СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-24

GEOINFORMATION ANALYSIS OF PASTURE RESOURCES OF ECOTON «MALY SIRT – CASPIAN LOWLAND»

S. S. Shinkarenko

*Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation
of Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia*

Received 16.03.2020

Submitted 01.08.2020

*The work was carried out with the financial support of the Russian Foundation
for Basic Research and the Administration of the Volgograd region in the framework
of the scientific project No. 19-45-343003*

Summary

The article presents the results of geographic information mapping of the pasture resources of the mesoecotone Maly Sirt - Caspian Lowland. The actual pasture areas and the average values of the vegetation index in the context of municipal regions and landscape genera are determined. The dynamics of livestock and pasture loads was also calculated, and the distribution of pastures by productivity is given.

Abstract

Introduction. The relevance is due to the features of the ecotone landscape, which are determined by the transition from the steppe zone to the semi-desert, where the state of the landscape components is dynamic and to a large extent depends on external conditions. Identification of patterns of changes in the state of the landscape will provide an opportunity to scientifically substantiate the rational use of natural resources for efficient business operations. **Object.** The study area is the ecotone «Maly Sirt - Caspian Lowland», the southern boundary of the ecotone passes along latitude 49° 30', the northern border 51° 20' from the Volgograd reservoir in the west to a longitude of about 49°. **Materials and methods.** The study is based on arrays of statistical data on the number of livestock in farms of all categories, remote sensing materials obtained from MODIS spectroradiometer and thematic maps (landscape map of the USSR, data on the underlying surface). All data was re-projected and converted to a vector format for working in the geographic information environment QGIS. For pastures, the weighted average values of the vegetation index in the context of municipal districts and genera of landscapes were calculated. Weighing was carried out on the basis of areas occupied by areas with certain values of the vegetation index. **Results and conclusion.** It is established that in the research region, pastures occupy a large part of the territory - 62.8%, another 19% is represented by a mosaic of arable land and pastures due to inconvenience. The number of cattle in the last decade has been quite stable and amounted to 300-340 thousand heads in different years. The increase in cattle stock in Zhanibeksky (by 71%), Kaztalovsky (by 47%), Bykovsky (by 33%) and Rovensky (60%) districts was offset by a corresponding decrease in the Saratov region (on average by 30-40%). Approximately 82% of pastures belong to semi-desert landscapes, about 17% - to steppe. Most of the pasture land (54.8%) has NDVI values of 0.3-0.35, another 34% of NDVI pastures varies from 0.35 to 0.40. The most productive pastures are located in the Kaztalovsky district of the West Kazakhstan region and the Sovi-etsky and Fedorovsky regions of the Saratov region. The least productive pastures in Dergachevsky, Aleksandrovo-Gaysky, Novouzensky, Pitersky and Rovensky districts of the Saratov region.

Key words: agrolandscape, pastures, natural resource management, land use, GIS, mapping.

Citation. Shinkarenko S.S. Geoinformation analysis of pasture resources of ecotone «Small sirt - Caspian lowland». *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 227-239 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-24.

Author's contribution. The author of this study collected material, analyzed the data and wrote the paper.

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

УДК 633.2(58.02)

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПАСТБИЩНЫХ РЕСУРСОВ МЕЗОЭКОТОНА «МАЛЫЙ СЫРТ - ПРИКАСПИЙСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ»

С.С. Шинкаренко, кандидат сельскохозяйственных наук

*Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 16.03.2020

Дата принятия к печати 01.08.2020

**Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований и Администрации Волгоградской области
в рамках научного проекта № 19-45-343003**

Актуальность обусловлена особенностями ландшафта экотона, которые определены переходом от степной зоны к полупустынной, где состояние компонентов ландшафта динамично и в большой степени зависит от внешних условий. Выявление закономерностей изменения состояния ландшафта даст возможность научно обосновать рациональное пользование природными ресурсами для эффективного ведения хозяйственной деятельности. **Объект.** Территория исследования - экотон «Малый Сырт – Прикаспийская низменность». Южная граница экотона проходит по широте 49° 30', северная – 51° 20' от Волгоградского водохранилища на западе до долготы около 49°. **Материалы и методы.** Исследование основано на массивах статистических данных поголовья скота в хозяйствах всех категорий, материалах дистанционного зондирования, получаемых по данным спутника MODIS и тематических картах (ландшафтная карта СССР, данные о подстилающей поверхности). Все данные были перепроецированы и перекодированы в векторный формат для работы в геоинформационной среде QGIS. Для пастбищ рассчитаны средневзвешенные значения вегетационного индекса в разрезе муниципальных районов и родов ландшафтов. Взвешивание производилось на основе площадей, занятых участками с определенными значениями вегетационного индекса. **Результаты и выводы.** Установлено, что в регионе исследований пастбища занимают большую часть территории – 62,8 %, еще почти 19 % представляет мозаика из пашни и пастбищ по неудобьям. За последние десятилетия существенно выросло поголовье скота, в первую очередь овец и коз. Поголовье КРС в последнее десятилетие было достаточно стабильно и составляло 300-340 тыс. голов в разные годы. Увеличение поголовья КРС в Жанибекском (на 71 %), Казталовском (на 47 %), Быковском (на 33 %) и Ровенском (на 60 %) районах компенсировалось соответствующим снижением в Саратовской области (в среднем на 30-40 %). Примерно 82 % пастбищ относятся к полупустынным ландшафтам, около 17 % – к степным. Большая часть пастбищных земель (54,8 %) имеет значения NDVI 0,3-0,35, еще 34 % пастбищ NDVI изменяется от 0,35 до 0,40. Наиболее продуктивные пастбища расположены в Казталовском районе Западно-Казахстанской области и Советском и Федоровском районах Саратовской области. Наименее продуктивные пастбища в Дергачёвском, Александрово-Гайском, Новоузенском, Питерском и Ровенском районах Саратовской области.

