

Оригинальная статья / Original article

УДК 631.58:528(470.45)

DOI: 10.18470/1992-1098-2026-1-10



Геоинформационные технологии в оценке процессов деградации и опустынивания земель

Самир А. Теймуров, Магомед-Расул А. Казиев, Абдулмеджид А. Багомаев

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан», Махачкала, Россия

Контактное лицо

Самир А. Теймуров, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела агроландшафтного земледелия, ФГБНУ «ФАНЦ РД»; 367014 Россия, Республика Дагестан, г. Махачкала, мкр. Научный городок, ул. Абдуразака Шахбанова, д. 30. Тел. +79034991322
Email samteim@rambler.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0336-7380>

Формат цитирования

Теймуров С.А., Казиев М.-Р.А., Багомаев А.А. Геоинформационные технологии в оценке процессов деградации и опустынивания земель // Юг России: экология, развитие. 2026. Т.21, N 1. С. 116-126. DOI: 10.18470/1992-1098-2026-1-10

Получена 21 ноября 2025 г.

Прошла рецензирование 24 декабря 2025 г.

Принята 25 декабря 2025 г.

Резюме

Целью является анализ экологического состояния пастбищ полупустынной зоны юга-запада Ногайского района, подверженных процессам деградации и опустынивания, с использованием геоинформационных технологий.

Материалом исследований послужили единые методические подходы, осуществляющиеся на основании предварительного изучения материалов космической съемки деградированных агроландшафтов. С помощью метода ортогональной (панорамной) съемки и определением спектров отраженного излучения по эталонам снимка получен фотоэталон исследуемого участка.

Песчаные почвы тестового участка Терского песчаного массива юга-запада Ногайского района характеризуются в основном легким механическим составом, очень слабым содержанием подвижных форм, реакцией почвенного раствора – до сильнощелочной, по виду деградированности – дефляционные, хлоридно-сульфатное засоление. Видовой состав растений разнотравно-кубанковый (*Agropyron sibiricum* + псаммофитное разнотравье) в сочетании с песчано-ковыльными (*Stipa joannis*).

Почвенный покров находится в неразрывной связи с зонально-климатическими факторами и особенностью дельтового почвообразовательного процесса. В вегетационный период доминирующая роль здесь играет люцерна голубая (28 %) и полынь песчаная (25 %). Фотоэталон применим в качестве идентификатора деградации пастбищных угодий, позволяющий рекомендовать по улучшению агроэкологической ситуации полупустынной зоны Дагестана.

Ключевые слова

Деградация, опустынивание, геоинформационный анализ, пастбища, полигон, почва, растительность.

Geoinformation technologies in the assessment of land degradation and desertification processes

Samir A. Teymurov, Magomed-Rasul A. Kaziev and Abdulmedjid A. Bagomaev

Federal Agricultural Research Center, Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia

Principal contact

Samir A. Teymurov, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Department of Agro-landscape Agriculture, Federal Agricultural Research Center, Republic of Dagestan; 30 Abdurazak Shakhbanov St, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia, 367014.

Tel. +79034991322

Email samteim@rambler.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0336-7380>

How to cite this article

Teymurov S.A., Kaziev M.-R.A., Bagomaev A.A. Geoinformation technologies in the assessment of land degradation and desertification processes. *South of Russia: ecology, development*. 2026; 21(1):116-126. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2026-1-10

Received 21 November 2025

Revised 24 December 2025

Accepted 25 December 2025

Abstract

Analysis, using geoinformation technologies, of the ecological state of the pastures of the semi-desert zone of the south-west of the Nogai region, Dagestan.

The research material was based on unified methodological approaches based on a preliminary study of satellite imagery of degraded agricultural landscapes. The research materials were based on uniform methodological approaches, implemented through the preliminary study of satellite imagery of degraded agricultural landscapes. Using orthogonal (panoramic) photography and determining reflected radiation spectra based on image standards, a photographic reference image of the study area was obtained.

The sandy soils of the test site within the Terek Sand Massif (southwestern Nogai District) are characterized primarily by a light mechanical composition, a very low content of mobile forms, and a soil solution reaction ranging up to strongly alkaline. By degradation type, they are classified as deflationary with chloride-sulfate salinisation. The plant species composition is mixed herbaceous (*Agropyron sibiricum* + psammophytic mixed herbs) in combination with sand feather grass (*Stipa joannis*).

The soil cover is inherently linked with zonal and climatic factors and the specifics of the deltaic soil formation process. During the growing season, blue alfalfa (28 %) and sand wormwood (25 %) play a dominant role here. The use of a standard photographic reference image is applicable as an identifier of pasture degradation, allowing for recommendations to improve the agro-ecological situation of the semi-desert zone of Dagestan.

Key Words

Degradation, desertification, geoinformation analysis, pastures, landfill, soil, vegetation.

ВВЕДЕНИЕ

Естественные кормовые угодья полупустынной зоны Кизлярских пастбищ занимают территорию полутора миллионов гектаров и имеют важное значение для развития отгонного и стационарного животноводства. Изучение продуктивности растительных сообществ предусматривало учет современного состояния растительного покрова и его соотношения в пространстве с ареалами непродуктивной части поверхности земли. Важное значение придается определению видового состава сообществ, динамики изменения показателей продуктивности по отдельным сезонам и факторам, обуславливающим накопление фитомассы – почвенного покрова, грунтовых вод и климатических условий.

Важной задачей экологических исследований является изучение почвенных условий формирования фитомассы растительных группировок и составляющих ее фракций. В этом отношении растительный покров Дагестана остается практически слабо изученным. Имеющиеся данные по характеристике зеленой массы травостоя (материалы паспортизации 30-х годов) могут быть использованы при определении лишь надземной части фитомассы. Общий потенциал растительных сообществ, распределение их фитомассы по сезонам и количественные параметры, определяющие их состав, оставались вне поля зрения. В связи с этим, необходимо проводить систематические исследования по учету фитомассы, структуры, динамики с определением сезонного диапазона колебаний в показателях почв и почвообразующих пород.

В целом характеризующие типы почвенно-растительного покрова развиваются под влиянием зональных климатических условий и высокой пастбищной нагрузки при практическом отсутствии влияния дополнительного увлажнения.

