

УДК 332.528.5, 9:630.58  
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-3-331-342

## Картографирование климатогенной динамики ландшафтов Северо-Западного Прикаспия на основе данных дистанционного зондирования Земли

<sup>1,2</sup>Братков В.В., <sup>1</sup>Керимов И.А., <sup>3</sup>Волчкова В.В., <sup>1</sup>Бекмурзаева Л.Р.

<sup>1</sup>Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова,  
Россия, 364024, Чеченская Республика, г. Грозный, пр. А.Г. Авторханова, 100

<sup>2</sup>Московский государственный университет геодезии и картографии,  
Россия, 105064, Москва, Гороховский пер., 4

<sup>3</sup>НПЦ «Развитие города»,  
Россия, 129090, г. Москва, Пр-т Мира, 19

E-mail: vbratkov@mail.ru

**Аннотация.** В статье показаны возможности использования данных дистанционного зондирования Земли при картографировании динамики ландшафтов. Применение данных дистанционного зондирования при изучении ландшафтов – один из методов ландшафтных исследований, связанный с разработкой ландшафтной карты. Этот метод позволяет определить состояние и изменения в ландшафте и его компонентах. Целью настоящего исследования является картографирование динамики ландшафтов Северо-Западного Прикаспия за 1986–2015 гг. на основе данных дистанционного зондирования Земли. Авторы в работе опирались на системный картографический подход, ГИС-технологии и методы цифровой обработки космических снимков, а также статистический и сравнительный анализы. Исходные снимки обрабатывались с помощью программного пакета *ENVI*. Результатом исследования явилась разработка алгоритма составления тематических карт на основе данных дистанционного зондирования, были составлены тематические карты, отражающие климатогенную динамику полупустынных ландшафтов Северо-Западного Прикаспия. Выявлено, что в контрольные отрезки времени площадь, занятая различными типами растительности, менялась из-за изменения условия тепло- и влагообеспечения территории. На основе спектральных/вегетационных индексов *NDVI* и *SAVI* в пределах тестового полигона были проанализированы площади, занимаемые различными растительными природно-территориальными комплексами в период с 1986 по 2015 г. За исследуемый период отмечено увеличение площади песков, скудной и разряженной кустарниковой растительности, а также густой и относительно мощной растительности за счет сокращения площади «открытой» почвы.

**Ключевые слова:** ландшафтная карта, климатические изменения, вегетационные индексы, дистанционное зондирование Земли, Северо-Западный Прикаспий

**Благодарности:** работа выполнена в рамках госзадания ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова FZNU-2021-0002 «Оценка изменчивости агроклиматических условий Северного Кавказа в связи с глобальными изменениями климата».

**Для цитирования:** Братков В.В., Керимов И.А., Волчкова В.В., Бекмурзаева Л.Р. 2023. Картографирование климатогенной динамики ландшафтов Северо-Западного Прикаспия на основе данных дистанционного зондирования Земли. Региональные геосистемы, 47(3): 331–342. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-3-331-342



## Mapping the Climatogenic Dynamics Landscapes of the North-Western Caspian Region Based on Remote Sensing Data

<sup>1,2</sup>Vitaly V. Bratkov, <sup>1</sup>Ibragim A. Kerimov, <sup>3</sup>Veronika V. Volchkova, <sup>1</sup>Luiza R. Bekmurzaeva

<sup>1</sup>Grozny State Oil Technical University named after academician M.D. Millionshchikova  
100 A.G. Avtorkhanova Av., Grozny, Chechen Republic, 364024, Russia

<sup>2</sup>Moscow State University of Geodesy and Cartography  
4 Gorokhovskiy lane, Moscow, 105064, Russia

<sup>3</sup>NPC "City Development"  
19 Mira Avenue, Moscow, 129090, Russia  
E-mail: vbratkov@mail.ru

**Abstract.** The article shows the possibilities of using Earth remote sensing data for mapping landscape dynamics. The use of remote sensing data in the study of landscapes is one of the methods of landscape research associated with the development of a landscape map. This method allows you to determine the state and changes in the landscape and its components. The purpose of this study is to map the landscape dynamics of the North-Western Caspian region for 1986–2015 based on Earth remote sensing data. The authors in the work relied on a systematic cartographic approach, GIS technologies and methods for digital processing of space images, as well as statistical and comparative analyses. The original images were processed using the *ENVI* software package. The result of the study was the development of an algorithm for compiling thematic maps based on remote sensing data; thematic maps were compiled that reflect the climatogenic dynamics of the semi-desert landscapes of the North-Western Caspian Sea. It was revealed that in the control periods of time the area occupied by various types of vegetation changed due to changes in the conditions of heat and moisture supply of the territory. Based on the spectral/vegetation indices *NDVI* and *SAVI*, within the test area, the areas occupied by various plant natural territorial complexes in the period from 1986 to 2015 were analyzed. During the period under study, an increase in the area of sands, sparse and sparse shrub vegetation, dense and powerful vegetation was noted due to a decrease in the area of «open» soil.