Ключевые слова: агроландшафт, пастбища, природопользование, землепользование, геоинформационные технологии, картографирование.

Цитирование. Шинкаренко С.С. Геоинформационный анализ пастбищных ресурсов мезоэкотона «Малый сырт - Прикаспийская низменность». *Известия НВ АУК.* 2020. 3 (59). 227-239. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-24.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования собрал материал, проанализировал данные и написал рукопись.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Экотон «Малый Сырт – Прикаспийская низменность» представляет собой переходную зону от сухостепных к полупустынным ландшафтам [11]. В силу природных особенностей (засушливый климат, комплексный почвенный покров с участием солонцов, засоленные грунтовые воды) район исследований сложен для сельскохозяйственного освоения [2, 3, 12, 22]. Развитие орошения с середины 1970-х годов привело к вторич-

ному засолению почв, подъему уровня грунтовых вод и их засолению [4, 15, 16, 24]. Вывод из обращения больших площадей пашни в конце XX в. привел к постепенному восстановлению экосистем [6, 7]. Снижение поголовья скота и благоприятные климатические изменения способствовали восстановлению продуктивности пастбищ [21, 25, 26]. В этих условиях фермерское животноводческое направление может стать перспективным направлением сельского хозяйства в регионе, особенно при проведении фитомелиоративных работ [18]. В северной части района исследований возможно выращивание сельскохозяйственных культур, но обязательно поддержание защитных лесных насаждений в удовлетворительном состоянии и создание новых лесных полос, где это требуется [10, 16].

Выявление закономерностей изменения состояния ландшафтов с учетом особенностей рельефа, пространственной дифференциации почв и растительности в переходной зоне «Малый Сырт – Прикаспийская Низменность» послужит основой для ландшафтного планирования мелиоративных работ и организации сельскохозяйственного производства в сложных, меняющихся условиях изучаемого экотона. Целью данного исследования является определение актуальных площадей, которые используются или могут использоваться как пастбища, а также оценка продуктивности этих земель и их ландшафтных особенностей по материалам дистанционного зондирования Земли и на основе электронных тематических карт.

Объект исследования. Территория рассматриваемого экотона «Малый Сырт – Прикаспийская низменность» относится к Заволжской сухостепной провинции и представлена темно-каштановыми, каштановыми почвами и их в различной степени смытыми видами, лугово- и луговато-каштановыми, лиманными и пойменными почвами, солонцами [11]. Ландшафты представлены следующими типами: степным (сухостепной подтип), полупустынным и пустынным (северопустынный подтип) [8; 19]. Южная граница экотона проходит по широте $49^{\circ} 30'$, северная – $51^{\circ} 20'$ от Волгоградского водохранилища на западе до долготы около 49° . Объект исследований расположен на территории трех областей: Волгоградской (четыре муниципальных района) и Саратовской (10 районов) в России и Западно-Казахстанской в респ. Казахстан (два района).

Материалы и методы. Исследование основано на массивах статистических данных поголовья скота в хозяйствах всех категорий (<https://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst.htm>), материалах дистанционного зондирования (информационный продукт MOD13Q1 NDVI, получаемый по данным спектрорадиометра MODIS (спутник Terra)) и тематических продуктах (слои Open Street Map и USGS Land Use/Land Cover System). По данным Open Street Map (<http://data.nextgis.com>) определены границы муниципальных образований, на территории которых расположен район исследований. Данные USGS Land Use/Land Cover System представляют собой растры разрешением около 450 м, в каждой ячейке которого прописан код типа подстилающей поверхности (всего 24 типа). Для удобства типы, представленные в районе исследований, были объединены в 5 групп: пашни, мозаика из пастбищ и пашни, пастбища, водные объекты, урбанизированные территории (рисунок 1).

Рисунок 1 – Структура подстилающей поверхности района исследований по данным USGS Land Use/Land Cover System (I – границы областей, II – границы районов (номера см. табл. 1), III – типы подстилающей поверхности: а – мозаика пашни и пастбищ, б – пашни, с – пастбища, d – урбанизированные территории, е – водные объекты, f – лес)

Figure 1 – Land cover structure of the research area according to the USGS Land Use / Land Cover System (I - boundaries of regions, II - boundaries of regions, III - types of land cover: a – cropland/grassland mosaic, b – cropland, c – grassland, d – urban, e – water bodies, f – forest)

Растровые данные USGS были преобразованы в векторный формат, после чего полученный геоинформационный слой типов подстилающей поверхности был пересечен слоем-маской с границами муниципальных образований. После этого стал возможен подсчет площадей земель, которые могут быть использованы как пастбища, по каждому муниципальному району.