Современное состояние пастбищных угодий Ногайских степей характеризуется интенсивным нарастанием антропогенной нагрузки – вторжение объектов техногенного воздействия и рост численности отгонного животноводства. Формируются качественно-количественные изменения в территориальных размерах пастбищ и в соотношениях компонентов химического состава.

Вопросы учета и восстановления почвенно-растительного покрова приобретает очень серьезное значение с точки зрения повышения продуктивности растительных сообществ, увеличения общей биомассы ландшафтов и в целях создания условий нормального функционирования биосферы [1].

В настоящее время деградация почвенного и растительного покрова аридных регионов Республики Дагестан приводит к быстрому изменению облика ландшафтов. Причинами таких динамичных процессов послужил планетарный тренд климатического потепления, снижение уровня Каспийского моря и, как следствие, снижение уровня грунтовых вод, уменьшение атмосферных осадков, ненормированные и нерегулируемые антропогенные нагрузки [2].

Геоинформационный анализ пастбищ, подверженных процессам деградации и опустынивания, позволяет определить современное состояние территорий, установить пространственное размещение участков опустынивания и выявить факторы, негативно влияющие на состояние пастбищ [3]. Геоинформационный анализ пространственно-временного развития

опустынивания ландшафтов является современным инструментом сбора координатно-определенной (геокодированной) информации о площади и скорости такого процесса [4].

Цель исследования – анализ экологического состояния пастбищ полупустынной зоны юга-запада Ногайского района подверженных процессам деградации и опустынивания с использованием геоинформационных технологий.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования является полупустынная зона в юго-западной части Ногайского района Терско-Кумской подпровинции. Полевые исследования проведены в 2022–2024 гг. на тестовом полигоне одного из участка, расположенного в юго-западной части в 10 км от с. Червлённые Буруны (44.109509 N, 45.555195 E), представленный в основном песками со спецификой процессов опустынивания и аридной деградации пастбищ. Учетные точки заложены по основным типам растительного покрова с охватом территории проявления процессов опустынивания в целях дальнейшей территориальной интерполяции, в пределах границ растительных контуров.

В зоне обследованного полигона (не менее 5 % площади) выделен тестовый участок с охватом площади опустынивания – 592,5 га с географическими координатными точками: северная 1 (44.123081, 45.550174); восточная 2 (44.110942, 45.575751); южная 3 (44.094178, 45.566224); западная 4 (44.106875, 45.532492), собраны совокупные данные за вегетационный период года по состоянию почв (морфологическое строение, гранулометрический состав, химический анализ, анализ водной вытяжки), геоботаническому описанию растительности (включая видовое разнообразие), эталону степени деградации почв и растительности, общие сведения о полигоне (мониторинг опустынивания, географическая, ландшафтная и климато-метеорологическая характеристика) для фотоэталонирования с применением современных технологий [5]. Используются единые методические подходы таких исследований, которые осуществляются на основании предварительного изучения аэроснимков и материалов космической съемки деградированных агроландшафтов [6–8]. С помощью метода ортогональной (панорамной) съемки и определением спектров отраженного излучения по эталонам снимка получен фотоэталон исследуемого участка. Источниками геоинформационного анализа являлись аэрокосмические снимки различных спутников (WorldView 3 и 4, Landsat-8 и 9, Sentinel 2 Канопус 2) и материалы компьютерной обработки (MapInfo, NextGIS QGIS).

Методика взятия почвенных образцов – по ГОСТ Р 58595-2019. Методом тестового участка (полигона) проводились исследования территории с типичными видами растительных сообществ и с характерными элементами рельефа, почв и других компонентов физико-географической среды, а также использование определителя растений [9–12] и использования пособий [13].

Характеристику классификация растительных сообществ для песчаных сред Терско-Кумской низменности проводили по Л.Г. Раменскому [14].

Степень деградации почвы – сравнительный уровень выраженности деградации почвы в целом к фиксированному моменту времени.

исследования проводятся эталонирование, составляются идентификационные таблицы полигона, в которые заносятся данные по геоботаническому описанию растительности, географической и ландшафтной характеристике, климатической характеристике, состоянию и степени деградации почв и растительности [3]. Поэтому в ходе нашего полевого исследования были изучены общие сведения современного состояния одного из полигонов «Червлённые Буруны» по Ногайскому району, в котором было сделано подробное описание (табл. 1–3).

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Современное состояние растительного покрова Кизлярских пастбищ, влияние техногенных объектов на продуктивность почв, растений, животного мира и на характер пространственного перераспределения ареалов экологически приспособленных видов растений остаются слабоизученными. По объекту

Таблица 1. Общие сведения о полигоне мониторинга опустынивания

Table 1. General information about the desertification monitoring site

№	Требуемые характеристики Characteristics Required	Характеристики участков полигонов Characteristics of Polygon Sections
	Географические координаты тестового полигона опустынивания Geographical coordinates of the desertification test site	Северная 1 (44.123081, 45.550174) Восточная 2 (44.110942, 45.575751) Южная 3 (44.094178, 45.566224) Западная 4 (44.106875, 45.532492) North 1 (44.123081, 45.550174) Vostochnaya 2 (44.110942, 45.575751) Yuzhnaya 3 (44.094178, 45.566224) West 4 (44.106875, 45.532492)
	Площадь тестового полигона опустынивания, (га) Area of the desertification test site, (ha)	592,5 га / ha
	Высота над уровнем моря и перепад высот тестового полигона опустынивания, (м) Altitude above sea level and elevation differences of the desertification test site, (m)	Высота над уровнем моря – min: 57 м, max: 95 м, перепад 38 м Altitude above sea level – min: 57 m, max: 95 m, 38 m difference
	Описание инженерной инфраструктуры тестового полигона опустынивания Description of the engineering infrastructure of the desertification test site	Грунтовых дорог нет, до ближайшей 3210 м, населённые пункты Ферма №1 – 2950 м и Червлённые Буруны – 7770 м от географического координата There are no dirt roads, the nearest one is 3,210 m away, the settlements of Farm No. 1 are 2950 m and Chervlenye Buruny are 7770 m from the geographical coordinate
	Описание объектов капитального строительства на территории полигона (здания, лабораторные корпуса) Description of capital construction facilities on the territory of the landfill (buildings, laboratory buildings)	-
	Описание плавательных средств, используемых (планируемых для использования) на тестовом полигоне опустынивания Description of watercraft facilities used (planned for use) at the desertification test site	-
	Кадастровые номера участков земли, используемых для целей организации тестового полигона опустынивания (при наличии) Cadastral numbers of land plots used for the purposes of organising a desertification test site (if available)	№ 05:03:000000:555
	Правообладатель земельных участков, используемых для целей организации тестового полигона опустынивания The right holder of the land plots used for the purposes of the organisation of the test site of desertification	Российская Федерация, Республика Дагестан, Ногайский район Nogai district, Dagestan, Russia
	Вид, номер и дата государственной регистрации права на земельные участки, используемые для целей организации тестового полигона опустынивания Type, number and date of state registration of the right to land plots used for the purposes of organising a test site for desertification	-
	Виды разрешенного использования земельных участков, используемых для целей организации	Категория земель: не указано Виды разрешенного использования:

