

УДК 911.52:528.94:004.9(470.6+479.24+55)

DOI: 10.46698/VNC.2026.44.20.001

Оригинальная статья

Геоинформационное среднемасштабное ландшафтное картографирование трансграничных бассейнов горных рек Прикаспийского региона Кавказа

З.В. Атаев[✉], И.А. Керимов[✉]

Грозненский государственный нефтяной технический университет
им. акад. М.Д. Миллионщикова, Россия, 364051, г. Грозный, пр. Х.А. Исаева, 100,
e-mail: zagir05@mail.ru, ibragim_kerimov@mail.ru

Статья поступила: 15.06.2026, доработана: 31.08.2026, принята к публикации: ...2026

Резюме: Актуальность работы. Трансграничные бассейны горных рек требуют единой пространственной основы, поскольку формирование стока, перенос вещества, опасные процессы и хозяйственное воздействие не совпадают с административными границами. Для Прикаспийского региона Кавказа и сопредельного североиранского сектора задача осложняется большой высотной амплитудой, ландшафтной контрастностью и неоднородностью исходных карт. **Цель исследования** – разработать геоинформационную основу среднемасштабного ландшафтного картографирования трансграничных бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Северного Ирана для межбассейнового сопоставления и геоэкологического мониторинга. **Методы.** Исследованы бассейны Сунжи, Сулака, Шура-озени, Уллучая, Самура, Гарачая, Атачая, Хераза и Горгана. Используются бассейновый, ландшафтный, сравнительно-географический и геоинформационный подходы; цифровые модели рельефа SRTM, Copernicus, ALOS и ASTER; снимки Sentinel-2 и Landsat-8/9; продукты MODIS; тематические карты и материалы полевых исследований 2024–2025 гг. Картографирование выполнено в рабочем масштабе 1:500 000 с последующей генерализацией. **Результаты.** Сформирована согласованная многослойная ГИС, объединяющая российский, азербайджанский и иранский секторы единой типологической легендой. Выделены два класса, шесть укрупненных групп и около 28 родов ландшафтов, охарактеризована их высотная и бассейновая организация. Определены основные зоны геоэкологической чувствительности: крутые склоны, предгорные узлы геосистемного напряжения, долино-пойменные и дельтовые комплексы, а также участки интенсивной антропогенной трансформации. Межбассейновое сопоставление показало, что наиболее полная вертикальная структура характерна для Сулака и Самура, тогда как малые бассейны отличаются более резкими переходами от горных к аридным равнинным комплексам. Достоверность выделения контуров обеспечена согласованием данных разного разрешения и полевой проверкой ключевых участков. Карты Самура и Кавказского сектора служат примерами регионального и бассейнового уровней представления результатов. **Практическая значимость.** Полученная основа пригодна для сопоставления бассейнов, уточнения полевых маршрутов, комплексной оценки природных рисков и регулярного мониторинга изменений земного покрова и водосборных геосистем.

Ключевые слова: ландшафтное картографирование, геоинформационные системы, трансграничные бассейны, горные реки, бассейновый подход, геоэкологический мониторинг, Северо-Восточный Кавказ, Прикаспийский регион Кавказа.

Благодарности: Работа выполнена в рамках крупного научного проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки» (соглашение № 075-15-2024-644).

Для цитирования: Атаев З.В., Керимов И.А. Геоинформационное среднемасштабное ландшафтное картографирование трансграничных бассейнов горных рек Прикаспийского региона Кавказа. *Геология и геофизика Юга России*. 2026. 16(3): DOI: 10.46698/VNC.2026.44.20.001

DOI: 10.46698/VNC.2026.44.20.001

Original paper

Geoinformation medium-scale landscape mapping of transboundary mountain-river basins in the Caspian region of the Caucasus

Z.V. Ataev , **I.A. Kerimov** 

Grozny State Oil Technical University named after acad. M.D. Millionshchikov,
100 H.A. Isaeva Ave., Grozny 364051, Russian Federation,
e-mail: zagir05@mail.ru, ibragim_kerimov@mail.ru

Received: 15.06.2026, revised: 31.08.2026, accepted:2026

Abstract: Relevance. Transboundary mountain-river basins require a unified spatial framework because runoff formation, material transport, hazardous processes and human impacts do not coincide with administrative boundaries. In the Caspian region of the Caucasus and the adjacent Northern Iranian sector, this task is complicated by large altitudinal gradients, strong landscape contrasts and heterogeneous source maps. **Aim.** To develop a geoinformation framework for medium-scale landscape mapping of transboundary mountain-river basins in the North-Eastern Caucasus, Azerbaijan and Northern Iran for inter-basin comparison and geoecological monitoring. **Methods.** The Sunzha, Sulak, Shura-Ozen, Ulluchay, Samur, Garachay, Atachay, Haraz and Gorgan basins were analysed using basin, landscape, comparative-geographical and geoinformation approaches. The source data included SRTM, Copernicus, ALOS and ASTER digital elevation models; Sentinel-2 and Landsat-8/9 imagery; MODIS products; thematic maps; and field materials collected in 2024-2025. Mapping was conducted at a working scale of 1:500,000 followed by cartographic generalization. **Results.** A harmonized multilayer GIS was created for the Russian, Azerbaijani and Iranian sectors using a common typological legend. Two landscape classes, six generalized groups and about 28 landscape genera were identified, and their altitudinal and basin organization was characterized. The main areas of geoecological sensitivity are steep slopes, foothill nodes of geosystem stress, valley-floodplain and deltaic complexes, and territories undergoing intensive anthropogenic transformation. Inter-basin comparison showed the fullest vertical structure in the Sulak and Samur basins, whereas smaller basins display sharper mountain-to-arid-plain transitions. **Practical significance.** The resulting framework can be used for basin comparison, refinement of field routes, natural-risk assessment and regular monitoring of land-cover and catchment-geosystem changes.