Данные MOD13Q1 NDVI представляют собой 16-ти дневные растровые композиты (усреднение суточных NDVI за шестнадцать дней) разрешением примерно 250x400 м. Предварительно растры были перекодированы в формат GeoTiff и перепроецированы из исходной синусоидальной проекции в общеземную систему WGS 84. После чего произведено усреднение NDVI за вегетационные сезоны 2000-2019 гг. Вегетационный индекс NDVI связан с площадью листовой поверхности растений и продуктивностью сообществ, поэтому может применяться для анализа состояния растительности. Определяется как нормализованная разница между спектральной яркостью в ближнем инфракрасном и красном диапазонах. Для каждого муниципального района были рассчитаны средневзвешенные среднемноголетние, медианные значения и стандартные отклонения NDVI. Арифметическое взвешивание основывалось на площадях в качестве весов:

$$\overline{\text{NDVI}} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \text{NDVI}_i}{\sum_{i=1}^n S_i},$$

где $\overline{\text{NDVI}}$ – средневзвешенное значение NDVI, S_i – площадь i-го участка, NDVI_i – средний нормализованный вегетационный индекс i-го участка.

Статистические данные о поголовье скота в муниципальных районах были сведены в одну таблицу, после чего присоединены через связанное поле-идентификатор к таблице атрибутов слоя с границами муниципальных образований. Это позволило рассчитать пастбищные нагрузки (площадь пастбищ была определена на предыдущем этапе). При переводе поголовья с условные головы КРС использованы общепринятые коэффициенты [5].

Ландшафтное районирование приводится по работе [19]. Ландшафтная карта из-

начально представлена в формате векторного слоя, поэтому легко была добавлена в разработанную локальную ГИС. Геоинформационная обработка произведена в программе QGIS 3.2, статистический анализ выполнен в программе Microsoft Office Excel. Площади рассчитаны на эллипсоиде WGS 84.

Результаты и обсуждение. На рисунке 2 показано распределение поголовья овец и коз в муниципальных районах в регионе исследований. Наибольшее поголовье сосредоточено в южной выровненной части: Волгоградской и Западно-Казахстанской областях. Тем не менее, большие пастбищные нагрузки характерны для Саратовской области, в силу меньших площадей пастбищных земель. Например, в Фёдоровском и Ровенском районах нагрузки превышают 1 усл. гол. КРС / га. Всего доля пастбищных земель в районах меняется от 7 % (Советский) до 80-90 % в Палласовском, Энгельсском и Жанибекском районах. В районах с сильной эрозионной расчлененностью больше доля мозаики из пастбищ и пашен: Советский (52 %), Краснокутский (49,6 %), Ершовский (48,3 %), Фёдоровский (47,5 %) районы Саратовской области.

Рисунок 2 – Динамика поголовья овец и коз в муниципальных районах в 2008-2018 гг. (I – границы областей, II – границы районов (номера см. табл. 1), III – поголовье овец и коз в 2018 г.)

Figure 2 – The dynamics of the livestock of sheep and goats in municipal areas in 2008-2018. (I - the boundaries of the regions, II - the boundaries of the districts, III - the number of sheep and goats in 2018)

В регионе в последнее десятилетие отмечается устойчивый рост поголовья скота (рисунок 3). При этом поголовье КРС было достаточно стабильно и составляло 300-340 тыс. голов в разные годы. Увеличение поголовья КРС в Жанибекском (на 71 %), Казталовском (на 47 %), Быковском (на 33 %) и Ровенском (на 60 %) районах компенсировалось соответствующим снижением в Саратовской области (в среднем на 30-40 %).

Рисунок 3 – Динамика поголовья скота в районе исследований
(1 – КРС, 2 – овцы и козы, 3 – лошади)

Figure 3 – The dynamics of livestock in the research area (1 – cattle, 2 – sheep and goats, 3 - horses)

Поголовье овец и коз за десятилетие выросло на 25 % и составило 903 тыс. гол., среднегодовое увеличение 23,1 тыс. гол. в год. Наибольшее увеличение поголовья мелкого рогатого скота по сравнению с 2009 г. отмечено в Быковском (в 2,1 раза), Казталовском (в 2 раза), Ровенском, Жанибекском (в обоих в 1,5 раза) районах. Наибольшее снижение поголовья характерно для Александрово-Гайского (на 42 %), Новоузенского (28 %), Советского и Краснокутского (по 20 %) районов Саратовской области. В остальных районах поголовье овец и коз оставалось приблизительно на одном уровне, изменяясь на 10-15 % в разные годы.

