | 41,8           |
| Республика Дагестан               | 444516         | 0,10                       | 11,7           |
| Республика Ингушетия              | 129186         | 0,23                       | 37,4           |
| Республика Северная Осетия-Алания | 271852         | 0,29                       | 34,6           |
| Чеченская республика              | 467595         | 0,23                       | 25,9           |

ном Кавказе и 650 м – на Западном. На Центральном и Западном Кавказе преобладают селения, расположенные в долинах рек. На Восточном Кавказе отмечаются также и селения, расположенные на склонах и плато (внутренний среднегорный Дагестан).

В современной структуре горного природопользования выделяются следующие наиболее важные типы, которые имеют и общероссийское значение: сельское хозяйство (включая выращивание таких теплолюбивых культур как рис), промышленность, основанная на нефтегазовых, реже рудных (в горах) ресурсах, рекреация и туризм (в том числе на побережьях двух морей, в высокогорье и вблизи многочисленных минеральных источников), охрана природы (реализованная в виде развёрнутой сети уникальных ООПТ разного ранга и вида).

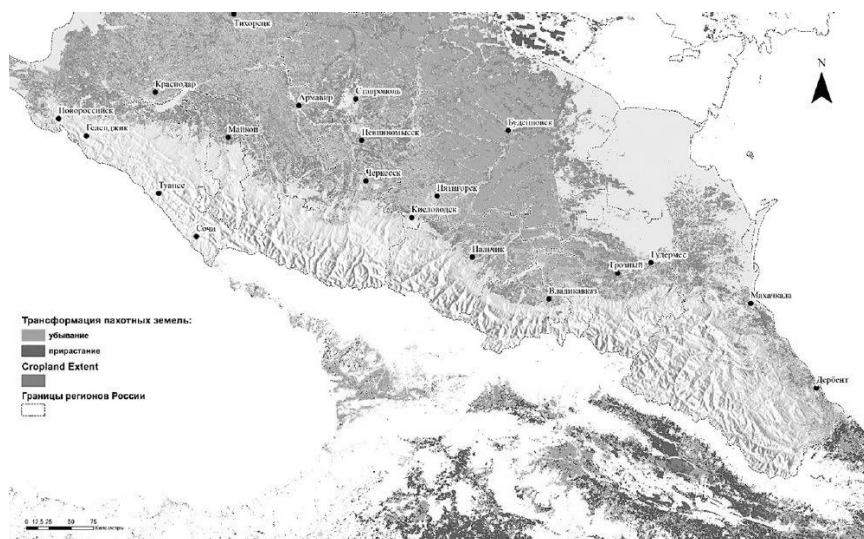
В структуре использования земель преобладают сельскохозяйственные земли. Наиболее обеспечен землёй Ставропольский край (более 1,5 га на одного жителя, по состоянию на 2020 г.). Согласно расчётам, произведённым по данным дистанционного зондирования, среди горных регионов наиболее обеспечена пашней Адыгея (0,48 га), а наименее – Дагестан (0,1). На втором месте по площади находятся лесные земли, при этом лесистость меняется от 41,8% в Адыгее до 11,7% в Дагестане (табл. 4).

**Современные тренды в природопользовании на Северном Кавказе: земельный покров и его изменения за последние 20 лет.** Характеристика природных условий и типов природопользования на Северном Кавказе была бы неполной без анализа изменений в использовании земель. Современные изменения обусловлены рядом фактором, в частности, выгодным природно-климатическим и гео-



**Рис. 3.** Структура земельно-ландшафтного покрова. Северный Кавказ выделен рельефом с отмывкой. Состояние на 2020 г., составлено на основе ГИС-моделирования и использования сцен ARD Landsat

политическим положением региона на юге России, спецификой отношений с федеральным центром (высокая дотационность республик), сложным сочетанием институтов, доставшихся от старой советской системы, и традиционных. Сочетание структурных факторов (природных условий и ресурсов, распределения этносов, приграничное положение и др.) и современных институциональных определило разнообразие освоённости, что выразилось в современной структуре земельного покрова (рис. 3). На севере к горным и предгорным территориям примыкают возделываемые поля на чернозёмах, наибольшая доля которых приходится на Ставропольский и Краснодарский края. На Западном Кавказе этот тип земельного покрова почти сразу переходит в лесной пояс, который сменяется с высотой горными лугами и фрагментарными ареалами снежников и ледников. По мере продвижения к востоку пашенные земли выклиниваются (восточная граница сплошного ареала проходит примерно по границе с Дагестаном). На Центральном Кавказе между поясом возделываемых земель и горными лесами расположены горные лугостепные ареалы, используемые в качестве пастбищ, реже – сенокосов. К востоку от Казбека лесной покров фрагментирован и чередуется с крупными луговыми ареалами.