Keywords: landscape mapping, geoinformation systems, transboundary basins, mountain rivers, basin approach, geoecological monitoring, North-Eastern Caucasus, Caspian region of the Caucasus.

Acknowledgements: *The work was carried out within the framework of the major scientific project "Dynamics of the geoecological state of the mountain river basins of the North-Eastern Caucasus, Azerbaijan and Iran under climate change and increasing anthropogenic pressure" (Agreement No. 075-15-2024-644).*

For citation: Ataev Z.V., Kerimov I.A. Geoinformation medium-scale landscape mapping of transboundary mountain-river basins in the Caspian region of the Caucasus. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2026. 16(3): DOI: 10.46698/VNC.2026.44.20.001

Введение

Горные речные бассейны представляют собой целостные природные системы, в которых рельеф, климат, сток, почвенно-растительный покров и природопользование связаны потоками воды, вещества и энергии [Хортон, 1948; Солнцев, 1949; Исаченко, 1991]. Бассейновая организация особенно значима для трансграничных территорий: процессы, возникающие в верхних и средних звеньях водосбора, проявляются ниже

по течению и могут выходить за государственные границы [Дёмин, Шаталова, 2015; Dadparvar et al., 2025].

В Прикаспийском регионе Кавказа и на северных склонах Эльбурса климатическая изменчивость сочетается с ростом селитебной, аграрной, транспортной и водохозяйственной нагрузки. Учащение экстремальных осадков и засухливых периодов, сокращение оледенения, изменение землепользования и современная регрессия Каспийского моря усиливают различия между зонами формирования, транзита и аккумуляции стока [Winkler et al., 2021; Росгидромет..., 2022; Tielidze et al., 2022; Samant, Prange, 2023].

Существующие карты обычно создавались для отдельных государств или административных регионов и различаются масштабом, классификационной основой и степенью генерализации. Это ограничивает сопоставление бассейнов и организацию согласованного мониторинга. Современные цифровые модели рельефа, многолетние ряды спутниковых данных и ГИС позволяют объединить разнородные материалы в единой пространственной системе [Лурье, 2008; Zhang et al., 2022, 2024].

Цель работы – разработать геоинформационную основу среднемасштабного ландшафтного картографирования трансграничных бассейнов горных рек Прикаспийского региона Кавказа, включая сопредельный североиранский сектор, и определить возможности ее использования для геоэкологического анализа. Новизна состоит в применении общей бассейново-ландшафтной схемы и единой типологической легенды к девяти водосборам трех стран.

Район исследования

Исследование охватывает бассейны Сунжи, Сулака, Шура-озени, Уллучая, Самура, Гарачая, Атачая, Хераза и Горгана, образующие пространственную последовательность с северо-запада на юго-восток. Она включает крупные горно-предгорные системы Северо-Восточного Кавказа, малые и средние водосборы Восточного Кавказа, трансграничный бассейн Самура и североиранские бассейны склонов Эльбурса. Высотный диапазон объединяет нивально-гляциальные, субальпийские, горно-луговые, лесные, степные, предгорные, полупустынные, пойменные и дельтовые комплексы [Федина, 1972; Беручашвили, 1980].

Российский сектор представлен бассейнами Сунжи, Сулака, Шура-озени, Уллучая и Самура. Сунжа отличается высокой селитебной и транспортной нагрузкой; Сулак – наибольшей полнотой высотной поясности и развитым водохозяйственным регулированием; Шура-озень и Уллучай – быстрым переходом от горных к аридным приморским комплексам; Самур – трансграничной горно-долинной структурой и чувствительной дельтово-пойменной зоной [Гюль и др., 1961; Абдулаев и др., 2011; Братков, Атаев, 2017].

Гарачай и Атачай отражают ландшафтную контрастность северо-восточного склона Большого Кавказа, где аграрное освоение и нарушение склонов повышают экогеоморфологические риски [Будагов, 1988; Кучинская, 2011; Ализаде, Тарихазер, 2015]. Хераз и Горган характеризуют североиранский сектор: здесь влажные каспийские и горно-лесные комплексы соседствуют с интенсивно используемыми предгорьями и равнинами [Emlaei et al., 2022; Yaghoobi et al., 2024]. Такой набор объектов обеспечивает сопоставление водосборов, различающихся площадью, высотной амплитудой, водностью и типом природопользования.

Материалы и методы

Методическая схема объединяет бассейновый, ландшафтный, сравнительно-географический и геоинформационный подходы. Речной бассейн принят основной единицей анализа, а ландшафтная структура – средством интерпретации связей между зонами формирования, транзита и аккумуляции стока [Хортон, 1948; Исаченко, 1991].