**Keywords:** landscape map, climate change, vegetation indices, remote sensing of the Earth, North-Western Caspian

**Acknowledgements:** The work was carried out within the framework of the state task of GGNTU. Academician M.D. Millionshchikov. FZNU-2021-0002 "Assessment of the variability of agro-climatic conditions in the North Caucasus in connection with global climate change."

**For citation:** Bratkov V.V., Kerimov I.A., Volchkova V.V., Bekmurzaeva L.R. 2023. Mapping the Climatogenic Dynamics Landscapes of the North-Western Caspian Region Based on Remote Sensing Data. *Regional Geosystems*, 47(3): 331–342. DOI : 10.52575/2712-7443-2023-47-3-331-342

### Введение

Северо-Западный Прикаспий расположен между Волго-Ахтубинской поймой, Ер-генинской возвышенностью и долиной реки Кумы. Исследуемый регион включает в себя Терско-Кумскую, Приманычскую и Прикаспийскую низменности. Ландшафты Северо-Западного Прикаспия расположены преимущественно на территории Чеченской, Даге-станской, Калмыцкой республик, Астраханской области и Ставропольского края [Атаев, Братков, 2011] (рис.1). Равнинный рельеф и засушливый климат привели к формированию здесь аридных (полупустынных) ландшафтов, которые характеризуются сочетанием степ-ных и пустынных группировок.

В настоящее время существует карты, отображающие весь ареал полупустынных ландшафтов Северо-Западного Прикаспия: ландшафтная карта Кавказа (под руководством Н.Л. Беручашвили, 1979 г.); ландшафтная карта СССР (под редакцией А.Г. Исаченко, 1988 г.); ландшафтная карта Северного Кавказа (В.А. Шальнев, 2004, 2007 гг.). Для реше-ния прикладных задач также используют мелкомасштабные ландшафтные карты. К таким

картам относится «Ландшафтная карта СССР» масштаба 1 : 4 000 000, составленная А.Г. Исаченко (60-е гг. XX в.) [Ландшафтная карта СССР, 1988]. В 1980 году составлена «Ландшафтная карта СССР» [1980] масштаба 1 : 2 500 000 (под руководством И.С. Гудилина), в 1989 году – «Ландшафтная карта России и сопредельных государств» [1989] масштаба 1 : 8 000 000 (под редакцией Н.А. Гвоздецкого, Т.В. Звонковой, Г.С. Самойловой).