Рисунок 4 – Ландшафтная карта района исследований (I – границы областей, II – границы районов (номера см. табл. 1), III – ландшафты: полупустынные: а – аллювиально-аккумулятивные, b – денудационные структурные, с – морские аккумулятивные, d – озерно-аллювиально аккумулятивные, e – речные долины, f – солончаковые аккумулятивные; g – северопустынные морские аккумулятивные; сухостепные: h – аллювиально-аккумулятивные, i – делювиально-пролювиальные аккумулятивные, j – денудационно-эрозионные пластовые, k – лессовые аккумулятивные, l – речные долины)

Figure 4 – Landscape map of the research area (I - the boundaries of the regions, II - the boundaries of the districts, III - landscapes: semi-desert: a - alluvial-accumulative, b - denudational structural, c - marine accumulative, d - lake-alluvial accumulative, e - river valleys, f - solonchak accumulative; g - north-desert marine accumulative; dry steppe: h - alluvial-accumulative, i - deluvial-proluvial accumulative, j - erosion denudation reservoir, k - loess accumulative, l - river valleys)

На территории казахстанской части изучаемого района существенно выросло поголовье лошадей: в 3,7 раза в Жанибекском районе, и в 3,4 раза в Казталовском, и достигло почти 27,5 тыс. голов. В то время как на территории России количество лошадей оставалось практически неизменным на уровне 18-19 тыс. голов.

Пастбищные нагрузки необходимы для изучаемых ландшафтов, поскольку накопление растительной ветоши способствует распространению степных пожаров в регионе [20]. В настоящее время поголовье скота распределено неравномерно, большие площади пастбищ не используются, в то время как участки, прилегающие к населенным пунктам и существующим фермам, подвержены перевыпасу. Различные типы ландшафтов отличаются устойчивостью к пастбищным нагрузкам. В изучаемом регионе ландшафты относятся к трем типам (рисунок 4): степному (18 %), полупустынному (81,5 %) и пустынному (0,5 %) со степным типом растительности [13].

Всего в регионе примерно 63 % пастбищ (рисунок 1). В волгоградской и казахстанской частях района исследований 95 % и 98 % пастбищ соответственно относятся к полупустынным ландшафтам (таблица 1), в Саратовской только 28 % ландшафтов этого типа. К степному типу ландшафтов в саратовской части относится 72 % пастбищ.

Таблица 1 – Площади пастбищ разных типов ландшафтов в районе исследований

Table 1 – Area of landscape types in the study area

№	Район / District	Площадь, тыс. га / Pasture area, thousand ha			
		Степные / Steppe	Полупустынные / Semidesert	Пустынные / Desert	Всего / Total
1	Быковский / Bykovskii	0,0	175,0	0,0	175,0
2	Николаевский / Nikolaevskii	0,0	152,4	0,0	152,4
3	Палласовский / Pallasovskii	1,8	1024,0	0,0	1025,8
4	Старополтавский / Staropoltavskii	78,2	93,0	0,0	171,2
5	Александрово-Гайский / Aleksandrovo-Gaiskii	2,1	200,0	0,0	202,1
6	Дергачёвский / Dergachevskii	266,3	5,3	0,0	271,6
7	Ершовский / Ershovskii	131,2	3,6	0,0	134,8
8	Краснокутский / Krasnokutskii	38,6	6,2	0,0	44,7
9	Новоузенский / Novouzenskii	125,6	76,2	0,0	201,7
10	Питерский / Piterskii	82,7	13,3	0,0	96,1
11	Ровенский / Rovenskii	56,9	1,4	0,0	58,3
12	Советский / Sovetskii	10,3	0,0	0,0	10,3
13	Фёдоровский / Fedorovskii	51,6	0,3	0,0	51,9
14	Энгельсский / Engel'sskii	29,4	0,0	0,0	29,4
15	Жанибекский / Zhanibekskii	45,7	673,9	1,2	720,9
16	Казталовский / Kaztalovskii	0,0	1711,2	10,7	1721,8
Всего / Total		920,4	4135,6	11,9	5067,9

Все пустынные ландшафты расположены в южных частях районов Западно-Казахстанской области, практически не попадая в границы изучаемой переходной зоны. Степные ландшафты Волгоградской области относятся по происхождению к аллювиально-аккумулятивным и делювиально-пролювиальным. В Саратовской области

степные ландшафты также представлены денудационно-эрозионно пластовыми, лессовыми аккумулятивными, а также ландшафтами речных долин. В Западно-Казахстанской области имеются только делювиально-пролювиальные ландшафты степного типа. Около 65 % процентов территории представлены полупустынными морскими аккумулятивными ландшафтами. Также в этом типе ландшафтов в районе исследований есть аллювиально-аккумулятивные, денудационные структурные, озерно-аккумулятивные, солончаковые аккумулятивные и ландшафты речных долин.