Картографирование выполнялось в рабочем масштабе 1:500 000. Морфометрическая основа формировалась по SRTM DEM 30 м, Copernicus DEM 30/90 м, ALOS и ASTER GDEM; границы водосборов проверялись по топографическим картам и гидрографической сети [Tabunshchik et al., 2023]. Ландшафтные контуры уточнялись по Sentinel-2 MSI (10–20 м), Landsat-8/9 OLI/TIRS (30 м), продуктам MODIS, тематическим картам и полевым наблюдениям 2024–2025 гг. (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

**Исходные пространственные данные и направления их использования /
Source spatial data and their uses**

Группа данных / Data group	Материалы / Source materials	Назначение / Use
Цифровые модели рельефа / <i>Digital elevation models</i>	SRTM DEM 30 m; Copernicus DEM 30/90 m; ALOS; ASTER GDEM	Границы водосборов, высоты, уклоны, экспозиция и расчлененность / <i>Watershed boundaries, elevation, slope, aspect and dissection</i>
Мультиспектральные снимки / <i>Multispectral imagery</i>	Sentinel-2 MSI 10–20 m; Landsat-8/9 OLI/TIRS 30 m	Дешифрирование контуров, растительности, землепользования и нарушений / <i>Interpretation of landscape units, vegetation, land use and disturbances</i>
Сезонные спутниковые продукты / <i>Seasonal satellite products</i>	MODIS NDVI/EVI; MODIS Snow Cover	Сезонная динамика растительности и снежного покрова / <i>Seasonal dynamics of vegetation and snow cover</i>
Топографические и тематические карты / <i>Topographic and thematic maps</i>	Гидрография; геологические, почвенные, геоботанические и ландшафтные карты / <i>Hydrography; geological, soil, geobotanical and landscape maps</i>	Уточнение сети и формирование типологической легенды / <i>Network refinement and development of the typological legend</i>
Полевые данные и землепользование / <i>Field and land-use data</i>	Маршруты, фациальные описания, фотографии, ООПТ, дороги, карьеры / <i>Routes, facies descriptions, photographs, protected areas, roads and quarries</i>	Верификация контуров и оценка антропогенной трансформации / <i>Unit verification and assessment of anthropogenic transformation</i>
Программная среда / <i>Software environment</i>	ArcGIS Pro; QGIS; Google Earth Pro; SAGA GIS; GRASS GIS; Python/GDAL	Морфометрия, векторизация, пространственный анализ и оформление / <i>Morphometry, vectorization, spatial analysis and cartographic design</i>

Обработка выполнена в ArcGIS Pro, QGIS, Google Earth Pro, SAGA GIS и GRASS GIS; для растровых и векторных операций использованы GDAL, Rasterio, GeoPandas и NumPy. Рабочая последовательность включала формирование общей базы, выделение водосборов, морфометрический анализ, дешифрирование, классификацию, векторизацию, полевую верификацию, геоэкологическую интерпретацию и генерализацию.

Классификация строилась по иерархии «класс – тип – подтип – род – контур». Для публикационного уровня выделены два класса: равнинные и предгорно-холмистые, а также горные; шесть укрупненных групп, около 28 родов и ориентировочно 650 контуров. Основными диагностическими признаками служили высота, морфология и литология рельефа, увлажнение, почвенно-растительный покров, положение в бассейне и степень антропогенной трансформации [Беручашвили, 1980; Атаев, 2025]. Региональная основа показана на рисунке 1; детальные слои подтипов и родов сохранены в ГИС.

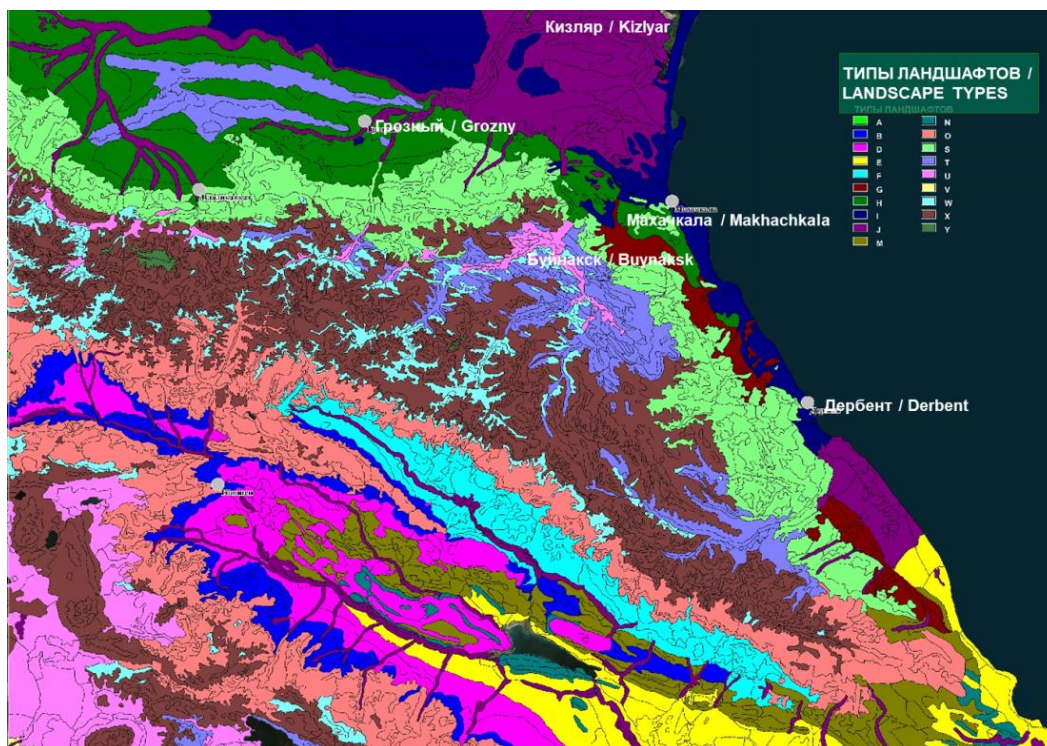


Рис. 1. Ландшафтная карта Кавказского сектора исследуемого региона (типы ландшафтов) /

Fig. 1. Landscape map of the Caucasian sector of the study region (landscape types)

Составлена по материалам авторского картографирования, цифровым моделям рельефа, данным ДЗЗ и полевым исследованиям 2024–2025 гг. /

Compiled from original mapping, digital elevation models, remote sensing data and field studies of 2024–2025.