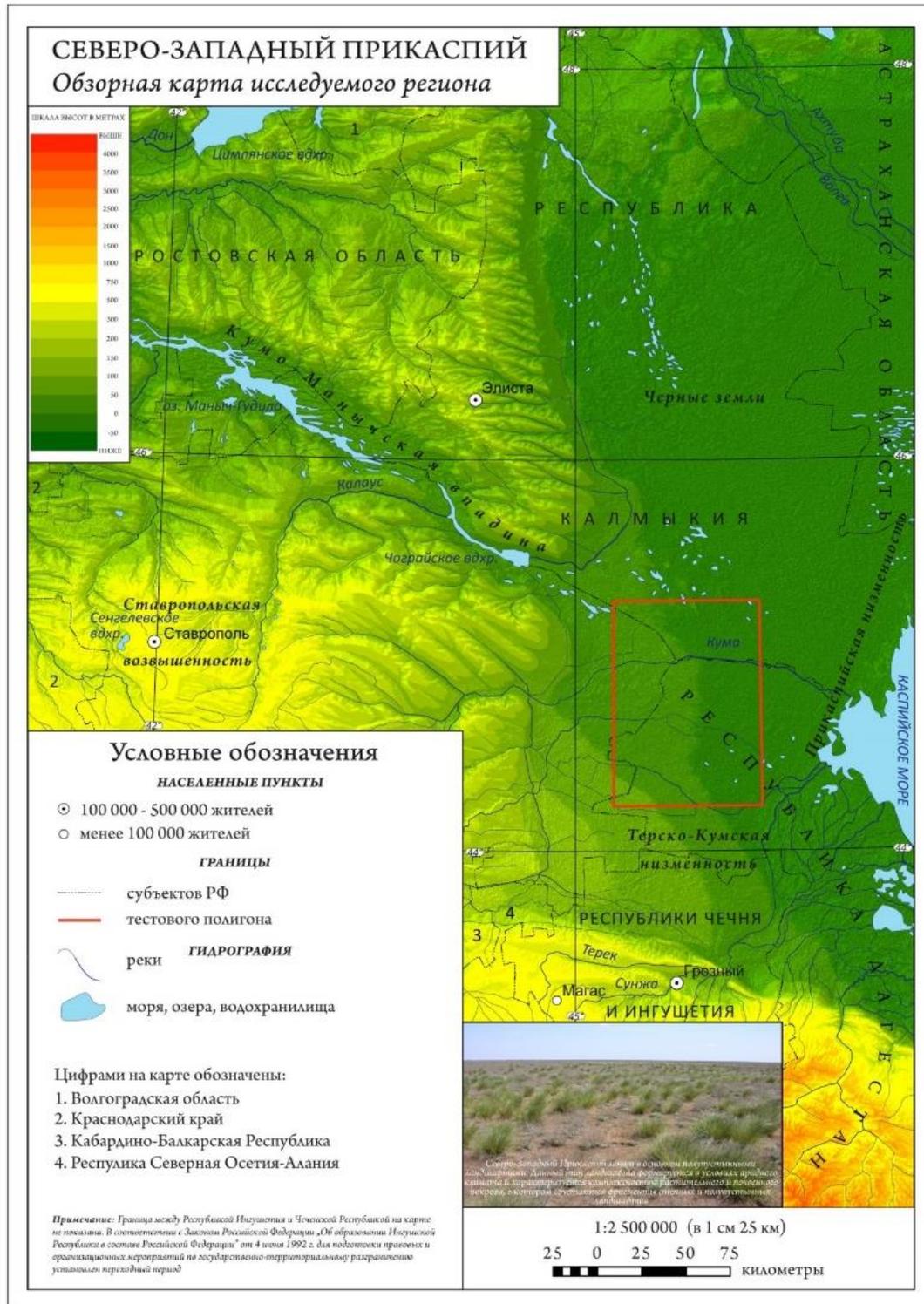


Рис. 1. Северо-Западный Прикаспий. Обзорная карта исследуемого региона  
Fig. 1. North-Western Caspian Sea. Overview map of the region under study



Данные карты отражают пространственную структуру ландшафтов на определенный момент времени и не позволяют выявить изменения ландшафтов во времени. К динамическим факторам, определяющим изменения ландшафтов во времени, относится климат, от которого зависят условия тепловлагообеспечения территории. Последние приводят к изменению мозаики растительного покрова, хорошо отражающемуся на разновременных многозональных космических снимках, представляющих собой данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Их дешифрирование является в настоящее время одним из методов ландшафтных исследований и активно применяется при составлении ландшафтных карт. Данный метод также позволяет выявлять изменения ландшафта и его компонентов.

Что касается климатических изменений, то для данной территории за рассматриваемый период они проявились в виде увеличения температуры воздуха, начавшегося со второй половины 1990-х годов и сопровождавшегося периодами сокращения и увеличения количества осадков разной продолжительности. Например, средняя температура по данным метеостанции «Махачкала» составила за 1980–2015 гг. 12,5 °С, при том, что с последнее рассматриваемое десятилетие ее прирост составлял в среднем 0,5 °С, то есть средняя годовая температура была выше + 13,0 °С. Что касается осадков, то их среднее количество составляло 373 мм, при этом до 1986 года чаще отмечался их дефицит, наиболее влажным был период 1991–1995 и 2006–2010 гг. (на 30 мм выше нормы), тогда как в остальное время осадков было немногим более нормы [Братков и др., 2014; Братков и др., 2021; Керимов и др., 2021].

### Объекты и методы исследования

В данной работе анализируются площади, занимаемые различными растительными природно-территориальными комплексами в пределах тестового полигона Северо-Западного Прикаспия за 1986–2015 гг., выявляемые по космическим снимкам на основе спектральных/вегетационных индексов *NDVI* и *SAVI* [Wardlow, Egbert, 2010; Черепанов, 2011; Jiang et al., 2021].

Целью исследования является картографирование динамики ландшафтов Северо-Западного Прикаспия.

Основой исследования являются данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Авторы используют в работе летние, преимущественно безоблачные снимки серии *Landsat*, имеющиеся в свободном доступе на сайте Геологической службы США [USGS, 2022] и характеризующие состояние исследуемой территории на 1986, 2001, 2010, 2015 гг. Снимки обрабатывали с помощью программного комплекса *ENVI*. Первоначально была осуществлена геометрическая, радиометрическая и атмосферная коррекции, которые позволили рассчитать такой известный вегетационный индекс, как *NDVI*. Он дает представление о сомкнутости растительного покрова и в целом коррелирует с запасами фитомассы. Этот индекс был рассчитан на тестовый участок, не подверженный хозяйственной деятельности человека. Также нами был рассчитан почвенный вегетационный индекс *SAVI*, который используется для территорий с разреженной растительностью.

Для изучения рельефа и составления обзорной карты Северо-Западного Прикаспия использовалась цифровая модель рельефа (ЦМР). Данная модель получена на основе радиолокационной съемки *Shuttle radar topographic mission (SRTM)*. ЦМР *SRTM* пригодна для расчета морфометрических показателей исследуемой территории и последующего построения карт в среде ГИС. Также в своей работе авторы используют разнообразные картографические, фондовые, статистические и другие материалы.