Для анализа продуктивности пастбищных ландшафтов традиционно применяют нормализованный вегетационный индекс NDVI [1, 9, 17, 23]. Несмотря на низкое пространственное разрешение, данные MODIS NDVI широко применяются для анализа состояния растительности, так как имеют ряд преимуществ: непрерывный ряд значений, нет необходимости делать радиометрическую калибровку и коррекцию атмосферных искажений. Карта среднесезонных значений NDVI показана на рисунке 5. Большие значения вегетационного индекса имеют пойменные ландшафты и участки с лесными насаждениями. Меньшими значениями индекса характеризуются полупустынные пастбища и мозаика пахотных и пастбищных земель. Средневзвешенное значение NDVI пастбищ района исследований за 2000-2019 гг. составляет 0,34 (таблица 2), что соответствует общему проективному покрытию 30-40 %. При этом наиболее продуктивные пастбища расположены в Казталовском районе Западно-Казахстанской области и Советском и Фёдоровском районах Саратовской области. Наименее продуктивные пастбища в Дергачёвском, Александрово-Гайском, Новоузенском, Питерском и Ровенском районах Саратовской области.

Рисунок 5 – Среднесезонные значения NDVI (I – границы областей, II – границы районов, IV – границы экотона)

Figure 5 – Long-term average NDVI values . (I - the boundaries of the regions, II - the boundaries of the districts, IV – ecotone border)

Наибольшие значения NDVI характерны для степных ландшафтов речных долин (0,42) и степных аллювиально-аккумулятивных ландшафтов (0,40). Полупустынные солончаковые аккумулятивные и пустынные ландшафты имеют NDVI 0,28. В остальных подтипах ландшафтов значения NDVI лежат в интервале 0,35-0,36.

Таблица 2 – Средневзвешенные значения NDVI

Table 2 – Weighted arithmetic mean of NDVI

№	Район / District	Средневзвешенные значения NDVI / Weighted arithmetic mean of NDVI		
		Среднее / Mean	Медиана / Median	Ст. отклоне- ние / St. dev.
1	Быковский / Bykovskii	0,37	0,37	0,02
2	Николаевский / Nikolaevskii	0,37	0,37	0,03
3	Палласовский / Pallasovskii	0,36	0,35	0,03
4	Старополтавский / Staropoltavskii	0,36	0,36	0,03
5	Александрово-Гайский / Aleksandrovo-Gaiskii	0,34	0,33	0,02
6	Дергачёвский / Dergachevskii	0,33	0,33	0,02
7	Ершовский / Ershovskii	0,36	0,35	0,03
8	Краснокутский / Krasnokutskii	0,37	0,37	0,03
9	Новоузенский / Novouzenskii	0,34	0,33	0,03
10	Питерский / Pitserskii	0,34	0,33	0,02
11	Ровенский / Rovenskii	0,34	0,33	0,03
12	Советский / Sovetskii	0,40	0,39	0,03
13	Фёдоровский / Fedorovskii	0,39	0,39	0,02
14	Энгельсский / Engel'sskii	0,36	0,36	0,03
15	Жанибекский / Zhanibekskii	0,37	0,37	0,03
16	Казталовский / Kaztalovskii	0,42	0,42	0,02
Всего / Total		0,34	0,34	0,02

Примерно 55 % всех пастбищ региона исследований имеют значения вегетационного индекса от 0,3 до 0,35, еще 34 % – от 0,35 до 0,4. Например, в Казталовском и Жанибекском районах расположено более половины (1,5 млн га) пастбищ с NDVI 0,3-0,35. Ландшафты со значениями вегетационного индекса 0,35-0,40 распределены относительно равномерно: по 550-580 тыс. га в каждом из регионов. Пастбища со значениями NDVI менее 0,3 в регионе исследований занимают 7,4 % площади, со значениями NDVI более 0,4 – всего 3,6 %. Максимальные значения NDVI имеют пастбища речных долин Дергачевского района, минимальные – полупустынные солончаково-аккумулятивные – в Казталовском, Жанибекском и Палласовском районах. При этом тенденция динамики NDVI направлена на снижение: наблюдается устойчивый негативный тренд NDVI в 2000-2016 гг. [14].

Выводы. Результаты исследований могут использоваться для оптимизации сельскохозяйственного производства и перераспределения пастбищных нагрузок в районе исследований. В регионе исследований пастбища занимают большую часть территории – 62,8 %, еще почти 19 % представляет мозаика из пашни и пастбищ по неудобьям. Доля пастбищных земель в районах меняется от 7 % (Советский) до 80-90 % в Палласовском, Энгельсском и Жанибекском районах. В районах с сильной эрозийной расчлененностью больше доля мозаики из пастбищ и пашен: Советский (52 %), Краснокутский (49,6 %), Ершовский (48,3 %), Фёдоровский (47,5 %) районы Саратовской области.

В регионе в последнее десятилетие отмечается устойчивый рост поголовья скота. При этом поголовье КРС было достаточно стабильно и составляло 300-340 тыс. голов в разные годы. Увеличение поголовья КРС в Жанибекском (на 71 %), Казталовском (на 47 %), Быковском (на 33 %) и Ровенском (на 60 %) районах компенсировалось соответствующим снижением в Саратовской области (в среднем на 30-40 %).

В Волгоградской и казахстанской частях района исследований 95 % и 98 % пастбищ соответственно относятся к полупустынным ландшафтам, в Саратовской только 28 % ландшафтов этого типа. К степному типу ландшафтов в саратовской

части относится 72 % пастбищ. Все пустынные ландшафты расположены в южных частях районов Западно-Казахстанской области, практически не попадая в границы изучаемой переходной зоны.