Условные обозначения (типы ландшафтов) / Legend (landscape types)

I. Равнинные и предгорно-холмистые ландшафты / Plain and foothill-hilly landscapes

A. Равнинные и предгорно-холмистые субтропические гумидные / Plain and foothill-hilly subtropical humid;

B. Равнинные и холмистые субсредиземноморские семигумидные / Plain and hilly sub-Mediterranean semi-humid;

D. Равнинные и холмистые субтропические семиаридные / Plain and hilly subtropical semi-arid;

E. Равнинные и холмистые субтропические аридные / Plain and hilly subtropical arid;

F. Равнинные теплоумеренные семигумидные / Plain warm-temperate semi-humid;

G. Равнинные и холмистые теплоумеренные и умеренные семигумидные и семиаридные / Plain and hilly warm-temperate and temperate semi-humid and semi-arid;

H. Равнинные и холмистые теплоумеренные и умеренные семиаридные / Plain and hilly warm-temperate and temperate semi-arid;

II. Равнинные умеренные аридные / Plain temperate arid;

J. Гидроморфные и субгидроморфные / Hydromorphic and subhydromorphic.

III. Горные ландшафты / Mountain landscapes

M. Горные субтропические семиаридные / Mountain subtropical semi-arid;

N. Горные субтропические аридные / Mountain subtropical arid;

O. Горные теплоумеренные гумидные / Mountain warm-temperate humid;

S. Горные умеренные гумидные / Mountain temperate humid;

T. Горные умеренные семигумидные / Mountain temperate semi-humid;

U. Горные умеренные семиаридные / Mountain temperate semi-arid;

V. Горные умеренные аридные / Mountain temperate arid;

W. Горные холодноумеренные / Mountain cold-temperate;

X. Высокогорные луговые / High-mountain meadow;

Y. Гляциально-нивальные / Glacial-nival.

Подписи на карте / Map labels: Грозный / Grozny; Кизляр / Kizlyar; Махачкала / Makhachkala; Буйнакск / Buynaksk; Дербент / Derbent.

Для каждого ландшафтного контура в атрибутивной таблице фиксировались положение в бассейне, диапазон абсолютных высот, преобладающие уклоны и экспозиции, морфологический тип рельефа, литологическая основа, условия увлажнения, растительный покров, современное землепользование и признаки нарушения. Единый набор полей применялся во всех национальных секторах, что исключало несопоставимость легенд и позволяло выполнять одинаковые пространственные запросы для разных бассейнов [Лурье, 2008].

Генерализация включала согласование береговой линии и гидрографии, устранение топологических ошибок, объединение мелких смежных полигонов одного типа и сохранение контуров, имеющих функциональное значение для стока или природных рисков. Особое внимание уделялось переходам «горы – предгорья – равнина», поймам и дельтам: чрезмерное сглаживание этих границ снижало бы аналитическую ценность карты. Согласованность проверялась сопоставлением DEM, разновременных спутниковых изображений, тематических карт и авторских материалов [Tabunshchik et al., 2023; Zhang et al., 2024].

Полевые маршруты использовались для проверки границ контрастных комплексов, уточнения состава растительности и распознавания антропогенных нарушений, которые недостаточно надежно определяются по одному спектральному признаку. Геоэкологическая интерпретация проводилась путем совмещения ландшафтного слоя с уклонами, гидрографией, землепользованием, дорожной сетью, населенными пунктами и карьерами. Участки повышенной чувствительности выделялись при совпадении природной неустойчивости и интенсивного хозяйственного воздействия; количественная балльная оценка не применялась.

Результаты и обсуждение

Геоинформационная структура и бассейновая организация

Сформирована многослойная геоинформационная модель, включающая орографический, гидрографический, морфометрический, ландшафтный, климатический, антропогенный и геоэкологический блоки. Единая система координат, масштаб и типологическая легенда обеспечивают сопоставимость российского, азербайджанского и иранского секторов. Карта используется не только как инвентаризационный материал, но и как аналитическая основа для выявления функциональных связей и зон напряжения.

Бассейновая модель показала закономерную продольную дифференциацию: верхние части водосборов формируют основную долю стока и отличаются высокой энергией рельефа; средние выполняют транзитную функцию; нижние связаны с расширением долин, аккумуляцией наносов и ростом хозяйственной нагрузки. В бассейне Самура эта связь дополнена трансграничным водопользованием и изменениями дельты, в бассейне Сунжи – высокой концентрацией поселений и инфраструктуры [Дёмин, Шаталова, 2015; Court et al., 2025].