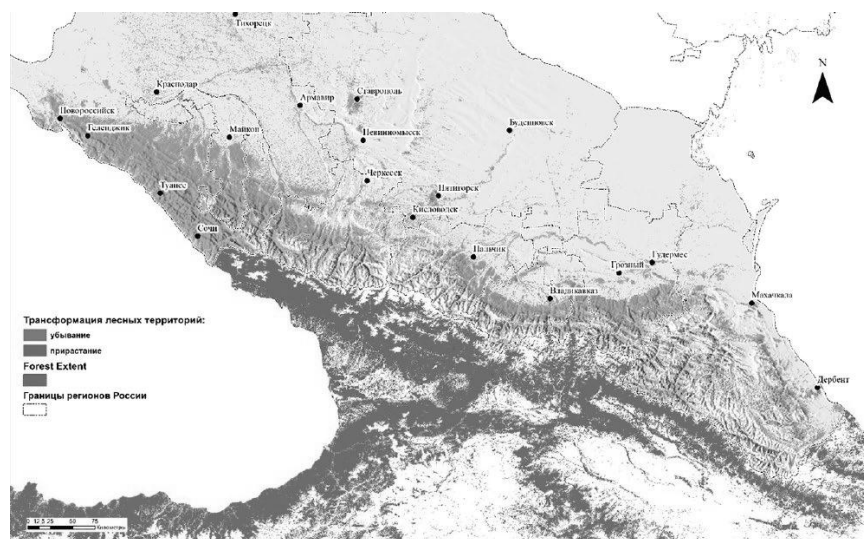


**Рис. 4.** Трансформация пахотных земель в период 2000–2020 гг. (получено на основе комбинирования исходных разновременных растров (Трансформация пахотных... “The Global 2000-2020 Land Cover and Land Use Change” – <https://glad.umd.edu/dataset/croplands>)

Ареалы ледников и снежников наиболее выражены в высокогорной части Центрального Кавказа.

Приведённые самые общие данные по структуре современного земельного покрова не статичны. Если судить по данным дистанционного зондирования (ДДЗ), характер трансформация основных типов земельного покрова весьма динамичен. Так, изменения ареалов пашни отображается в виде мозаики разнонаправленных трендов сокращения–увеличения площадей (рис. 4). Доля сельскохозяйственных земель продолжает падать в Карачаево-Черкесии, Чечне и, особенно, в Ингушетии, где пашни активно застраиваются (на пашенных угодьях основана новая столица Ингушетии – город Магас). Сокращение площадей пашни приостановлено и наблюдается их рост в Адыгее и Дагестане.

В пределах горной территории располагаются относительно небольшие ареалы пашни, но и эти участки забрасываются вследствие низкой конкурентоспособности с агрохолдингами, расположенными на равнине, продукция которых дешевле. Повсеместное (в горах, предгорьях и на равнинах) убывание доли пашни связано с освоением бывших сельскохозяйственных земель под жилищное строительство,



**Рис. 5.** Трансформация лесного покрова в период 2000–2020 гг. (получено на основе комбинирования исходных разновременных растров (Трансформация лесного... “The Global 2000-2020 Land Cover and Land Use Change” – <https://glad.umd.edu/global-land-cover-land-use-v1>)

а также под тепличное хозяйство (в этом случае пиксели на снимках перестают классифицироваться как сельхозугодия). Трансформация землепользования типа «пашня–застройка» в наибольшей степени проявились в исследуемый период (2000–2020 гг.) в предгорьях вдоль побережья Каспийского моря, на Чеченской равнине и в окрестностях региональных столиц (см. ниже примеры в крупном масштабе).