Методы исследования состоят в обработке космических снимков и получения данных, которые являются тематическим содержанием для проектирования картографического произведения. Теоретической основой работы в области динамики ландшафта явились

труды В.Б. Сочавы [1978], А.Г. Исаченко [1985; 1990], Ф.Н. Милькова [1986], В.А. Николаева [1979], В.В. Браткова с соавторами [2014]; в области картографии и геоинформатики – Ю.С. Билича и А.С. Васмута [1984], Л.М. Бугаевского [1998], А.В. Погорелова и Ж.А. Думита [2009].

Авторы в работе используют системный картографический подход, основы картографирования и методы цифровой обработки космических снимков; методы картографического, статистического и сравнительного анализа. В качестве программного обеспечения использовали следующие средства: *ENVI*, *ArcGIS*, *MapInfo Professional*.

### Результаты и их обсуждение

Разработка ландшафтной карты выполнялась с использованием данных дистанционного зондирования. Космические снимки отражают состояния ландшафтов на конкретную дату. Таким образом, можно изучить динамику ландшафтов, используя разновременные снимки. Мы использовали снимки серии *Landsat* для оценки состояния исследуемого региона за 1986, 2001, 2010, 2015 гг. В работе используются летние, преимущественно безоблачные снимки для расчета спектральных индексов, когда природно-территориальные комплексы находятся в фазе активной вегетации. Нами были рассчитаны вегетационный индекс *NDVI* и почвенный вегетационный индекс *SAVI*. С помощью индексов можно отслеживать изменения растительного покрова. Вегетационный индекс *NDVI* зависит от количества фитомассы: чем больше фитомасса, тем выше *NDVI*. В работе данный рассчитанный индекс позволяет получить карты типов ландшафтов и растительности (табл. 1).

Таблица 1  
Table 1

Значение *NDVI* для различных объектов [GISLAB, 2022]  
*NDVI* value for various objects [GISLAB, 2022]

Тип объекта	Значение <i>NDVI</i>
Густая растительность	0,7
Разряженная растительность	0,5
Открытая почва	0,025
Облака	0
Снег и лед	-0,05
Вода	-0,25
Искусственные материалы (бетон, асфальт)	-0,5

На исследуемой территории представлены континентальные низменно-равнинные аккумулятивные ландшафты с полынными, солянковыми пустынями и полынно-злаковыми полупустынями на каштановых почвах. С точки зрения величины индекса *NDVI* на исследуемом полигоне были выявлены классы объектов (ПТК), для которых была определена площадь на изучаемые временные отрезки (табл. 2).



Таблица 2  
 Table 2

Площади объектов различных классов на основе индекса NDVI  
 (в числителе площадь в км<sup>2</sup>, в знаменателе – %)  
 Areas of objects of various classes based on the NDVI index  
 (numerator is area in km<sup>2</sup>, denominator is %)

Классы объектов, ПТК	1986 г.	2001 г.	2010 г.	2015 г.
Водные объекты	<u>1,26</u>	<u>1,33</u>	<u>2,46</u>	<u>2,18</u>
	4,77	6,27	2,34	4,67
Пески	<u>20,83</u>	<u>8,04</u>	<u>11,91</u>	<u>48,22</u>
	16,22	11,61	17,98	18,46
Почва без растительного покрова	<u>2012,59</u>	<u>899,79</u>	<u>974,5</u>	<u>939,4</u>
	30,69	23,78	31,45	20,81
Примитивная травянистая растительность	<u>6651,36</u>	<u>7247,17</u>	<u>7428,05</u>	<u>5826,64</u>
	26,22	28,80	23,93	19,10
Скудная и разреженная растительность	<u>435,54</u>	<u>964,14</u>	<u>724,86</u>	<u>2248,55</u>
	13,84	18,95	13,88	21,30
Густая растительность	<u>205,19</u>	<u>197,36</u>	<u>176,39</u>	<u>230,70</u>
	4,89	7,60	7,34	12,54
Мощная и густая растительность	<u>11,35</u>	<u>20,29</u>	<u>19,95</u>	<u>42,43</u>
	3,37	2,99	3,08	3,12
ИТОГО	<u>9333,00</u>	<u>9333,00</u>	<u>9333,00</u>	<u>9333,00</u>
	100,00	100,00	100,00	100,00

Для уточнения границ распространения песков, почвы без растительного покрова и примитивной травянистой растительности, то есть для ПТК с минимальными запасами фитомассы, использовался почвенный вегетационный индекс SAVI.