Высотная и типологическая дифференциация

Высотная поясность образует главный природный каркас исследуемых бассейнов. Высокогорья представлены гляциально-нивальными, скально-осыпными, альпийскими и субальпийскими комплексами; среднегорья – лесными, луговыми, степными и кустарниковыми; низкогорья и предгорья выполняют переходную функцию; поймы, равнины и дельты аккумулируют природные и антропогенные воздействия [Абдулаев и др., 2011; Tielidze et al., 2022]. Обобщенная схема приведена в таблице 2.

Таблица 2 / Table 2

**Обобщенная ландшафтная классификация и геоэкологическая чувствительность /
Generalized landscape classification and geoecological sensitivity**

Группа ландшафтов / Landscape group	Характерные комплексы / Representative complexes	Ведущая чувствительность / Main sensitivity
Высокогорные / <i>High-mountain</i>	Гляциально-нивальные, скально-осыпные, альпийские и субальпийские / <i>Glacial-nival, rocky-scrree, alpine and subalpine</i>	Формирование стока; климатическая, селевая и лавинная чувствительность / <i>Runoff formation; climatic, debris-flow and avalanche sensitivity</i>
Среднегорные / <i>Middle-mountain</i>	Лесные, луговые, степные, кустарниковые и редколесные / <i>Forest, meadow, steppe, shrub and open-forest</i>	Эрозия, оползни, пастбищная и лесохозяйственная нагрузка / <i>Erosion, landslides, grazing and forestry pressure</i>
Низкогорные и предгорные / <i>Low-mountain and foothill</i>	Лесостепные, степные, лугостепные, шибляковые и аграрные / <i>Forest-steppe, steppe, meadow-steppe, shiblyak and agricultural</i>	Узлы концентрации стока, расселения и хозяйственного освоения / <i>Nodes of runoff, settlement and economic-development concentration</i>
Долинные и пойменные / <i>Valley and floodplain</i>	Русла, поймы, террасы, галечники и тугайные участки / <i>Channels, floodplains, terraces, gravel bars and tugai areas</i>	Зависимость от паводков, русловой динамики и водозабора / <i>Dependence on floods, channel dynamics and water abstraction</i>
Равнинные и дельтовые / <i>Plain and deltaic</i>	Полупустынные, приморские, лугово-болотные, песчано-дюнные / <i>Semi-desert, coastal, meadow-wetland and sandy-dune</i>	Аридизация, засоление, дефляция и изменение уровня Каспия / <i>Aridization, salinization, deflation and Caspian Sea-level change</i>
Антропогенно преобразованные / <i>Anthropogenically transformed</i>	Города, сельхозугодья, дороги, карьеры и регулируемые водные объекты / <i>Urban areas, farmland, roads, quarries and regulated water bodies</i>	Фрагментация, загрязнение и утрата естественной структуры / <i>Fragmentation, pollution and loss of natural structure</i>

Наиболее полная вертикальная последовательность установлена для Сулака и Самура. В бассейнах Шура-озени, Гарачая и Атачая меньшая площадь сочетается с резкими переходами от горных и предгорных комплексов к аридным равнинам. Хераз и Горган отличаются сочетанием влажных южнокаспийских и горно-лесных ландшафтов с интенсивно освоенными предгорьями [Emlaei et al., 2022; Yaghoobi et al., 2024].

Картографический результат и геоэкологическая чувствительность

Сопоставление ландшафтной структуры, рельефа и землепользования позволило выделить пять типов чувствительных территорий. Крутые среднегорные и низкогорные склоны подвержены эрозионным, оползневым, обвально-осыпным и селевым процессам; предгорья выступают узлами концентрации стока и хозяйственной нагрузки; долинно-пойменные комплексы зависят от водности и русловой динамики; равнинно-дельтовые территории уязвимы к изменению водного баланса, засолению и регрессии Каспия; урбанизированные, аграрные, карьерные и транспортные участки характеризуются наибольшей антропогенной трансформацией [Ализаде, Тарихазер, 2015; Росгидромет..., 2022; Samant, Prange, 2023].

Карта бассейна реки Самур (рис. 2) демонстрирует применение общей методики к крупной трансграничной системе: от высокогорных зон формирования стока через среднегорные и долинные комплексы к дельтово-пойменному звену. Она связывает типологическое картографирование с оценкой водопользования, русловых процессов и современной трансформации прибрежных экосистем.

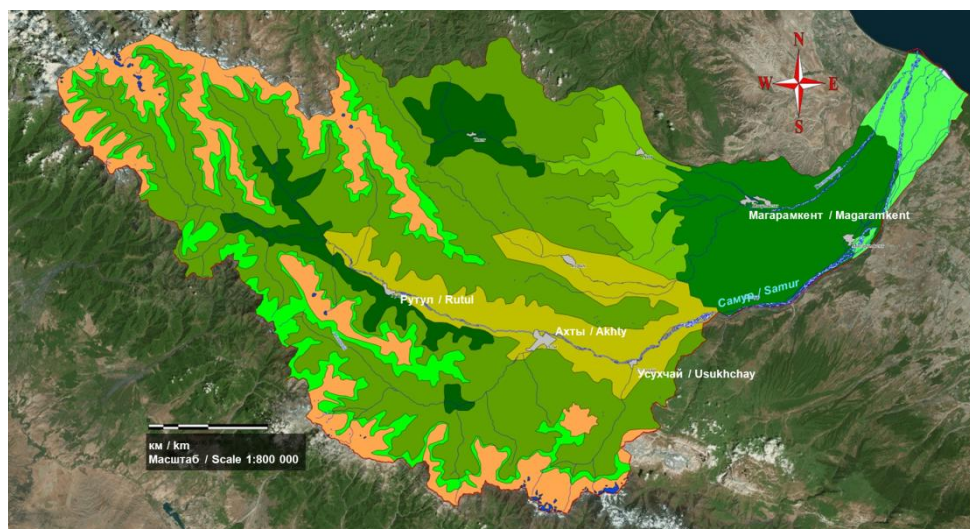


Рис. 2. Ландшафтное разнообразие бассейна реки Самур /
Fig. 2. Landscape diversity of the Samur River basin