тестового полигона опустынивания Types of permitted use of land plots used for the purposes of organising a test site for desertification	для научно-исследовательских работ, для объектов общественно-делового значения Land category: not specified Types of permitted use: for scientific research, for objects of public and business importance
Наличие ограничений прав и обременений земельных участков, используемых для целей организации тестового полигона опустынивания, их принадлежность к особо охраняемым природным территориям The existence of restrictions on the rights and encumbrances of land plots used for the purposes of organising a test site for desertification in specially protected natural territories	-
Наличие на полигоне опытной площадки с нетронутой экосистемой для мониторинга опустынивания Availability of an experimental site with an intact ecosystem for monitoring desertification at the landfill	Опытные участки мониторинга опустынивания – дефляция Experimental areas for monitoring desertification – deflation

Таблица 2. Общие географическая и ландшафтная характеристики тестового полигона опустынивания
Table 2. General geographical and landscape characteristics of the desertification test site

№ Общегеографические и ландшафтные характеристики земельных участков, используемых для целей организации тестового полигона опустынивания General geographical and landscape characteristics of the land plots used for the purposes of the organization of the test site of desertification	Характеристики участков полигона мониторинга опустынивания Characteristics of the sites of the desertification monitoring site
Основной и дополнительные типы ландшафта, характеристики микроландшафтов Main and other types of landscape, characteristics of microlandscapes	Полигон расположен в Терско-Кумской подпровинции, Ногайского района, полупустынной зоны, золово-аллювиальная равнина. Ландшафтный район – район Терских бугристо-грядовых и барханных развеваемых песков, представлены древнезоловыми, грядовыми песками и супесями расположено в северной части общего Терского песчаного массива Уклон участка – min: -8° или -14 %; max: 7° или 12 %. The landfill is located in the Tersko-Kuma sub-province, Nogai district, semi-desert zone, Eolian-alluvial plain. The landscape area is that of the Terek hummocky-ridge and sand dunes, represented by ancient Cretaceous ridge sands and sandy loams located in the northern part of the general Tersk sand massif. Slope of the site – min: -8° or -14 %; max: 7° or 12 %
Структура и типы растительности (лесная, луговая, болотная, водная) Vegetation structure and types (forest, meadow, swamp and aquatic)	Степная и пионернопесчаная растительность: песчаные степи разнотравнокубанковые (<i>Agropyron sibiricum</i> + псаммофитное разнотравье) в сочетании с песчаноковильными (<i>Stipa joannis</i>) или типчакowo-прутняково-тырсовыми степями Доминант на участке – Люцерна голубая (28 %) Steppe and pioneer-sandy vegetation: sandy steppes of mixed grasses (<i>Agropyron sibiricum</i> + psammophytic grasses) in combination with sand feather grass (<i>Stipa joannis</i>) or tipchak-prutniak-tyrsa steppes The dominant species on the site is blue alfalfa (28 %)
Вид с/х деятельности для культурного ландшафта Type of agricultural activity in the cultural landscape	На территории полигона с/х деятельность не производится Agricultural activities are not carried out on the territory of the landfill
Наличие, типы и характеристики водных объектов Presence, types and characteristics of water bodies	Артезианская скважина производительностью 70–100 л/мин (2 км от географического координата), колодец – Яр-Бараккую – 2,2 км и Афанасьевский – 4,0 км) Artesian well with a capacity of 70–100 liters/min (2 km from the geographical coordinate), well – Yar-Barakkuyu – 2.2 km and Afanasievsky – 4.0 km)

<p>Тип(ы) и микротипы почвы, агрохимические данные по почвам полигона Soil type(s) and microtypes, agrochemical data on landfill soils</p>	<p>Почва: пески закрепленные, песчаные. Почвообразующая порода: пески золотые и морские. Содержание в 0,50 м слое почвы: гумуса – очень низкое (0,31 %), подвижного фосфора – низкое (1,5 мг/100 г почвы) и обменного калия – низкое (13,2 мг/100 г почвы) Почва: светло-каштановая, среднесуглинистая. Почвообразующая порода: мелкоземлистые и карбонатные осадочные породы, преобладают лессы, лессовидные суглинки и супеси. Содержание в 0,50 м слое почвы: гумуса – очень низкое (0,52 %), подвижного фосфора – низкое (1,5 мг/100 г почвы) и обменного калия – низкое (12,5 мг/100 г почвы) Soil: fixed sands, sandy. Soil-forming rock: Aeolian and marine sands. Content of the 0.50 m soil layer: humus is very low (0.31 %), mobile phosphorus is low (1.5 mg/100 g of soil) and exchangeable potassium is low (13.2 mg/100 g of soil) Soil: light chestnut, medium loamy. Soil-forming rock: fine-earth and carbonate sedimentary rocks, dominated by loess, loess-like loam and sandy loam. Content of the 0.50 m soil layer: humus is very low (0.52 %), mobile phosphorus is low (1.5 mg/100 g of soil) and exchangeable potassium is low (12.5 mg/100 g of soil)</p>
--	--

Таблица 3. Климато-метеорологические характеристики тестового полигона опустынивания по метеостанции Терекли-Мектеб)
Climatic and meteorological characteristics of the desertification test site (according to the Terekli-Mekteb weather station)