Изменения лесных территорий (рис. 5) также выражены в разнонаправленных тенденциях «убывание и рост», реализовавшихся в разных регионах и на фоне различных природных и культурных ландшафтов. Рост лесов отмечается в ареалах, которые примыкают к горным селениям, что, по крайней мере частично, можно объяснить переходом от традиционного (дровяного) на современное (газовое) энергоснабжение сельского населения (на Северном Кавказе большинство горных населённых пунктов обеспечены ныне магистральным газом). С другой стороны, забросу и зарастанию подверглись и участки ближних, примыкающих к аулам пашен (в том числе на рукотворных террасах). Проявление противоположного тренда сокращения лесов приурочено в основном к местам интенсификации пастбищного животноводства (на-

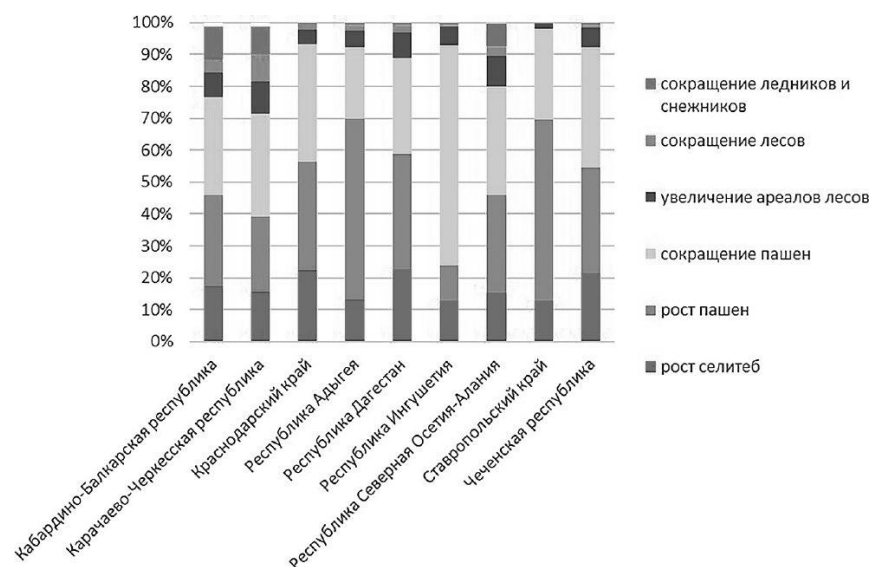
**Таблица 5.** Изменение площади снежно-ледниковых ареалов в регионах Северного Кавказа (национальные республики, расчёт по классам LandUse/Landcover, полученный на основе дешифрирования снимков Landsat)

| Регионы                           | 2000, га | 2020, га |
|-----------------------------------|----------|----------|
| Кабардино-Балкарская республика   | 50822    | 44042    |
| Карачаево-Черкесская республика   | 24660    | 19179    |
| Краснодарский край                | 1523     | 687      |
| Республика Адыгея                 | 617      | 307      |
| Республика Дагестан               | 3188     | 1019     |
| Республика Ингушетия              | 451      | 112      |
| Республика Северная Осетия-Алания | 18706    | 14535    |
| Ставропольский край               | 0        | 0        |
| Чеченская республика              | 1742     | 877      |

пример, низкогорно-среднегорные территории Карачаево-Черкесии), а также к ареалам гарей и болезней хвойных лесных пород. Последнее явление – заболевание (с последующим выпадением) зрелого и перестойного древостоя ели и пихты охватывает всё большие площади на склонах горных долин (в частности, в окрестностях Домбая).

Комбинирование разновременных снимков подтвердило значительное сокращение нивально-гляциального пояса в пределах практически всего Северного Кавказа: уменьшение ареалов ледников и снежников особо заметно на Центральном Кавказе, однако наиболее катастрофические последствия фиксируются для небольших ледниково-снежных ареалов на Западном и Восточном Кавказе. Так, снежно-ледниковые ареалы в Дагестане и Чечне уменьшились соответственно в три и два раза, в Краснодарском крае и Адыгее более чем в два раза (табл. 5).

Трансформация земельно-ландшафтного покрова имеет ярко выраженную региональную специфику: наибольшее сокращение пашни наблюдается в Ингушетии, наибольший относительный рост сельхозугодий – в Ставропольском крае и Адыгее; максимальный рост селитебной застройки – в Краснодарском крае, Ингушетии и Чечне (рис. 6). Радикальное сокращение зоны ледников и снежников характерны для Кабардино-Балкарии и Северной Осетии. Особенности и сочетания различных изменений индивидуальны в зависимости от природных и хозяйственных условий той или иной долины, ущелья. Поэтому в каждом отдельном случае имеет смысл проводить локализованные крупномасштабные оценки.