Таким образом, стало возможным проследить динамику указанных ПТК посредством изменения их площади. Как следует из представленных данных, не для всех ПТК отмечаются единые тенденции за весь рассматриваемый период. Так, площадь водных поверхностей изменялись от 1,26 км<sup>2</sup> в 1986 году до 2,46 км<sup>2</sup> в 2010 году, то есть она увеличивалась по мере роста температуры воздуха и увеличения количества выпадающих осадков, которые после 2010 года начали снижаться. Коррелирует с этой тенденцией также площадь песков, которая стала сокращаться в связи с гумидизацией климата до 2010 года и стала расти после. Улучшение условий влагообеспечения наиболее благоприятно сказалась на изменении площади скудной и разреженной растительности, площадь которой увеличилась с 435,54 км<sup>2</sup> в 1986 году до 2248,55 км<sup>2</sup> в 2015 году. Площадь ПТК с максимально плотной и густой растительностью изменилась не столь существенно. В этой связи можно сделать вывод о том, что наилучшим индикатором климатических изменений выступают не столько ПТК с экстремальными запасами фитомассы, сколько с ее средними величинами. В нашем случае это ПТК с примитивной, а также скудной и разреженной растительностью, которые занимают довольно большие площади в пределах тестового участка.

Для оценки ландшафтообразующих факторов, среди которых выделим рельеф, являющийся одним из определяющих факторов, был проведен морфометрический анализ территории в пределах тестового полигона. В результате получили данные о распределении территории по высотам, экспозиции и степени крутизны склонов. В пределах тестового полигона значения высот изменяются от – 10 до 85 м, то есть гипсометрия оказывает слабое влияние на формирование ПТК. Исследуемая территория характеризуется плоскими, слабонаклонными и наклонными склонами. Крутизна склонов колеблется от 0° до 6°;

максимальное распространение получили склоны с крутизной  $0-1^\circ$ , минимальное –  $5-6^\circ$  (табл. 3). На территории тестового полигона склоны различных экспозиций распространены почти равномерно (табл. 4.). Как показывают приведенные данные, рельеф довольно слабо оказывает влияние на пространственную дифференциацию природных комплексов.

Подготовительным этапом к картографированию является фотограмметрическая и тематическая обработка снимков, ГИС-анализ. Геоинформационное картографирование основано на приведении данных в единую проекцию, создании базы данных, морфометрическом анализе, изучении растительности и почвенного покрова, анализе изменений.

Таблица 3  
Table 3Распределение территории тестового полигона по склонам  
Distribution of the territory of the test site by slopes

Склоны	Крутизна, °	Номер класса	Площадь, км <sup>2</sup>
Плоские, слабонаклонные, наклонные	0–1	1	8 861,44
	1–2	2	465,33
	2–3	3	10,86
	3–4	4	0,41
	4–5	5	0,07
	5–6	6	0,01
Всего:			9 338,12

Таблица 4  
Table 4Распределение территории тестового полигона по экспозиции  
Distribution of the territory of the test site by exposure

Экспозиция, град.	Номер класса	Площадь, км <sup>2</sup>
плоскость	–1–0	749,33
север	0–22,5	910,92
северо-восток	22,5–67,5	1 167,58
восток	67,5–112,5	1 169,87
юго-восток	112,5–157,5	1 036,39
юг	157,5–202,5	1 194,60
юго-запад	202,5–247,5	898,48
запад	247,5–292,5	906,99
северо-запад	292,5–337,5	911,41
север	337,5–360,0	392,55
Всего:		9 338,12

Выполнив обработку снимков, мы приступили к картографированию динамики ландшафтов. Были выполнены проектирование математической основы карты, разработка содержания карты и классификации объектов и явлений, проектирование способов картографического изображения, система условных знаков и легенды карты, проектирование оформления карты, а также были сформулированы редакционные указания по составлению карт (рис. 2–4).