№	<p>Основные климатические характеристики земельных участков, используемых для целей организации тестового полигона опустынивания Main climatic characteristics of the land plots used for the purposes of the organisation of the test site of desertification</p>	<p>Характеристики участков полигона мониторинга опустынивания (за 2002–2022 гг.) Characteristics of the sites of the desertification monitoring site (for 2002–2022)</p>
<p>Среднегодовые температуры и влажности воздуха и почвы и характеристики сезонного хода Annual average temperatures and humidity of air and soil and seasonal characteristics</p>	<p>Средняя температура воздуха на полигоне составляет – 12,5 °С Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца – 89,4 % Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца – 51,2 % The average air temperature at the landfill is – 12.5 °C The average monthly relative humidity of the coldest month is 89.4 % The average monthly relative humidity of the warmest month is 51.2 %</p>	
<p>Годовое количество осадков и характеристики сезонного хода Annual precipitation and seasonal characteristics</p>	<p>Количество осадков за апрель-октябрь – 182,7 мм Количество осадков за ноябрь-март – 101,0 мм Precipitation in April-October – 182.7 mm Precipitation in November-March – 101.0 mm</p>	
<p>Характеристики максимальных и минимальных среднесуточных температур, и осадков Characteristics of maximum and minimum average daily temperatures and precipitation</p>	<p>Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца – 7,0 °С Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее теплого месяца – 18,0 °С Суточный максимум осадков – 22,1 мм The average daily amplitude of the air temperature in the coldest month is 7.0 °C The average daily amplitude of the air temperature in the warmest month is 18.0 °C The daily maximum precipitation is 22.1 mm</p>	
<p>Преобладающее направление и скорость ветра в летний и зимний период Prevailing wind direction and speed in summer and winter</p>	<p>Преобладающее направление ветра – восточный (17,7 %) Усредненный показатель скорости ветра в течение года составляет 3,4 м/с Нежный покров неустойчивый 9,4 см, образуется в декабре, январе, феврале и марте, продолжительность 15 дней The prevailing wind direction is east (17.7 %) The average wind speed during the year is 3.4 m/s</p>	

Характеристики снежного покрова (при наличии) Snow cover characteristics (if available)	Delicate cover is unstable (9.4 cm): it forms in December, January, February and March and lasts for 15 days
Наличие и мощность сезонного и постоянного слоев промерзания (при наличии) Availability and capacity of seasonal and permanent freezing layers (if available)	Нет данных No data available
Суммарная солнечная радиация, радиационный баланс (при наличии) Total solar radiation, radiation balance (if available)	Часы дневного света – 146,6 часов Суммарная среднесуточная коротковолновая солнечная энергия на 1 м ² – 50,5 кВт•ч Среднесуточная коротковолновая солнечная энергия на 1 м ² за год – 4,21 кВт•ч Daylight hours – 146.6 hours Total average daily shortwave solar energy per 1 m ² is 50.5 kWh Average daily shortwave solar energy per 1 m ² per year is 4.21 kWh
Дополнительные характеристики Additional features	Тестовый полигон проектируется вдали от крупных населённых пунктов Расстояние от с. Терекли-Мектеб (население 6728 человек) – 30 км (от географического координата), с. Червленные Буруны (население 1107 человек) – 7,3 км, ферма №1 (совхоза Червленные Буруны) – 2,9 км The test site was designed to be away from large populated areas. Terekli-Mekteb (population 6,728 people) – 30 km (from the geographical coordinate), Chervlenye Buruny village (population 1,107 people) – 7.3 km, farm No. 1 (Chervlenye Buruny state farm) – 2.9 km

Абсолютная максимальная высота рельефа тестового участка – 95 м, минимальная – 57 м, перепад между ними составляет – 38 м; профиль крутизны (в градусах) или уклона (в %) рельефа участка – min: –8° или 14 %, max: 7° или 12 %. Ландшафт тестового участка имеет

бугристо-грядовую поверхность с развеваемыми песками, представлен древнеэоловыми, грядовыми песками и супесями расположено в северной части общего Терского песчаного массива (рис. 1).

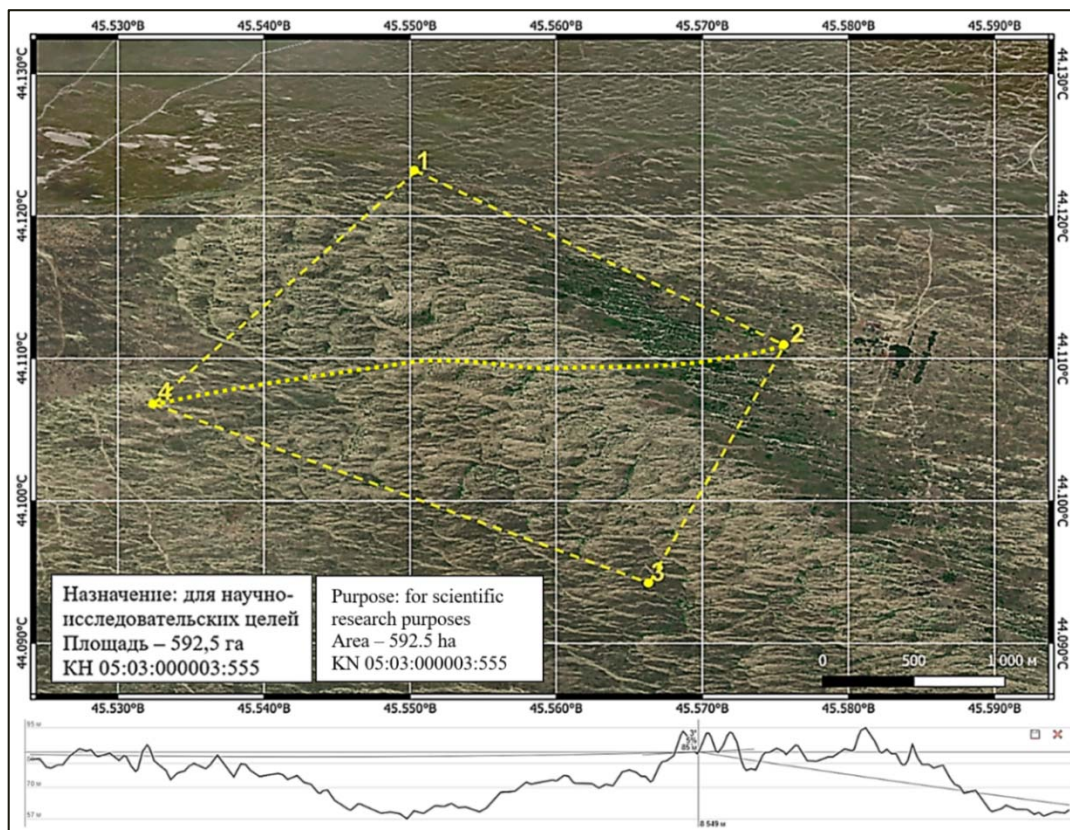


Рисунок 1. Профиль высот, уклонов и видимости рельефа тестового участка №1 (с. Червлённые Буруны, Ногайский район)