**Рис. 6.** Выраженность основных трендов трансформации земельно-ландшафтного покрова в регионах Северного Кавказа, 2000–2020 гг.

**Высотн-зональные и секторные различия в трансформации горных районов Северного Кавказа.** Опираясь на полученную средствами геоинформационного моделирования мозаику изменений земельно-ландшафтного покрова, а также на статистические данные и материалы полевых исследований, можно выделить наиболее существенные зональные и секторные различия в трансформации разных высотных поясов Северного Кавказа. К высокогорьям в данном анализе были отнесены районы с превышением высот более 3000 м (что соответствует 4-й ступени по классификации высот методом Сянга), которые включают расчленяющие их участки долин на высотах 1500–2000 м. К среднегорьям относятся районы с высотами хребтов 1000–3000 м (2–3 ступени по Сянгу), а абсолютная высота расчленяющих долин может достигать до 500 м. К низкогорьям относятся районы с высотами хребтов до 1000 м (первая ступень классификации). Предгорья характеризуются небольшими высотами (как правило, до 300–400 м) с относительно слабым расчленением рельефа (площади склонов более 10–20 градусов не превышают 5–10%), они непосредственно примыкают к низкогорной зоне.

**Высокогорные районы Северного Кавказа** претерпевают сокращение ледников и снежников, деградацию мерзлоты, что приводит



**Рис. 7.** Приэльбрусье, Азау в 1988 (а) и 2021 (б) гг. Фото А.Н. Гуня

к прорыву приледниковых озёр и возникновению селевых потоков. В местоположения бывших снежников и ледников надвигается горно-луговая субнивальная зона, что расширяет потенциал ресурсов горного пастбищного животноводства. Однако удалённые пастбища практически не используются вследствие общего снижения количества скота и утраты (в значительной мере) всей этнически укоренённой традиции отгонно-пастбищного животноводства.

Поскольку с нивальным поясом тесно связан рекреационный потенциал высокогорных районов, уменьшение снежности и сокращение ледников ставит под вопрос развитие горнолыжного отдыха и спорта по всему макрорегиону Северного Кавказа, в том числе в пределах новых и запланированных к расширению горно-рекреационных центров в Матласе (Дагестан), Ведучи (Чечня), Армхи (Ингушетия).

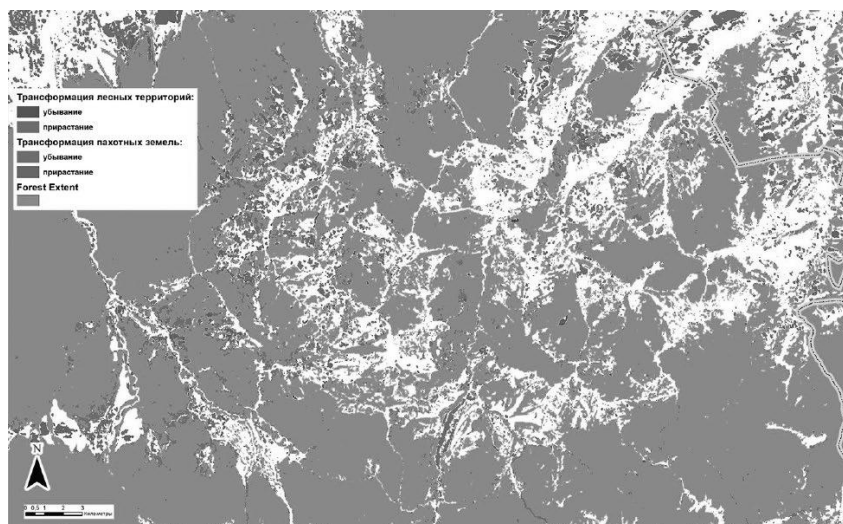
Рекреационный потенциал высокогорья в целом используется крайне неравномерно. Отчасти это объясняется тем, что с 1990-х годов многие центры туризма пережили сначала упадок, а потом подъём, который был вызван в последние годы государственными инвестициями в развитие инфраструктуры (программа Курорты Северного Кавказа). Довольно динамично развиваются высокогорные горно-рекреационные центры в Северной Осетии (Цей, Дигорское ущелье), Кабардино-Балкарии (южное и северное Приэльбрусье – рис. 7, Безенги), Карачаево-Черкесии (Домбай, Архыз), Адыгее (до-

лина р. Белая и плато Лагонаки). В то же время на Восточном Кавказе, в Дагестане и, в особенности, в Чечне, высокогорья остаются слабо привлекательными для массового туризма.