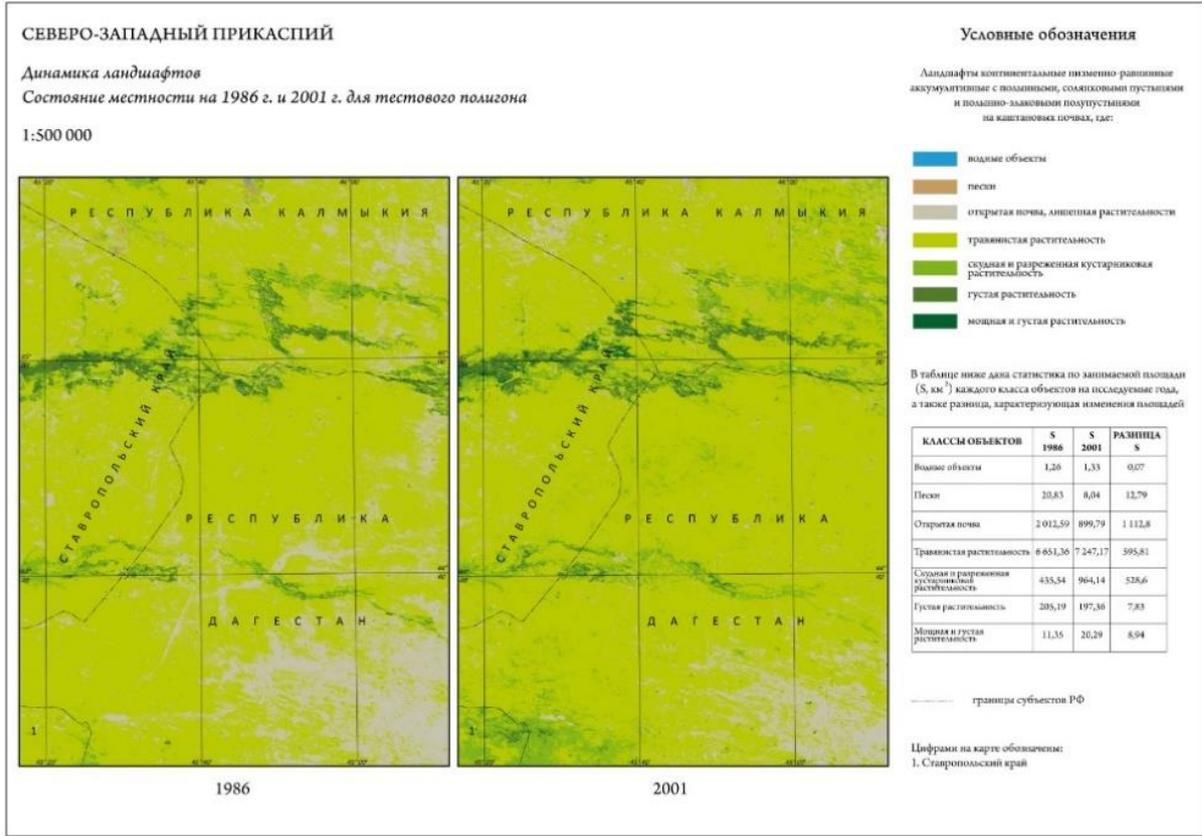


Рис. 2. Северо-Западный Прикаспий. Динамика ландшафтов. Состояние местности на 1986 и 2001 гг.  
 Fig. 2. Northwestern Caspian. landscape dynamics. State of the area for 1986 and 2001