Figure 1. Profile of heights, slopes and visibility of the relief of test site No. 1 (village of Chervlenye Buruny, Nogai district)

В пределах исследуемой территории Терско-Кумской полупустыни почвенный покров представлен бугристо-грядовыми и барханными развеваемыми песками, которые имеют желтоватый цвет, в механическом составе преобладает фракция мелкого песка (0,25–0,05). Пески глубоколлончаковые. Лабораторными анализами подтверждено, что почва, на которой формируется степная и пионерпесчаная растительность, является песчаной с хлоридно-сульфатным засолением. Песчаные почвы характеризуются легким механическим составом с высоким содержанием фракции мелкого песка: при 0,05–0,01 мм – 3,3 % и в при <0,01 мм – 6,2 %. Содержание фракции физического песка – 92,2 %, физической глины – 6,2 %.

Показатели солевого режима и засоленности песчаных почв на глубине 0,50 см по годам и сезонам года изменялись незначительно, в среднем величина плотного остатка в водной вытяжке составляла – 0,030 %, сумма вредных солей – 0,47 мг-экв/100 г

почвы. Почвенный раствор – сильнощелочной (рН – 8,6). По содержанию гумуса в заросших песках количество его достигает больше 1,28 %, в полузаросших – 0,77 %. На тестовом участке содержание гумуса на (глубине 0,50 см) весьма низкие – 0,31 %, подвижные формы фосфора, калия, обеспечены очень слабо – 1,5 и 13,2 мг/100 г почвы соответственно. По характеру состоянию деградированности песчаных почв, исследуемый тестовый участок относится – к дефляционному (рис. 2, а).

Согласно работам З.Г. Залибекова [15; 16], П.Д. Гунина [17] и К.Н. Кулика [7] определяющим почвенным фактором стадии опустынивания является физический песок (92,2 %) и сухой остаток (0,030 %), которая на основании общепринятой классификации градаций стадии опустынивания [18; 19] относит ее к стадии очень сильного опустынивания и классу литогенных, образуя массивы движущихся песков.

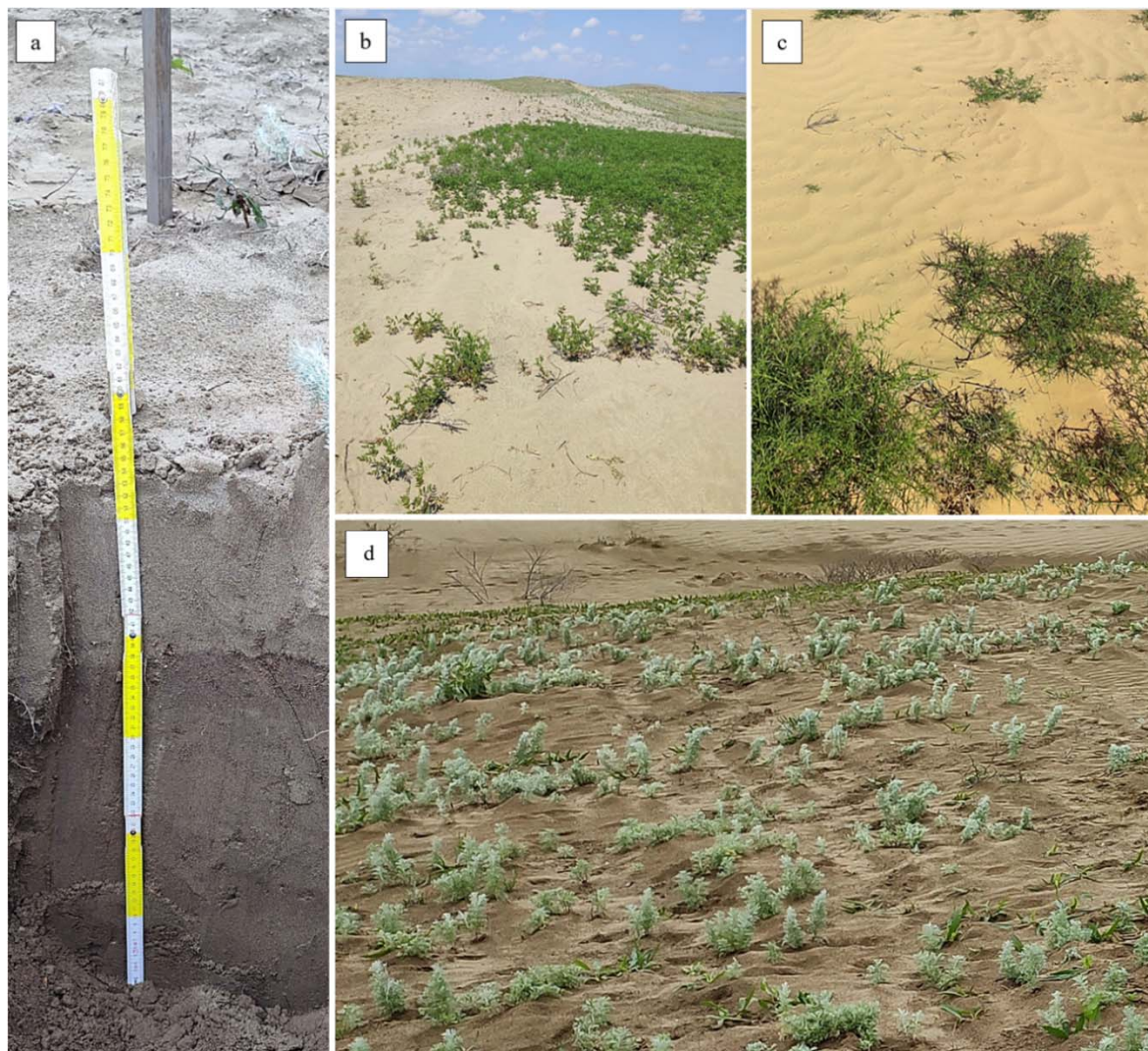


Рисунок 2. Фотоснимки тестового участка: морфологического строения горизонта в песчаных пустынных почвах, на глубине 0–50 см (а) и состав растительности (b, c, d)