Проведённые в туристско-рекреационных центрах полевые исследования показывают, что нагрузка на высокогорные ландшафты сильно выросла, главным образом вследствие продолжающегося строительства многоэтажных гостиниц и жилых домов (Домбай, Приэльбрусье), что повлекло за собой ряд проблем, связанных с утилизацией бытовых отходов, локализацией парковок, защитой от стихийно-разрушительных процессов, разрушением культурного ландшафта в целом.

*Среднегорные ландшафты* претерпели изменения, вызванные радикальными переменами в землепользовании, в первую очередь, вследствие распада колхозов и совхозов с их централизованным регулированием и плановым ведением хозяйства, а также развитием частного землевладения и предпринимательства в последние десятилетия. В Карачаево-Черкесии среднегорные луга стали ресурсной базой для отгонно-пастбищного животноводства, опирающегося на семейные формы организации хозяйствования (Gunya et al., 2019). На Центральном и частично на Западном (восточные районы Карачаево-Черкесии) и Восточном Кавказе важное место в системе природопользования играли и играют межгорные котловины как центры сельских горных муниципалитетов, концентрирующие трудовые ресурсы. В этих котловинах ярко проявилось влияние рыночных условий, местные предприниматели на мелкоконтурных участках выращивают овощную и животноводческую продукцию для местных рынков. Одновременно многие ареалы среднегорья в Адыгее и Краснодарском крае стали осваиваться в целях рекреации. Примечательно, что в ряде среднегорных населённых пунктов Центрального и даже Восточного Кавказа стал развиваться туризм, близкий к формам сельского туризма, основанного на семейном бизнесе. К его услугам относятся не только предоставление в аренду жилья, но и прокат лошадей, проведение экскурсий. Если на Западном Кавказе эта форма предпринимательства была знакома давно, то на Центральном и особенно Восточном Кавказе эти услуги, начавшись относительно недавно, переживают бум.

*Низкогорья* остаются в сфере влияния разнородных по направленности трендов – от экореабилитации и зарастания сельхозугодий до застройки и локального рекреационного освоения. Большинство регионов низкогорья становятся ареалами рекреации выходного дня.

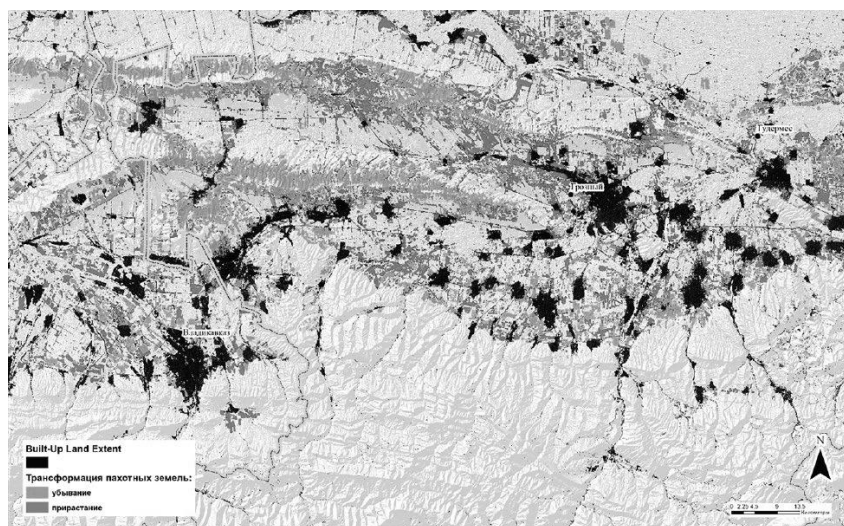


**Рис. 8.** Изменения в землепользовании в низкогорье на востоке Чечни в 2000–2020 гг.

В освоение вовлекаются горнолесные ландшафты на весьма неустойчивых склонах, сложенных палеоген-неогеновыми отложениями. Прокладка дорог и строительство новых объектов вызывает эрозию и приводит к активизации оползней.