Средневзвешенное значение NDVI пастбищ района исследований за 2000-2019 гг. составляет 0,34, что соответствует общему проективному покрытию 30-40 %. При этом наиболее продуктивные пастбища расположены в Казталовском районе Западно-Казахстанской области и Советском, Фёдоровском районах Саратовской области. Наименее продуктивные пастбища в Дергачёвском, Александрово-Гайском, Новоузенском, Питерском и Ровенском районах Саратовской области. Наибольшие значения NDVI характерны для степных ландшафтов речных долин и степных аллювиально-аккумулятивных ландшафтов.

Библиографический список

1. Возможности дистанционной оценки состояния и степени деградации природных кормовых угодий / Ерошенко Ф.В., Барталев С.А., Лапенко Н.Г., Самофал Е.В., Сторчак И.Г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 7. С. 53-66.
2. Конюшкова М.В., Абатуров Б.Д. Особенности микрорельефа и свойства почв солонцового комплекса на поздних стадиях развития в Прикаспийской низменности // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2016. № 83. С. 53-76.
3. Кулик К.Н., Ткаченко Н.А. Адаптивно-ландшафтная трансформация малопродуктивных и деградированных земель волгоградского Заволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 2(30). С. 3-8.
4. Кулик К.Н., Ткаченко Н.А., Кошелев А.В. Использование ГИС-технологий при оценке антропогенной нагрузки на агроландшафты волгоградского Заволжья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. № 2(52). С. 161-163.
5. Манаенков А.С., Воронина В.П., Вдовенко А.В. Методические рекомендации по фитомелиорации аридных территорий и нормы нагрузки на природные пастбища. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. 80 с.
6. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство)» (под ред. Р.С.-Х. Эдельгериева). Т. 2. М.: ООО «Издательство МБА», 2019. 476 с.
7. Пугачева А.М. Восстановление экосистем на залежах на комплексных каштановых почвах сухих степей // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 1 (21). С. 234-240.
8. Рулев А.С., Кошелева О.Ю., Шинкаренко С.С. Геоморфологические критерии проведения лесомелиорации ландшафтов (на примере Приэльтонья) // Геоморфология. 2017. № 2. С. 63-71.
9. Рулев А.С., Канищев С.Н., Шинкаренко С.С. Анализ сезонной динамики NDVI естественной растительности Заволжья Волгоградской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 113-123.
10. Рулев А.С., Пугачева А.М. Формирование новой агролесомелиоративной парадигмы // Вестник РАН. 2019. Т. 89. № 10. С. 1044-1051.
11. Рулев А.С., Юферов В.Г., Рулев Г.А. Почвенно-геоморфологическая катена «Малый сырт – Прикаспий» // Геоморфология. 2020. № 1. С. 22-33.
12. Сапанов М.К., Сиземская М.Л., Ахмеденов К.М. Этапы освоения и современное использование засушливых земель Северного Прикаспия // Аридные экосистемы. – 2015. – Т. 21. – № 3(64). – С. 84-91.
13. Сафронова И.Н. Полупустыня - парадокс XX века // Аридные экосистемы. 2019. Т. 25. № 1(78). С. 3-9.
14. Тельнова Н.О. Выявление и картографирование многолетних трендов NDVI для оценки вклада изменений климата в динамику биологической продуктивности агроэкосистем лесостепной и степной зон Северной Евразии // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. №6. С. 97-107.

15. Ткаченко Н.А. Качественная оценка и картографирование деградации пахотных земель волгоградского Заволжья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 2 (46). С. 21-23.
16. Ткаченко Н.А., Кошелев А.В. Картографирование защитной лесистости агроландшафтов волгоградского Заволжья // Вестник АПК Ставрополя. 2017. № 2(26). С. 137-143.
17. Харазми Р., Паниди Е.А., Каркон Варнасадерани Оценка динамики аридных экосистем на основе временных рядов космических снимков // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 5. С. 214-223.
18. Шамсутдинов З.Ш., Косолапов В.М., Шамсутдинова Э.З., Благоразумова М.В., Шамсутдинов Н.З. О концепции экологической ниши и ее роли в практике конструирования адаптивных аридных пастбищных агроэкосистем // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 2. С. 270-281.
19. Швиденко А., Щепашенко Д., МакКаллум Я. СД-РОМ «Леса и лесное хозяйство России» Международный институт прикладного системного анализа и Российская Академия наук. Лаксенбург, Австрия. 2007. URL: http://www.iiasa.ac.at/Research/FOR/forest_cdrom/index.html
20. Шинкаренко С.С., Берденгалиева А.Н. Анализ многолетней динамики степных пожаров в Волгоградской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 98–110.
21. Kouzmina J.V., Treshkin S.E. Climate changes in the basin of the Lower Volga and their influence on the ecosystem // Arid ecosystems. 2014. Vol. 4.No. 3. P. 142-157.
22. Krasnoyarova B.A., Orlova I.V., Plutalova T.G., Sharabarina S.N. Landscape-Ecological Assessment of Dry Lands of the Russian-Kazakhstan Border Zone for Sustainable Land Use // Arid Ecosystems. 2019. Т. 9. № 3. P. 150-156.
23. Lehnert L.W., Meyer H., Meyer N. A hyperspectral indicator system for rangeland degradation on the Tibetan Plateau: A case study towards spaceborne monitoring // Ecological Indicators. 2014. Vol. 39. P. 54–64.
24. Plekhanova L.N. Anthropogenic Degradation of Soils on River Terraces in the Volga–Ural Region in the Bronze Age and Its Effect on the Modern Soil–Plant Cover // Arid Ecosystems. 2019. Т. 9. № 3. P. 187-192.
25. Sapanov M.K. Environmental Implications of Climate Warming for the Northern Caspian Region // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8, №. 1. P. 13-21.
26. Zolotokrylin A.N., Titkova T.B., Cherenkova E.A., Vinogradova V.V. Dynamics of Summer Moistening and Biophysical Parameters of Arid Pastures in the European Part of Russia in 2000–2014 // Arid Ecosystems. 2016. Т. 6. № 1. P. 5-10.