Figure 2. Photographs of the test site: morphological structure of the horizon in sandy desert soils at a depth of 0–50 cm (a) and vegetation composition (b, c, d)

Видовой состав растительности относится к разнотравно-кубанковые (*Agropyron sibiricum* + псаммофитное разнотравье) в сочетании с песчано-

ковыльными (*Stipa joannis*) или типчаково-прутняково-тырсовыми степями. Растительный состав на грядово-бугристых песках слабозаросшие и заросшие

растительностью, в составе которой наиболее распространены с проектным покрытием 13–28 %, а местами – с уменьшением до 9–10 %: полынь песчаная (*Artemisia arenaria*) – 25 %, шалфей пустынный (*Salvia deserta*) – 9 %, верблюжья колючка (яндак) (*Alhagi Gagnebin*) – 13 %, житняк сибирский (*Agropyron fragile* (Roth) Candargy) – 15 %, люцерна голубая (*Medicago cerulean* Les.) – 28 %, прутняк (*Kochia prostrata* (L.) Schrad) – 10 %. Разнотравье так же принимает небольшое участие, всего за вегетационный период в ассоциации отмечено 13 видов растений. Основные растения-доминанты – люцерна голубая и полынь песчаная, выделенные нами в укосах как самостоятельные фракции (рис. 2, b, c, d). Высокие бугры зачастую лишены растительности. Пионерами зарастания являются кумарчик растопыренный, или песчаный (*Agriophyllum squarrosum*) и верблюжья колючка, встречающиеся как на крупнозернистых, так и на мелкозернистых развеваемых песках.

Все песчаные массивы на территории исследования используются в качестве зимних пастбищ отгонного животноводства. Однако перегрузка приводит к образованию развеваемых песков. Поэтому для сохранения этих ценных песчаных массивов необходимо применять надлежащие меры предосторожности: исключать из пастбищеоборота сильносбитые участки и проводить коренное улучшение их; практиковать подсев трав и облесение массивов, регулировать пастьбу скота.

На выбранной территории участка полигона нами сделан фотозатлон ландшафта и после компьютерной обработки материалов получена её гистограмма. Выявление распределения пикселей в режиме «Цвета» по гистограмме идентифицирует диапазон фототона и соотносит с объектом, отображая на снимке (рис. 3). Гистограмма с распределением энергии по спектральным каналам позволяет выявить величину отраженной электромагнитной энергии, а также установить и ее распределение в растре [20].

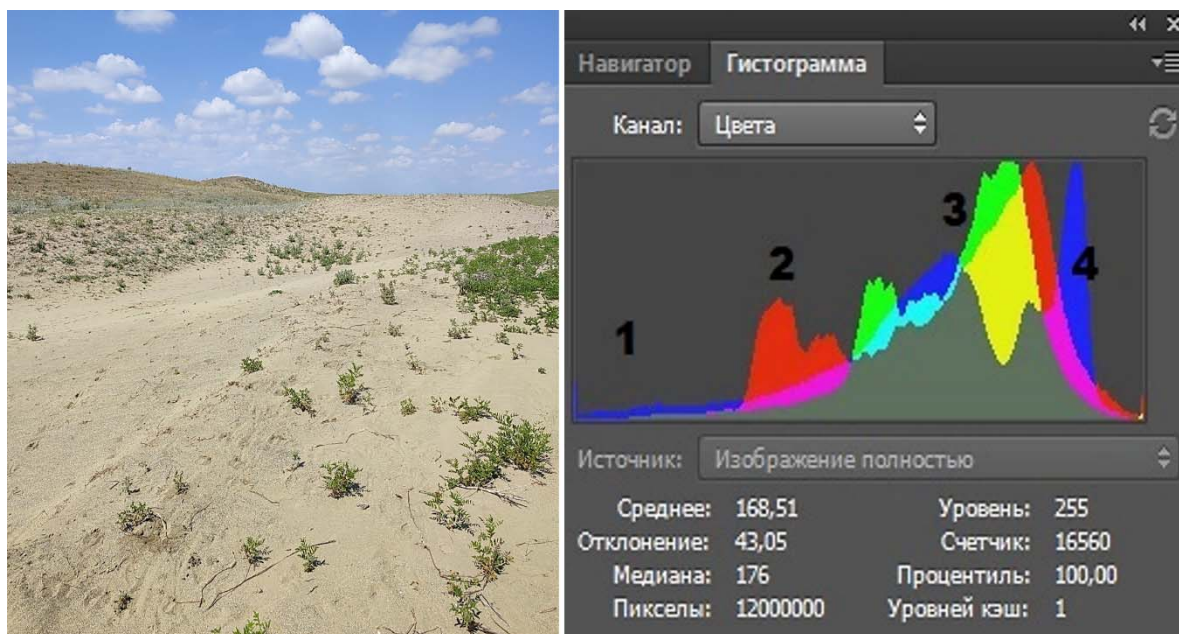


Рисунок 3. Фотозатлон тестового полигона участка «Червлённые Буруны», Ногайский район.

Гистограмма распределения пикселей на фотозатлоне в режиме «Цвета»:

1 – диапазон фототона горизонта; 2 – диапазон фототона растительности; 3 – диапазон фототона песчаного массива; 4 – диапазон фототона неба с облаками

Figure 3. Photographic reference image of the Chervlenye Buruny test site, Nogai district.

Histogram of the pixel distribution on photo reference in the Colors mode: 1 – range of the phototone of the horizon;

2 – range of the phototone of vegetation; 3 – range of the phototone of the sandy massif;

4 – range of the phototone of the sky with clouds

Таким образом, применение современных технологий (компьютерная обработка, дистанционные спутники, цифровые камеры, GPS навигации) позволяет получить фотозатлоны об объекте исследования, которые будут использованы в качестве идентификатора деградации пастбищ. Полученные при проведении геоинформационного анализа данные о степени деградации пастбищных угодий могут быть использованы для поиска новых способов восстановления пастбищ на территории Республики Дагестан [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая результаты исследований почвенно-растительного состава тестового участка расположено в

северной части общего Терского песчаного массива юга-запада Ногайского района, можно сделать выводы.