Наиболее существенно низкогорные ареалы изменяются в Дагестане и Чечне, где это процесс начался уже в 1980-е годы в связи массовым сходом оползней в низкогорьях (Бенойский оползневой район в Чечне). Позднее в восточных районах Чечни социально-политические события 1990-х годов существенно трансформировали всю систему расселения и землепользования (рис. 8): население уехало на Чеченскую равнину, образовав там нередко новые селения с названиями, повторявшими исторические названия горных селений. В результате большая часть прежней горной системы расселения оказалась в состоянии запустения, многие селения представляют собой руины. Здесь происходит залесение полей, забрасываются пашни (рис. 8). В последние годы наметилась тенденция возврата людей в покинутые жилища, в основном для проживания в летнее время и в выходные дни.

*Предгорья* претерпели наиболее существенные изменения, так как являлись и являются основной полосой концентрации населения, здесь расположены столицы и основные города. Именно города и при-



**Рис. 9.** Изменения в земельном покрове в предгорьях Северной Осетии, Ингушетии и Чечни с 2000 по 2020 г.

города стали центрами притяжения населения. Особенно выросла Махачкала, которая по неформальным оценкам экспертов становится городом-миллионером (по официальным данным здесь проживает более 600 тыс. человек, в два раза больше, чем по данным 1990 года). Как видно из рис. 9, в земельном покрове в предгорьях Северной Осетии, Ингушетии и Чечни с 2000 по 2020 г. наиболее значительны изменения, вызванные забрасыванием и последующим зарастанием пашни. Это территории, которые входили в состав коллективных хозяйств (с населением, состоящим главным образом из русских), поддерживаемых государством, оснащённых техникой полива и др. Ныне осваиваются небольшие участки, которые приватизированы или взяты в долговременную аренду. Масштабы сельскохозяйственного производства зависят от запросов рынка, в основном выращиваются продукты овощеводства.

Разрослись пригороды городов, в основном за счёт выходцев из гор. Многие сельские населённые пункты сравнимы по количеству населения с малыми городами (в некоторых из них более 20 тыс. населения), но с сохраняющимся сельскохозяйственным укладом. На больших площадях, ранее занятых под пашни, активно строятся производственные объекты: гаражи, стоянки, рынки, бензоколонки и пр.

### Заключение

Современные методы обработки ДДЗ и алгоритмы преобразования цифровых моделей рельефа позволяют обоснованно делимитировать границы высотных ступеней предгорий, среднегорий и высокогорий, к которым приурочены нивально-гляциальная, горно-луговая, горно-лесная и горно-степная ландшафтные зоны, а также дать оценку их трансформации. Полученные данные лежат в основе анализа роли различных факторов: глобальных изменений климата и воздействия целого ряда сложных социально-экономических процессов, по-разному проявляющихся в разных регионах Северного Кавказа. В самом общем виде можно констатировать, что за последние 30 лет горные районы Северного Кавказа претерпели большие перемены, выразившиеся в изменении освоенности, трансформации систем расселения и характере использования земель. Суммируя полученные результаты, можно выделить две основные группы факторов, вызвавших трансформации.

*Социально-политические и геополитические факторы*, связанные со сменой государственно-правовых отношений, регулирующих жизнь людей, сыграли важнейшую роль. Они в большей степени фиксируются в полевых условиях и в меньшей – в статистических данных. На снимках разных лет они отражены лишь косвенно. В первую очередь следует упомянуть возникшие на территории Северного Кавказа конфликты, которые привели к жертвам и массовым переселениям людей, в том числе и за пределы региона. Сотни тысяч мигрантов, выходцев из Северного Кавказа, живут ныне за пределами России. Этническая картина макрорегиона существенно изменилась, что нашло своё отражение и в развитии хозяйственных отраслей: сокращении наукоёмких отраслей обрабатывающей промышленности и индустрии и увеличении доли экстенсивных, в первую очередь, сельского хозяйства. Возрождение религиозных традиций (прежде всего – исламских) привели к массовому строительству мечетей, изменению поведенческих стереотипов, трансформации гендерных функций и других культурных маркеров жизни. Закрытие многих границ с Южным Кавказом отразилось не только на культурно-хозяйственных связях, но практически уничтожила туристическое направление, опиравшееся на транзитные туристические маршруты.