Условные обозначения / Legend

Подтипы ландшафтов / Subtypes of landscapes

- Дельтовые и пойменные / Deltaic and floodplain
- Нижнегорно-лесные / Lower-mountain forest
- Среднегорно-лесные / Middle-mountain forest
- Среднегорные луговые, степные, шибляковые и фригановые / Middle-mountain meadow, steppe, shiblyak and phrygana
- Верхнегорные сосновые и берзовые лесные / Upper-mountain pine and birch forest
- Высокогорные субальпийские лесо-кустарниково-луговые / High-mountain subalpine forest-shrub-meadow
- Высокогорные альпийские кустарниково-луговые / High-mountain alpine shrub-meadow
- Высокогорные субнивальные / High-mountain subnival
- Гляциально-нивальные / Glacial-nival

Подписи на карте / Map labels: Самур / Samur; Рутул / Rutul; Ахты / Akhty; Усукчай / Usukhchay; Магарамкент / Magaramkent.

Значение для мониторинга

Практическое значение составленной геоинформационной базы заключается в возможности регулярно обновлять спутниковые слои и отслеживать динамику растительности, снежного покрова, нарушенных земель, пойменных и дельтовых экосистем. Продукты глобального мониторинга земного покрова расширяют временной ряд и позволяют унифицировать контроль изменений в разных странах [Zhang et al., 2022, 2024].

Методическое преимущество подхода состоит в замене административной рамки естественными границами водосбора и в сохранении сопоставимой иерархии ландшафтных единиц. Это создает основу для межбассейнового анализа, выбора ключевых участков полевых наблюдений и последующих тематических оценок природных рисков и устойчивости природно-хозяйственных систем.

Заключение

Выполненное исследование позволило разработать геоинформационную основу среднемасштабного ландшафтного картографирования трансграничных бассейнов горных рек кавказского и североиранского секторов Прикаспийского региона. Полученные результаты подтверждают высокую эффективность сочетания бассейнового, ландшафтного и геоинформационного подходов при изучении сложных горно-предгорно-равнинных систем, находящихся в условиях климатической изменчивости и возрастающей антропогенной нагрузки.

Выводы по проведенному исследованию сводятся к следующему.

1. Разработана единая геоинформационная основа среднемасштабного ландшафтного картографирования девяти бассейнов Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Северного Ирана. Общие масштаб, система координат и типологическая легенда обеспечивают межбассейновое и трансграничное сопоставление.

2. Подтверждено, что естественные границы водосбора корректнее административных рубежей отражают функциональные связи между зонами формирования, транзита и аккумуляции стока.

3. Высотная поясность определяет основной каркас ландшафтной организации. На публикационном уровне выделены два класса, шесть укрупненных групп и около 28 родов ландшафтов; наиболее полная вертикальная последовательность свойственна бассейнам Сулака и Самура.

4. К зонам повышенной геоэкологической чувствительности отнесены крутые склоны, предгорные узлы геосистемного напряжения, долинно-пойменные и дельтовые комплексы, а также территории интенсивной антропогенной трансформации.

5. Созданная ГИС пригодна для регулярного мониторинга изменений земного покрова, уточнения полевых маршрутов, оценки природных рисков и подготовки согласованных мер управления трансграничными водосборными территориями.

Литература

1. Абдулаев К.А., Атаев З.В., Братков В.В. Современные ландшафты Горного Дагестана. – Махачкала: ДГПУ, 2011. – 116 с.
2. Ализаде Э.К., Тарихазер С.А. Экогеоморфологическая опасность и риск на Большом Кавказе: в пределах Азербайджана. – М.: МАКС-Пресс, 2015. – 208 с.
3. Атаев З.В. Теоретико-методологические основы и региональные особенности выделения предгорных ландшафтов как самостоятельных геосистем // Геология и геофизика Юга России. – 2025. – Т. 15. № 4. – С. 151–168. DOI: 10.46698/o0195-2486-7930-v.
4. Беручашвили Н.Л. Объяснительная записка к Ландшафтной карте Кавказа. – Тбилиси: Изд-во ТГУ, 1980. – 54 с.
5. Братков В.В., Атаев З.В. Оценка влияния современных климатических условий на природно-территориальные комплексы Северо-Восточного Кавказа (по материалам дистанционного зондирования Земли) // Мониторинг. Наука и технологии. – 2017. – № 2(31). – С. 6–14.
6. Будагов Б.А. Современные естественные ландшафты Азербайджана. – Баку: Элм, 1988. – 134 с.
7. Гюль К.К., Власова С.В., Кисин И.М., Тертеров А.А. Реки Дагестанской АССР. – Махачкала: Дагкнигоиздат, 1961. – 370 с.
8. Дёмин А.П., Шаталова К.Ю. Принципы и практика распределения водных ресурсов трансграничных рек России // География и природные ресурсы. – 2015. – № 1. – С. 22–29.
9. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. – М.: Высшая школа, 1991. – 366 с.
10. Кучинская И.Я. Ландшафтно-экологическая дифференциация горных геосистем: на примере северного склона Юго-Восточного Кавказа. – Баку: Victory, 2011. – 195 с.
11. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков. – М.: КДУ, 2008. – 424 с.
12. Росгидромет. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2022. – 124 с.
13. Солнцев Н.А. О морфологии природного географического ландшафта // Вопросы географии. – 1949. – Сб. 16. – С. 61–86.
14. Федина А.Е. Физико-географическое районирование восточной части северного склона Большого Кавказа // Ландшафтное картографирование и физико-географическое районирование горных областей. – М.: Изд-во МГУ, 1972. – С. 5–96.
15. Хортон Р.Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов: гидрофизический подход к количественной морфологии / пер. с англ. Д.Л. Арманда, В.А. Троицкого; под ред. М.А. Великанова. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1948. – 158 с.