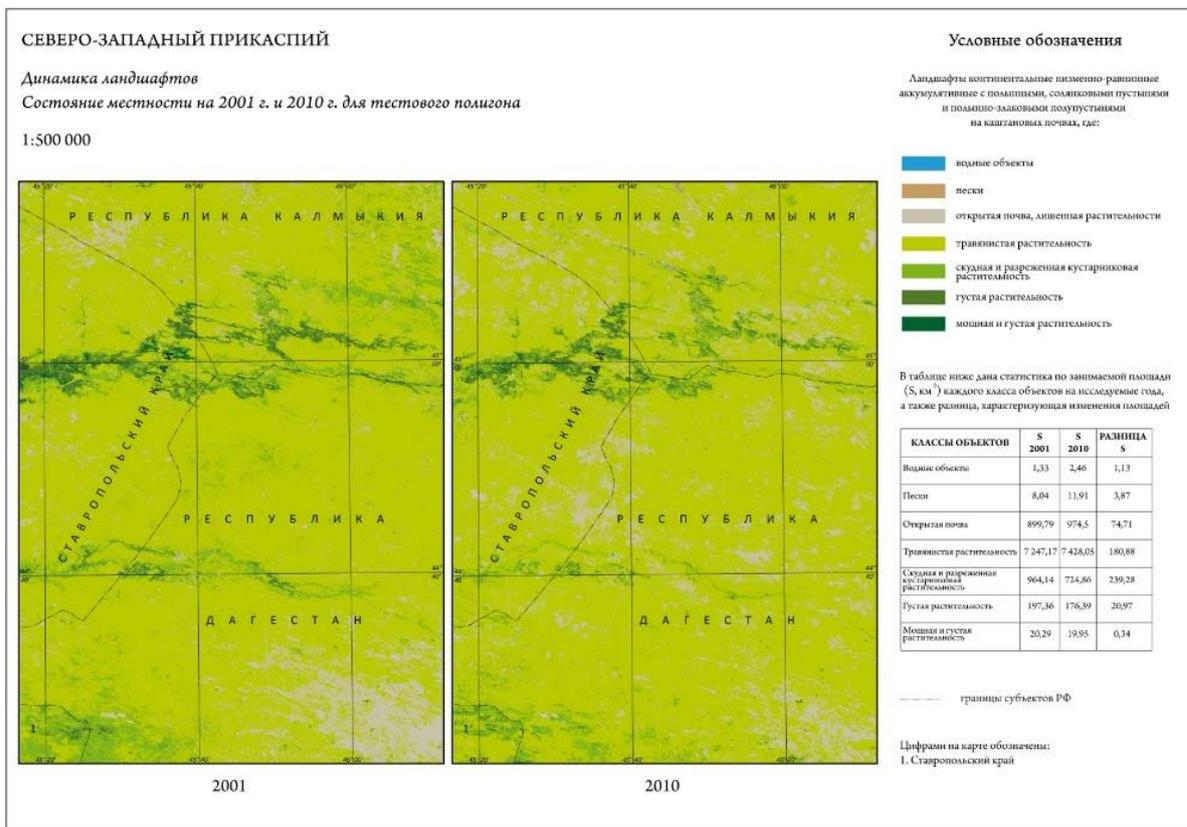


Рис. 3. Северо-Западный Прикаспий. Динамика ландшафтов. Состояние местности на 2001 и 2010 гг.  
 Fig. 3. Northwestern Caspian. landscape dynamics. The state of the area for 2001 and 2010





карт с применением данных дистанционного зондирования, позволяющий выявить динамику ландшафтов. Выявление изменений выполнено на основе расчета вегетационного индекса *NDVI*, который характеризует природно-территориальный комплекс через запасы фитомассы. Данный вегетационный индекс был рассчитан на тестовый участок, не подверженный хозяйственной деятельности человека. Для уточнения площадей с наиболее скудной растительностью или без нее использовался вегетационный индекс *SAVI*. Полученная серия тематических карт динамики природно-территориальных комплексов типичных ландшафтов Северо-Западного Прикаспия позволила оценить изменения их площади за 1986–2015 гг. Несмотря на довольно существенные относительные изменения площади участков с наиболее густой растительностью, в наибольшей степени индикаторами климатических трендов выступают участки с примитивной, а также скудной и разреженной растительностью, поскольку они занимают максимальные площади в пределах данного типа ландшафтов.

### Список источников

- Билич Ю.С., Васмут А.С. 1984. Проектирование и составление карт. М., Недра, 364 с.  
Бугаевский Л.М. 1998. Математическая картография. М., Златоуст, 400 с.  
Исаченко А.Г. 1990. Основы ландшафтоведения и физико-географического районирования. М., Наука, 330 с.  
Ландшафтная карта СССР: Масштаб 1:4000000. 1988. Под ред. А.Г. Исаченко. М., ГУГК.  
Ландшафтная карта СССР масштаба 1:2500000. 1980. Министерство геологии СССР. Под ред. И.С. Гудилин. М., Гидроспецгеология.  
Ландшафтная карта России и сопредельных государств. Масштаб 1:8000000. 1989. Под ред. Н.А. Гвоздецкого, Т.В. Звонковой, Г.С. Самойловой. М., МГУ.  
USGS. Electronic resource. URL: [www.earthexplorer.usgs.gov](http://www.earthexplorer.usgs.gov). (date of the application: 12.12.2022).  
GISLAB. Electronic resource. URL: [www.gis-lab.info](http://www.gis-lab.info) (date of the application: 12.12.2022).

### Список литературы

- Атаев З.В., Братков В.В. 2011. Влияние колебаний и динамики климата на полупустынные ландшафты Северо-Западного Прикаспия. Географический вестник, 3(18): 4–13.  
Братков В.В., Заурбеков Ш.Ш., Атаев З.В. 2014. Мониторинг современных климатических изменений и оценка их последствий для ландшафтов Северного Кавказа. Вестник РАЕН, 14(2): 7–16.  
Братков В.В., Савинова С.В., Ключин П.В., Керимов И.А., Бекмурзаева Л.Р. 2021. Картографирование современной изменчивости агроклиматических условий Северного Кавказа. Юг России: экология, развитие, 16(4(61)): 173–181. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-173-181  
Исаченко А.Г. 1985. Ландшафты СССР. Л., ЛГУ, 320 с.  
Керимов И.А., Братков В.В., Бекмурзаева Л.Р. 2021. Современные климатические тренды полупустынных ландшафтов Северного Кавказа. Устойчивое развитие горных территорий, 13(4(50)): 576–589. DOI: 10.21177/1998-4502-2021-13-4-576-589  
Мильков Ф.Н. 1986. Физическая география: учение о ландшафте и географическая зональность. Воронеж, Издательство Воронежского университета, 326 с.  
Николаев В.А. 1979. Проблемы регионального ландшафтоведения. М., МГУ, 160 с.  
Погорелов А.В., Думит Ж.А. 2009. Рельеф бассейна р. Кубани: морфологический анализ. М., ГЕОС, 206 с.  
Сочава В.Б. 1978. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск, Наука, 320 с.  
Черепанов А.С. 2011. Вегетационные индексы. Геоматика, 2: 98–102.  
Jiang L., Liu Y., Wu S., Yang C. 2021. Analyzing Ecological Environment Change and Associated Driving Factors in China Based on NDVI Time Series Data. Ecological Indicators, 129: 107933. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.107933  
Wardlow B.D., Egbert S.L. 2010. A Comparison of MODIS 250-m EVI and NDVI Data for Crop Mapping: a Case Study for Southwest Kansas. International journal of remote sensing, 31: 805–830. DOI: 10.1080/01431160902897858