*Политико-экономические факторы* привели к переоценке роли государства в жизни людей, демонополизации прав на землю, росту роли местного самоуправления. Возникновение рыночных условий

хозяйствования и приватизация земель дали толчок к активизации сельского хозяйства, частного строительства и др. В ряде горных долин стало развиваться монокультурное, ориентированное на рынок, хозяйство (например, капуста и другие овощи в межгорных котловинах и предгорной зоне на Северном Кавказе). Однако появление агрохолдингов на равнине повлияло на сокращение сельского хозяйства в горах, что, в частности, привело к увеличению лесных площадей на месте пастбищ. Особенно ярко роль новых политико-экономических условий выразилась на картах изменения земельного покрова крупного масштаба, полученных для ключевых участков.

Использование данных дистанционного зондирования позволяет объективно оценить трансформацию природных ландшафтов и смену видов землепользования. Можно констатировать, что изменение климата различным образом проявляется на состоянии ландшафтов в разных частях Северного Кавказа, в пределах горных долин и хребтов различного простираения. В целом природно-ландшафтные зоны, укладывающиеся в четыре обобщённые группы (предгорья, низкогорья, среднегорья и высокогорья), подвержены разнонаправленным трендам, анализ которых требует привлечения современных методов геоинформационного моделирования и верификации в полевых условиях.

Влияние климата наиболее очевидным образом идентифицируется по данным дистанционного зондирования в нивально-гляциальной зоне на примере сокращения площадей ледников и снежников. В пределах других обобщённых групп (среднегорье, низкогорье и предгорье) на природную трансформацию накладываются социально-экономические факторы и вызванные ими тенденции (урбанизация, концентрация сельхозпроизводства, развитие туризма и рекреации).

Использование современных ДДЗ, в частности – данных LandUse-LandCover, позволяет сравнительно быстро и объективно отслеживать происходящие изменения, что может быть учтено при разработке современных подходов к мониторингу состояния не только природных, но и культурных ландшафтов, а также урбанизированных территорий и сельскохозяйственных земель. Концепт культурного ландшафта в проекции на макрорегион Северного Кавказа может оказаться полезным в связи с ценностью традиций экологичного и укоренённого земле- и природопользования в новых социальных условиях, в этом смысле новую актуальность приобретают задачи по изучению реконструкции культурных ландшафтов в разных регионах Северного Кавказа.

Горные районы Северного Кавказа занимают менее одного процента территории России, тем не менее, именно Северный Кавказ был и остаётся регионом, где наиболее выпукло представлены типичные проблемы развития российских горных территорий, сформировался символ горца – представителя горного населения с яркой и неповторимой культурой, особой связью с суровой природой гор. Представители северокавказских регионов активные проводники горной повестки дня, три северокавказских региона – Республики Дагестан, Ингушетия и Северная Осетия-Алания имеют особые региональные законы по развитию горных территорий. Именно Северный Кавказ с его разнообразием ландшафтов и динамичных природных процессов выступает своего рода полигоном для проведения стационарных и полустационарных наблюдений в России за ледниками, лавинами, селями, динамикой ландшафтов в спектре высотных зон, динамикой расселения и др. В этих условиях представляется особенно актуальным привлечение современных данных дистанционного зондирования к оценке наблюдающихся трендов трансформации природных ландшафтов и характера землепользования.

### Литература

- Альпы – Кавказ: современные проблемы конструктивной географии горных стран. Ред. И.П. Герасимов, И. Бравар, Й. Дреш. М., Наука, 1980. 325 с.
- Большой Кавказ – Стара-Планина (Балкан): Сравнительно-географический анализ природно-ресурсного потенциала и его роли в развитии и размещении хозяйства и населения в горных странах / Институт географии АН СССР; Геогр. институт Болгарской Академии наук. Отв. ред.: И.П. Герасимов, Ж. Гылыбов. М., Наука, 1984. 254 с.
- Гуня А.Н. Динамика освоения горного региона: структурные и институциональные факторы (на примере динамики расселения и землепользования в Кабардино-Балкарии и Карачаево-Черкесии). Нальчик, КБНЦ РАН, 2008. 160 с.
- Гуня А.Н. Ландшафтные основы анализа природных и природно-антропогенных изменений высокогорных территорий. Нальчик, Изд-во КБНЦ РАН, 2010. 198 с.
- Гуня Алексей. Институциональное реструктурирование географического пространства: влияние приватизации земель на горные