16. Court R., Lattuada M., Shumeyko N., Baimukanov M., Eybatov T., Kaidarova A., Mamedov E.V., Rustamov E., Tasmagambetova A., Prange M., Wilke T., Hassall C., Goodman S.J. Rapid decline of Caspian Sea level threatens ecosystem integrity, biodiversity protection, and human infrastructure // *Communications Earth and Environment*. – 2025. – Vol. 6. – Art. No. 261. DOI: 10.1038/s43247-025-02212-5.
17. Dadparvar S., Mianabadi A., Mianabadi H., Amoghin S.N., Anvari S. Assessment of drought trends in the Aras River Basin: Spatiotemporal changes and implications for transboundary water management // *Journal of Hydrology: Regional Studies*. – 2025. – Vol. 61. – Art. No. 102761. DOI: 10.1016/j.ejrh.2025.102761.
18. Emlaei Z., Pourebrahim S., Heidari H., Lee K.E. The impact of climate change as well as land-use and land-cover changes on water yield services in Haraz Basin // *Sustainability*. – 2022. – Vol. 14. No. 13. – Art. No. 7578. DOI: 10.3390/su14137578.
19. Samant R., Prange M. Climate-driven 21st century Caspian Sea level decline estimated from CMIP6 projections // *Communications Earth and Environment*. – 2023. – Vol. 4. – Art. No. 357. DOI: 10.1038/s43247-023-01017-8.
20. Tabunshchik V., Gorbunov R., Gorbunova T., Pham C.N., Klyuchkina A. Identification of river basins within northwestern slope of Crimean Mountains using various digital elevation models (ASTER GDEM, ALOS World 3D, Copernicus DEM, and SRTM DEM) // *Frontiers in Earth Science*. – 2023. – Vol. 11. – Art. No. 1218823. DOI: 10.3389/feart.2023.1218823.
21. Tielidze L.G., Nosenko G.A., Khromova T.E., Paul F. Strong acceleration of glacier area loss in the Greater Caucasus between 2000 and 2020 // *The Cryosphere*. – 2022. – Vol. 16. – pp. 489–504. DOI: 10.5194/tc-16-489-2022.
22. Winkler K., Fuchs R., Rounsevell M., Herold M. Global land use changes are four times greater than previously estimated // *Nature Communications*. – 2021. – Vol. 12. – Art. No. 2501. DOI: 10.1038/s41467-021-22702-2.
23. Yaghoobi M., Fathi A., Fazli S. et al. Impact of land use dynamics on the water yields in the Gorgan River basin // *Heliyon*. – 2024. – Vol. 10. No. 16. – Art. No. e35674. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e35674.
24. Zhang X., Liu L., Zhao T., Gao Y., Chen X., Mi J. GISD30: global 30 m impervious-surface dynamic dataset from 1985 to 2020 using time-series Landsat imagery on the Google Earth Engine platform // *Earth System Science Data*. – 2022. – Vol. 14. – pp. 1831–1856. DOI: 10.5194/essd-14-1831-2022.
25. Zhang X., Zhao T., Xu H., Liu W., Wang J., Chen X., Liu L. GLC_FCS30D: the first global 30 m land-cover dynamics monitoring product with a fine classification system for the period from 1985 to 2022 generated using dense-time-series Landsat imagery and the continuous change-detection method // *Earth System Science Data*. – 2024. – Vol. 16. – pp. 1353–1381. DOI: 10.5194/essd-16-1353-2024.

References

1. Abdulaev K.A., Ataev Z.V., Bratkov V.V. Modern landscapes of Mountain Dagestan. Makhachkala. DSPU. 2011. 116 p. (In Russ.)
2. Alizade E.K., Tarikhazer S.A. Ecogeomorphological hazard and risk in the Greater Caucasus: within Azerbaijan. Moscow. MAKS Press. 2015. 208 p. (In Russ.)
3. Ataev Z.V. Theoretical and methodological foundations and regional features of delineating foothill landscapes as independent geosystems. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2025. Vol. 15. No. 4. pp. 151–168. DOI: 10.46698/o0195-2486-7930-v. (In Russ.)
4. Beruchashvili N.L. Explanatory note to the Landscape Map of the Caucasus. Tbilisi. TSU Publishing House. 1980. 54 p. (In Russ.)
5. Bratkov V.V., Ataev Z.V. Assessment of the influence of modern climatic conditions on natural-territorial complexes of the North-Eastern Caucasus (based on remote sensing data). *Monitoring. Science and Technologies*. 2017. No. 2(31). pp. 6–14. (In Russ.)
6. Budagov B.A. Modern natural landscapes of Azerbaijan. Baku. Elm. 1988. 134 p. (In Russ.)
7. Gyul K.K., Vlasova S.V., Kisin I.M., Terterov A.A. Rivers of the Dagestan ASSR. Makhachkala. Dagknigoizdat. 1961. 370 p. (In Russ.)
8. Demin A.P., Shatalova K. Yu. Principles and practice of water resource allocation in transboundary rivers of Russia. *Geography and Natural Resources*. 2015. No. 1. pp. 22–29. (In Russ.)