1. Почвенный покров находится в неразрывной связи с зонально-климатическими факторами и особенностью дельтового почвообразовательного процесса. Песчаные почвы тестового участка характеризуются в основном легким механическим составом (при фракциях 0,05–0,01 мм – 3,3 % и <0,01 мм – 6,2 %), очень слабым содержанием подвижных форм (P_2O_5 – 1,5 мг/100 г почвы и K_2O – 13,2 мг/100 г почвы), реакцией почвенного раствора – до сильнощелочной (рН – 8,6), по виду деградированности – дефляционные. Почвенно-геохимическая природа, в основном хлоридно-сульфатного засоления.

2. По видовому растительному составу относится к разнотравно-кубанковые (*Agropyron sibiricum* + псаммофитное разнотравье) в сочетании с песчано-кочкарными (*Stipa joannis*) или типчаково-прусняково-тырсовыми степями преобладает степная и пионерпесчаная растительность. В вегетационный период доминирующая роль здесь играет люцерна голубая (28 %) и полынь песчаная (25 %).

3. Почвенно-растительный покров исследуемой территории развивается под влиянием зональных климатических условий и пастбищной нагрузки при практическом отсутствии влияния дополнительного увлажнения.

4. Важным источником получения пастбищного корма и сена являются естественные кормовые угодья, на котором необходимо разработать мероприятия, в каждом конкретном случае, по рациональному использованию сенокосов и пастбищ на почвах Терско-Кумской низменности.

5. Фотоэталон применим в качестве идентификатора деградации пастбищных угодий, позволяющий рекомендовать по улучшению агроэкологической ситуации полупустынной зоны Дагестана. Исследование подчёркивает необходимость применения этого методологического подхода к изучению изменений ландшафта.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ рамках Государственного задания ФГБНУ «ФАНЦ РД» (тема № 125042805540-4 FNMN-2025-0009).

ACKNOWLEDGMENT

The work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Task of the FSBSI Federal Agricultural Research Center of the Republic of Dagestan» (topic No. 125042805540-4 FNMN-2025-0009).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Шварц С.С. Экология и биосфера // Сборник статей «Проблемы биогеоценологии, геоботаники и ботанической географии». Ленинград: Наука. Ленингр. отделение, 1973. 307 с.
- Биарсланов А.Б., Шинкаренко С.С., Гаджиев И.Р. Картографирование и анализ сезонной динамики площадей опустынивания на севере Дагестана по ежемесячным композитам Sentinel-2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. N 1. С. 160–175.
- Теймуров С.А., Казиев М-Р.А., Ибрагимов К.М. Оценка современного состояния опустыненных земель Кизлярских пастбищ // Научно-агрономический журнал. 2024. N 2(125). С. 37–44.
- Кулик К.Н., Рулев А.С., Юферев В. Г. Геоинформационный анализ очагов опустынивания на территории Астраханской области // Аридные экосистемы. 2013. Т. 19. N 3(56). С. 87–94.
- Юферев В.Г., Кулик К.Н., Рулев А. С., Бакурова К.Б. Способ определения состояния пастбищ, подверженных деградации. Заявитель ГНУ ВНИАЛМИ Россельхозакадемии. N 2006112379/28. Бюллетень. 2008. N 17. 3 с.
- Кулик К.Н., Рулев А.С., Юферев В.Г. Дистанционно-картографическая оценка деградационных процессов в

- агроландшафтах Юга России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2009. N 4. С. 12–25.
- Кулик К.Н., Петров В.И. История и современность «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ» // Труды института геологии ДНЦ РАН. 2016. N 67. С. 94–97.
 - Юферев В.Г., Беляев А.И., Синельникова К.П. Опустынивание земель сельскохозяйственного назначения в Черноземельском районе Калмыкии // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. N 4(68). С. 465–473.
 - Львов П.Л. Определитель растений Дагестана / Дагест. гос. ун-т им. В. И. Ленина. Махачкала, 1960. 422 с.
 - Гроссгейм А.А. Определитель растений Кавказа. М.: Советская наука, 1949. 747 с.
 - Галушко А.И. Флора Северного Кавказа: определитель. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1978-1980. Т. 1. 328 с., Т. 2. 352 с., Т. 3. 320 с.
 - Красная книга Республики Дагестан (растения) / отв. Г.М. Абдурахманов. Махачкала, 1998. 329 с.
 - Полевая геоботаника / Ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагин. Ленинград: Наука. Ленинградское отделение, 1972. Т. 4. 336 с.
 - Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипов Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз, 1956. 472 с.
 - Залибеков З.Г., Гаджиева А.М. Вопросы классификации и картографии процессов опустынивания земель Терско-Кумской низменности // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2010. N 5.С. 98–102.
 - Залибеков З.Г., Гамзатова Х.М. Типы опустынивания почв и критерии оценки деградационных процессов // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2017. N 2. С. 50–56.
 - Гунин П.Д., Панкова Е.И. История формирования и основные понятия концепции опустынивания в отечественной науке // Природные и антропогенные изменения аридных экосистем и борьба с опустыниванием. Махачкала-Волгоград, 2016. С. 15–20.
 - Бабаев А.Г., Байрамов С.Б. Актуальные проблемы сохранения и рационального использования экосистем средней зоны // Проблемы освоения пустынь. 1985. N 4. С. 14–20.
 - Бананова В.А. Карта антропогенного опустынивания Калмыцкой АССР и ее природоохранное значение // Комплексный мониторинг и прогнозы состояния природной среды. М.: АН СССР, 1991. С. 187–190.
 - Pernar R., Klobucar D. Estimating stand density and condition with the use of picture histograms and visual interpretation of digital orthophotos // Annales experimentis silvarum culturae provehendis. Zagreb: Universitas studiorum Zagrebiensis, Facultas forestalis. 2003. V. 40. P. 81–111.