- ландшафты Северного Кавказа. Saarbrücken. Изд-во: Palmarium Academic Publishing, 2013. 143 с.
- Закон Республики Дагестан от 5 мая 2006 г. № 25 "О перечнях труднодоступных и отдаленных местностей в РД". <https://base.garant.ru/26503686/>
- Закон Республики Дагестан от 16 декабря 2010 г. № 72 "О горных территориях Республики Дагестан." <https://www.garant.ru/hotlaw/dagistan/300883/>
- Закон Республики Северная Осетия–Алания от 12 февраля 2019 г. № 9-РЗ «О статусе горных территорий в Республике Северная Осетия–Алания». <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prevDoc=138008280&backlink=1&nd=138112467>
- Ильичев Б.А. Географический анализ трансформации горных территорий. // Итоги науки и техники. Горные территории: рациональное природопользование, хозяйственное освоение и расселение. Т. 18. М.: ВИНТИ, 1988. С. 20–56.
- Колбовский Е.Ю. Пространственный анализ в геоэкологии. М.: МГУ, 2022. 820 с.
- Проблемы горного хозяйства и расселения. М.: Информцентр Госкомстата СССР, 1990. 334 с.
- Трансформация горных экосистем Большого Кавказа под влиянием хозяйственной деятельности. М.: Ин-т географии АН СССР, 1987. 160 с.
- Трансформация пахотных земель в 2000–2020 гг. Получено на основе комбинирования исходных разновременных растров ... "The Global 2000-2020 Land Cover and Land Use Change" - <https://glad.umd.edu/dataset/croplands>
- Трансформация лесного покрова в период 2000–2020 гг. (получено на основе комбинирования исходных разновременных растров "The Global 2000–2020 Land Cover and Land Use Change" – <https://glad.umd.edu/global-land-cover-land-use-v1>
- Gunya A., Gairabekov U., Karaev Yu., Lysenko A., Elmurzaev R., Janibekova H. Post-Soviet Transformations in Pastoral Systems in the North Caucasus: The Development of Hybrid Institutions // Mountain Research and Development. 2019. V. 39. № 4. R49-R59. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-20-00047.1>
- Hansen M.C., Egorov A., Roy D.P., Potapov P., J. J., Turubanova S. et al. Continuous fields of Land Cover for the Conterminous United States

- Using Landsat Data: First Results from the Web-Enabled Landsat Data (WELD) Project // *Remote Sensing Lett.* 2011. № 2. P. 279–288.
- Herbers H.* Handlungsmacht und Handlungsvermögen im Transformationsprozess: Schlussfolgerungen aus der Privatisierung der Landwirtschaft in Tadschikistan // *Geogr. Helv.* 2006. 61. S. 13–20. <https://doi.org/10.5194/gh-61-13-2006>
- Jiang B.* Geospatial analysis requires a different way of thinking: the problem of spatial heterogeneity // *GeoJournal.* 2015. V. 80. № 1. P. 1–13.
- Pantić M.* Delineation of mountains and mountain areas in Europe – a planning approach // *Journ. of the Geographical Institute Jovan Cvijic SASA.* 2015. V. 65. № 1. P. 43–58. Doi: 10.2298/IJGI1501043P
- Potapov P., Hansen M.C., Pickens A., Hernandez-Serna A., Tyukavina A., Turubanova S., Zalles V., Li X., Khan A., Stolle F., Harris N., Song X., Baggett A., Kommareddy I., Kommareddy A.* The Global 2000–2020 Land Cover and Land Use Change Dataset Derived from the Landsat Archive: First Results // *Front. Remote Sensing.* 2022. № 3: 856903.
- Potapov P., Hansen M.C., Kommareddy I., Kommareddy A., Turubanova S., Pickens A., Adusei B., Tyukavina A., Ying Q.* Landsat Analysis Ready Data for Global Land Cover and Land Cover Change Mapping // *Remote Sensing.* 2020. № 12, P. 426. Doi: 10.3390/rs12030426
- Wulder M.A., Masek J.G., Cohen W.B., Loveland T.R., Woodcock C.E.* Opening the Archive: How Free Data Has Enabled the Science and Monitoring Promise of Landsat // *Remote Sensing Environ.* 2012. V. 122. P. 2–10. Doi: 10.1016/j.rse.2012.01.010