Conclusions. In the research region, pastures occupy a large part of the territory - 62.8%, another 19% is represented by a mosaic of cropland and pastures due to inconvenience. The share of pasture land in the regions varies from 7% (Sovietskii) to 80-90% in the Pallasovskii, Engelsskii and Zhanibekskii districts. In areas with strong erosive dissection, the proportion of mosaics from pastures and arable lands is greater: Sovetsky (52%), Krasnokutskii (49.6%), Ershovskii (48.3%), Fedorovskii (47.5%) areas of the Saratov region.

The region has seen a steady increase in livestock over the past decade. At the same time, the number of cattle was quite stable and amounted to 300-340 thousand heads in different years. The increase in cattle stock in Zhanibekskii (by 71%), Kaztalovskii (by 47%), Bykovskii (by 33%) and Rovenskii (60%) districts was offset by a corresponding decrease in the Saratov region (on average by 30-40%).

In the Volgograd and Kazakhstan parts of the study area, 95% and 98% of pastures respectively belong to semi-desert landscapes, in Saratov only 28% of landscapes of this type. 72% of pastures belong to the steppe type of landscape in the Saratov part. All desert landscapes are located in the southern parts of the regions of the West Kazakhstan region, almost without falling into the boundaries of the studied transition zone.

The weighted average value of NDVI pastures of the research area for 2000-2019. is 0.34, which corresponds to a total projective coverage of 30-40%. The most productive pastures are located in the Kaztalovsky district of the West Kazakhstan region and the Sovietskii and Fedorovskii districts of the Saratov region. The least productive pastures in Dergachevskii, Aleksandrovo-Gayskii, Novouzenskii, Pitserskii and Rovenskii districts of the Saratov region. The highest NDVI values are characteristic of steppe landscapes of river valleys and steppe alluvial-accumulative landscapes.

Reference

1. Eroshenko F.V., Bartalev S.A., Lapenko N.G., Samofal E.V., Storchak I.G. Vozmozhnosti distantsionnoi otsenki sostoyaniya i stepeni degradatsii prirodnkh kormovykh ugodii // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2018. T. 15. № 7. P. 53-66.
2. Konyushkova M.V., Abaturon B.D. Osobennosti mikrorel'efa i svoystva pochv solontso-vogo kompleksa na pozdnikh stadiyakh razvitiya v Prikaspiiskoi nizmennosti // *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva*. 2016. № 83. P. 53-76.
3. Kulik K.N., Tkachenko N.A. Adaptivno-landshaftnaya transformatsiya maloproduktivnykh i degradirovannykh zemel' volgogradskogo Zavolzh'ya // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2013. № 2(30). P. 3-8.
4. Kulik K.N., Tkachenko N.A., Koshelev A.V. Ispol'zovanie GIS-tekhnologii pri otsenke antropogennoi nagruzki na agrolandshafty volgogradskogo Zavolzh'ya // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015. № 2(52). P. 161-163.
5. Manaenkov A.S., Voronina V.P., Vdovenko A.V. Metodicheskie rekomendatsii po fitomeliioratsii aridnykh territorii i normy nagruzki na prirodnye pastbishcha. Volgograd: VNIALMI, 2013. 80 p.
6. Natsional'nyi doklad «Global'nyi klimat i pochvennyi pokrov Rossii: opustynivanie i degradatsiya zemel', institutsional'nye, infrastrukturnye, tekhnologicheskie mery adaptatsii (sel'skoe i lesnoe khozyaistvo)» (pod red. R.S.-Kh. Edel'gerieva). T. 2. M.: OOO «Izdatel'stvo MBA», 2019. 476 p.
7. Pugacheva A.M. Vosstanovlenie ekosistem na zalezakh na kompleksnykh kashtanovykh pochvakh sukhikh stepei // *Vestnik APK Stavropol'ya*. 2016. № 1 (21). P. 234-240.
8. Rulev A.S., Kosheleva O.Yu., Shinkarenko S.S. Geomorfologicheskie kriterii provedeniya lesomeliioratsii landshaftov (na primere Priel'ton'ya) // *Geomorfologiya*. 2017. № 2. P. 63-71.
9. Rulev A.S., Kanishchev S.N., Shinkarenko S.S. Analiz sezonnoi dinamiki NDVI estestvennoi rastitel'nosti Zavolzh'ya Volgogradskoi oblasti // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2016. Vol. 13. № 4. P. 113-123.
10. Rulev A.S., Pugacheva A.M. Formirovanie novoi agrolesomeliiorativnoi paradigmy // *Vestnik RAN*. 2019. Vol. 89. № 10. P. 1044-1051.
11. Rulev A.S., Yuferev V.G., Rulev G.A. Pochvenno-geomorfologicheskaya katena «Malyi syrt – Prikaspii» // *Geomorfologiya*. 2020. № 1. P. 22-33.
12. Sapanov M.K., Sizemskaya M.L., Akhmedenov K.M. Etapy osvoeniya i sovremennoe ispol'zovanie zasushlivykh zemel' Severnogo Prikaspiya // *Aridnye ekosistemy*. 2015. Vol. 21. № 3(64). P. 84-91.
13. Safronova I.N. Polupustynya - paradoks KhKh veka // *Aridnye ekosistemy*. 2019. Vol. 25. № 1(78). P. 3-9.
14. Tel'nova N.O. Vyyavlenie i kartografirovaniye mnogoletnykh trendov NDVI dlya otsenki vklada izmenenii klimata v dinamiku biologicheskoi produktivnosti agroekosistem lesostepnoi i stepnoi zon Severnoi Evrazii // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2017. Vol. 14. №6. P. 97-107.
15. Tkachenko N.A. Kachestvennaya otsenka i kartografirovaniye degradatsii pakhotnykh zemel' volgogradskogo Zavolzh'ya // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014. № 2 (46). P. 21-23.
16. Tkachenko N.A., Koshelev A.V. Kartografirovaniye zashchitnoi lesistosti agrolandshaftov volgogradskogo Zavolzh'ya // *Vestnik APK Stavropol'ya*. 2017. № 2(26). P. 137-143.
17. Kharazmi R., Panidi E.A., Karkon Varnasaderani Otsenka dinamiki aridnykh ekosistem na osnove vremennykh ryadov kosmicheskikh snimkov // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2016. Vol. 13. № 5. P. 214-223.