REFERENCES

- Schwartz S.S. *Ehkologiya i biosfera* [Ecology and the biosphere]. In: [Problems of biogeocenology, geobotany and botanical geography]. Leningrad, Nauka. Leningr. department Publ., 1973, 307 p. (In Russian)
- Biarslanov A.B., Shinkarenko S.S., Gadzhiev I.R. Mapping and analysis of seasonal dynamics of desertification areas in the north of Dagestan using monthly Sentinel-2 composites.

- Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Modern problems of remote sensing of the Earth from space]. 2023, no. 1, pp. 160–175. (In Russian)
3. Teymurov S.A., Kaziev M.R.A., Ibragimov K.M. Assessment of the current state of the deserted lands of the Kizlyar pastures. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal* [Scientific and agronomic journal]. 2024, no. 2(125), pp. 37–44. (In Russian)
4. Kulik K.N., Rulev A.S., Yuferev V.G. Geoinformation analysis of desertification foci in the Astrakhan region. *Aridnyye ehkositemy* [Arid ecosystems]. 2013, vol. 19, no. 3(56), pp. 87–94. (In Russian)
5. Yuferev V.G., Kulik K.N., Rulev A.S., Bakurova K.B. A method for determining the condition of pastures subject to degradation. The applicant is GNU VNIALMI of the Russian Agricultural Academy. No. 2006112379/28. *Byulleten'* [Bulletin]. 2008, no. 17, 3 p. (In Russian)
6. Kulik K.N., Rulev A.S., Yuferev V.G. Remote cartographic assessment of degradation processes in agrolandscapes of Southern Russia. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. [Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: science and higher professional education]. 2009, no. 4, pp. 12–25. (In Russian)
7. Kulik K.N., Petrov V.I. [History and modernity of the "General Scheme for combating desertification of Black lands and Kizlyar pastures"]. In: *Trudy instituta geologii DNC RAN* [Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2016, no. 67, pp. 94–97. (In Russian)
8. Yuferev V.G., Belyaev A.I., Sinelnikova K.P. Desertification of agricultural lands in the Chernozemelsky district of Kalmykia. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversity complex: Science and higher professional education]. 2022, no. 4(68), pp. 465–473. (In Russian)
9. Lvov P.L. *Opredelitel' rastenii Dagestana* [Determinant of plants of Dagestan]. Makhachkala, 1960, 422 p. (In Russian)
10. Grosheim A.A. *Opredelitel' rastenii Kavkaza* [Determinant of plants of the Caucasus]. Moscow, Sovetskaya nauka Publ., 1949, 747 p. (In Russian)
11. Galushko A.I. *Flora Severnogo Kavkaza: opredelitel'* [Flora of the North Caucasus: a determinant]. Rostov-on-Don, Russian State University of Economics Publ., 1978–1980. Vol. 1. 328 p., Vol. 2. 352 p., Vol. 3. 320 p. (In Russian)
12. *Krasnaya kniga Respubliki Dagestan (rasteniya)* [The Red Book of the Republic of Dagestan (plants)]. Makhachkala, 1998, 329 p. (In Russian)
13. Lavrenko E.M., Korchagin A.A. *Polevaya geobotanika* [Field geobotany]. Leningrad, Nauka, Leningrad Branch Publ., 1972, vol. 4, 336 p. (In Russian)
14. Ramenskiy L.G., Tsatsenkin I.A., Chizhikov O.N., Antipov N.A. *Ehkologicheskaya otsenka kormovykh ugodii po rastitel'nomu pokrovu* [Ecological assessment of forage lands by vegetation cover]. Moscow, Selkhozgiz Publ., 1956, 472 p. (In Russian)
15. Zalibekov Z.G., Gadzhieva A.M. Classification and cartography of desertification processes in the Tersko-Kuma lowland. *Izvestiya VUZov. Severo-Kavkazskiy region. Estestvennyye nauki* [News of higher educational institutions. The North Caucasus region. Natural sciences]. 2010, no. 5, pp. 98–102. (In Russian)
16. Zalibekov Z.G., Gamzatova H.M. Types of soil desertification and criteria for assessing degradation processes. *Izvestiya VUZov. Severo-Kavkazskiy region. Estestvennyye nauki* [News of higher educational institutions. The North Caucasus region. Natural sciences]. 2017, no. 2, pp. 50–56. (In Russian)
17. Gunin P.D., Pankova E.I. The history of the formation and basic concepts of the concept of desertification in Russian science. In: *Prirodnye i antropogennyye izmeneniya aridnykh ehkositem i bor'ba s opustynivaniem* [Natural and anthropogenic changes in arid ecosystems and the fight against desertification]. Makhachkala-Volgograd, 2016, pp. 15–20. (In Russian)
18. Babaev A.G., Bayramov S.B. Actual problems of conservation and rational use of ecosystems in the middle zone. *Problemy osvoiniya pustyn'* [Problems of desert development]. 1985, no. 4, pp. 14–20. (In Russian)
19. Bananova V.A. Map of anthropogenic desertification of the Kalmyk ASSR and its environmental significance. *Kompleksnyy monitoring i prognozy sostoyaniya prirodnoy sredy* [Comprehensive monitoring and forecasts of the state of the natural environment]. Moscow, USSR Academy of Sciences Publ., 1991, pp. 187–190. (In Russian)
20. Pernar R., Klobucar D. Estimating stand density and condition with the use of picture histograms and visual interpretation of digital orthophotos. *Annales experimentis silvarum culturae provehendis*. Zagreb, Universitas studiorum Zagrebensis, Facultas forestalis. 2003, vol. 40, pp. 81–111.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Самир А. Теймуров, Магомед-Расул А. Казиев, Абдумеджид А. Багомаев проанализировали данные, представили фактический материал и корректировали рукопись до подачи в редакцию. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Samir A. Teymurov, Magomed-Rasul A. Kaziev and Abdulmedjid A. Bagomaev analysed the data, presented factual material and corrected the manuscript before submission to the Editor. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Самир А. Теймуров / Samir A. Teymurov <https://orcid.org/0000-0002-0336-7380>
 Магомед-Расул А. Казиев / Magomed-Rasul A. Kaziev <https://orcid.org/0000-0002-6929-9034>
 Абдумеджид А. Багомаев / Abdulmedjid A. Bagomaev <https://orcid.org/0009-0000-6721-3180>