## References

- Ataev Z.V., Bratkov V.V. 2011. Vliyaniye kolebaniy i dinamiki klimata na polupustynnyye landshafty Severo-Zapadnogo Prikaspiya [Influence of Climate Fluctuations and Dynamics on the Semi-Desert Landscapes of the North-Western Caspian Region]. *Geograficheskij vestnik*, 3(18): 4–13.
- Bratkov V.V., Zaurbekov Sh.Sh., Ataev Z.V. 2014. Monitoring of the Current Climate Changes and the Assessment of Their Consequences for the Landscapes of the Northern Caucasus. *Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences*, 14(2): 7–16 (in Russian).
- Bratkov V.V., Savinova S.V., Klyushin P.V., Kerimov I.A., Bekmurzaeva L.R. 2021. Mapping of modern variability of agro-climatic conditions of the North Caucasus. *South of Russia: ecology, development*, 16(4(61)): 173–181 (in Russian). DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-173-181.
- Isachenko A.G. 1985. *Landshafty SSSR [USSR Landscapes]*. Leningrad, Publ. LGU, 320 p.
- Kerimov I.I., Bratkov V.V., Bekmurzaeva L.R. 2021. Modern Climatic Trends of Semi-Desert Landscapes of the North Caucasus. *Sustainable Development of Mountain Territories*, 13(4(50)): 576–589 (in Russian). DOI: 10.21177/1998-4502-2021-13-4-576-589
- Milkov F.N. 1986. *Fizicheskaya geografiya: ucheniye o landshafte i geograficheskaya zonalnost [Physical Geography: the Doctrine of the Landscape and Geographical Zonality]*. Voronezh, Publ. Voronezhskogo universiteta, 326 p.
- Nikolaev V.A. 1979. *Problemy regionalnogo landshaftovedeniya [Problems of Regional Landscape Science]*. Moscow, Publ. MGU, 160 p.
- Pogorelov A.V., Dumit J.A. 2009. *Relyef basseyna r. Kubani: morfologicheskij analiz [The Relief of the River Basin Kuban: Morphological Analysis]*. Moscow, Publ. GEOS, 206 p.
- Sochava V.B. 1978. *Vvedeniye v ucheniye o geosistemakh [Introduction to the Study of Geosystems]*. Novosibirsk, Publ. Nauka, 320 p.
- Cherepanov A.S. 2011. *Vegetatsionnyye indeksy [Vegetation indices]*. *Geomatika*, 2: 98–102 p.
- Jiang L., Liu Y., Wu S., Yang C. 2021. Analyzing Ecological Environment Change and Associated Driving Factors in China Based on NDVI Time Series Data. *Ecological Indicators*, 129: 107933. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.107933
- Wardlow B.D., Egbert S.L. 2010. A Comparison of MODIS 250-m EVI and NDVI Data for Crop Mapping: a Case Study for Southwest Kansas. *International journal of remote sensing*, 31: 805–830. DOI: 10.1080/01431160902897858

*Поступила в редакцию 21.02.2023;  
поступила после рецензирования 12.08.2023;  
принята к публикации 09.09.2023*

*Received February 21, 2023;  
Revised August 12, 2023;  
Accepted September 09, 2023*

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.  
**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Братков Виталий Викторович**, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой географии, Московский государственный университет геодезии и картографии, г. Москва, Россия; главный научный сотрудник лаборатории климатологии и метеорологии НИИ геоэкологии и природопользования, Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Vitaly V. Bratkov**, Doctor of Geographic Sciences, Professor, Head of the Department of Geography, Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia; Chief Researcher, Laboratory of Climatology and Meteorology, Research Institute of Geocology and Nature Management, Grozny State Oil Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov, Grozny, Russia



**Керимов Ибрагим Ахмедович**, доктор физико-математических наук, профессор, директор НИИ геоэкологии и природопользования, Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

**Волчкова Вероника Викторовна**, НПЦ «Развитие города», Москва, Россия

**Бекмурзаева Луиза Руслановна**, кандидат географических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории климатологии и метеорологии НИИ геоэкологии и природопользования, Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

**Ibragim A. Kerimov**, Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Professor, Director of the Research Institute of Geoecology and Nature Management, Grozny State Oil Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov, Grozny, Russia

**Veronika V. Volchkova**, NPC "City Development", Moscow, Russia.

**Luiza R. Bekmurzaeva** Candidate of Geographic Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Laboratory of Climatology and Meteorology, Research Institute of Geoecology and Nature Management, Grozny State Oil Technical University named after academician M.D. Millionshchikova, Grozny, Russia