18. Shamsutdinov Z.Sh., Kosolapov V.M., Shamsutdinova E.Z., Blagorazumova M.V., Shamsutdinov N.Z. O kontseptsii ekologicheskoi nishi i ee roli v praktike konstruirovaniya adaptivnykh aridnykh pastbishchnykh agroekosistem // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2018. Vol. 53. № 2. P. 270-281.
19. Shvidenko A., Shchepashchenko D., MakKallum Ya. SD-ROM «Lesa i lesnoe khozyaistvo Rossii» Mezhdunarodnyi institut prikladnogo sistemnogo analiza i Rossiiskaya Akademiya nauk. Laksenburg, Avstriya. 2007. URL: http://www.iiasa.ac.at/Research/FOR/forest_cdrom/index.html
20. Shinkarenko S.S., Berdengalieva A.N. Analiz mnogoletnei dinamiki stepnykh pozharov v Volgogradskoi oblasti // Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2019. Vol. 16. № 2. P. 98-110.
21. Kouzmina J.V., Treshkin S.E. Climate changes in the basin of the Lower Volga and their influence on the ecosystem // Arid ecosystems. 2014. Vol. 4.No. 3. P. 142-157.
22. Krasnoyarova B.A., Orlova I.V., Plutalova T.G., Sharabarina S.N. Landscape-Ecological Assessment of Dry Lands of the Russian-Kazakhstan Border Zone for Sustainable Land Use // Arid Ecosystems. 2019. T. 9. № 3. P. 150-156.
23. Lehnert L.W., Meyer H., Meyer N. A hyperspectral indicator system for rangeland degradation on the Tibetan Plateau: A case study towards spaceborne monitoring // Ecological Indicators. 2014. Vol. 39. P. 54-64.
24. Plekhanova L.N. Anthropogenic Degradation of Soils on River Terraces in the Volga-Ural Region in the Bronze Age and Its Effect on the Modern Soil-Plant Cover // Arid Ecosystems. 2019. T. 9. № 3. P. 187-192.
25. Sapanov M.K. Environmental Implications of Climate Warming for the Northern Caspian Region // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8, №. 1. P. 13-21.
26. Zolotokrylin A.N., Titkova T.B., Cherenkova E.A., Vinogradova V.V. Dynamics of Summer Moistening and Biophysical Parameters of Arid Pastures in the European Part of Russia in 2000-2014 // Arid Ecosystems. 2016. T. 6. № 1. P. 5-10.

Authors Information

Shinkarenko Stanislav Sergeevich, researcher of the laboratory of geoinformation modeling and mapping of agroforestlandscapes of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), associate professor of the department of geography and cartography, Volgograd state University (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 100), candidate of agricultural sciences tel. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: vnialmi@bk.ru.

Информация об авторах

Шинкаренко Станислав Сергеевич, научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: shinkarenkos@vfanc.ru.