9. Isachenko A.G. Landscape science and physico-geographical zoning. Moscow. Vysshaya Shkola. 1991. 366 p. (In Russ.)
10. Kuchinskaya I.Ya. Landscape-ecological differentiation of mountain geosystems: on the example of the northern slope of the South-Eastern Caucasus. Baku. Victory. 2011. 195 p. (In Russ.)
11. Lurie I.K. Geoinformation mapping. Methods of geoinformatics and digital processing of satellite images. Moscow. KDU. 2008. 424 p. (In Russ.)
12. Roshydromet. Third assessment report on climate change and its consequences in the Russian Federation. General summary. St. Petersburg. Naukoemkie Tekhnologii. 2022. 124 p. (In Russ.)
13. Solntsev N.A. On the morphology of natural geographical landscape. Problems of Geography. 1949. Vol. 16. pp. 61–86. (In Russ.)
14. Fedina A.E. Physical-geographical zoning of the eastern part of the northern slope of the Greater Caucasus. Landscape mapping and physical-geographical zoning of mountain regions. Moscow. MSU Publishing House. 1972. pp. 5–96. (In Russ.)
15. Horton R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Translated from English by D.L. Armand and V.A. Troitsky; M.A. Velikanov, ed. Moscow. Foreign Literature Publishing House. 1948. 158 p. (In Russ.)
16. Court R., Lattuada M., Shumeyko N., Baimukanov M., Eybatov T., Kaidarova A., Mamedov E.V., Rustamov E., Tasmagambetova A., Prange M., Wilke T., Hassall C., Goodman S.J. Rapid decline of Caspian Sea level threatens ecosystem integrity, biodiversity protection, and human infrastructure. Communications Earth and Environment. 2025. Vol. 6. Art. No. 261. DOI: 10.1038/s43247-025-02212-5.
17. Dadparvar S., Mianabadi A., Mianabadi H., Amoghin S.N., Anvari S. Assessment of drought trends in the Aras River Basin: Spatiotemporal changes and implications for transboundary water management. Journal of Hydrology: Regional Studies. 2025. Vol. 61. Art. No. 102761. DOI: 10.1016/j.ejrh.2025.102761.
18. Emlaei Z., Pourebrahim S., Heidari H., Lee K.E. The impact of climate change as well as land-use and land-cover changes on water yield services in Haraz Basin. Sustainability. 2022. Vol. 14. No. 13. Art. No. 7578. DOI: 10.3390/su14137578.
19. Samant R., Prange M. Climate-driven 21st century Caspian Sea level decline estimated from CMIP6 projections. Communications Earth and Environment. 2023. Vol. 4. Art. No. 357. DOI: 10.1038/s43247-023-01017-8.
20. Tabunshchik V., Gorbunov R., Gorbunova T., Pham C.N., Klyuchkina A. Identification of river basins within northwestern slope of Crimean Mountains using various digital elevation models (ASTER GDEM, ALOS World 3D, Copernicus DEM, and SRTM DEM). Frontiers in Earth Science. 2023. Vol. 11. Art. No. 1218823. DOI: 10.3389/feart.2023.1218823.
21. Tielidze L.G., Nosenko G.A., Khromova T.E., Paul F. Strong acceleration of glacier area loss in the Greater Caucasus between 2000 and 2020. The Cryosphere. 2022. Vol. 16. pp. 489–504. DOI: 10.5194/tc-16-489-2022.
22. Winkler K., Fuchs R., Rounsevell M., Herold M. Global land use changes are four times greater than previously estimated. Nature Communications. 2021. Vol. 12. Art. No. 2501. DOI: 10.1038/s41467-021-22702-2.
23. Yaghoobi M., Fathi A., Fazli S. et al. Impact of land use dynamics on the water yields in the Gorgan River basin. Heliyon. 2024. Vol. 10. No. 16. Art. No. e35674. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e35674.
24. Zhang X., Liu L., Zhao T., Gao Y., Chen X., Mi J. GISD30: global 30 m impervious-surface dynamic dataset from 1985 to 2020 using time-series Landsat imagery on the Google Earth Engine platform. Earth System Science Data. 2022. Vol. 14. pp. 1831–1856. DOI: 10.5194/essd-14-1831-2022.
25. Zhang X., Zhao T., Xu H., Liu W., Wang J., Chen X., Liu L. GLC_FCS30D: the first global 30 m land-cover dynamics monitoring product with a fine classification system for the period from 1985 to 2022 generated using dense-time-series Landsat imagery and the continuous change-detection method. Earth System Science Data. 2024. Vol. 16. pp. 1353–1381. DOI: 10.5194/essd-16-1353-2024.