УДК 528.94(470.47)

КАРТИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ МЕТОДАМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС

[1]Лазарева В.Г., [2]Бананова В.А., [2]Нгуен Ван Зунг

[1]Ухтинский технический государственный университет, Ухта, e-mail: lazareva-vg@yandex.ru;
[2]Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова, Элиста,
e-mail: bananova2018@yandex.ru, dungthanhdhqn@gmail.com

Для разработки единой стратегии борьбы с деградацией растительного покрова и более точной инвентаризации пастбищ необходимы картографические материалы. Современным методом картографирования являются материалы дистанционного зондирования, ГИС-технологии. Растительный покров как наиболее динамичный компонент ландшафта используется в качестве индикатора современного состояния. В растительном покрове Калмыкии в последнее время произошли большие изменения, связанные с климатическими флуктуациями и новыми формами хозяйственного использования земельных ресурсов, отразившихся на видовом составе, структуре, территориальном размещении растительных сообществ сенокосов и пастбищ. Прикаспийская низменность занимает более 60% площади республики. В связи с этим возникла острая необходимость в новейших картографических материалах, отображающих современное состояние естественных кормовых угодий республики. Для определения степени деградации растительности, создания карты её современного состояния используются космические образы Landsat, программы ArcGIS 10.2, ENVI 4.8, Mapinfo 10.5. Объект исследования – территория Сарпинской низменности, расположенная в пределах Республики Калмыкия. Территория между возвышенностью Ергени на западе и р. Волгой на востоке носит название Сарпинская низменность. Легенда карты построена по зонально-типологическому принципу с использованием эколого-фитоценотической классификации. Структура легенды иерархическая. Высшие таксономические категории соответствуют делению территории на степную и пустынную зоны; на этом же уровне выделяется азональная растительность. Подразделения следующего ранга отражают подзональные категории, затем − формационное разнообразие и подразделение формаций на эдафические варианты, обусловленные механическим составом почв. Низшая картографическая единица комплекс, сочетания. Для обширных депрессий характерны сочетания комплексов с растительностью лиманов. Формулировки выделов отражают чрезвычайную неоднородность растительного покрова.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, ГИС-технологии, Сарпинская низменность, растительный покров, кормовые угодья, экологические факторы

MAPPING THE VEGETATION OF THE PLAIN OF THE SARPINSKY LOWLAND (KALMYKIA) USING REMOTE SENSING AND GIS

[1]Lazareva V.G., [2]Bananova V.A., [2]Nguyen Van Dung

[1]Ukhta State Technical University, Ukhta, e-mail: lazareva-vg@yandex.ru;
[2]Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista,
e-mail: bananova2018@yandex.ru, dungthanhdhqn@gmail.com

Cartographic materials are needed to develop a unified strategy to combat vegetation degradation and a more accurate inventory of pastures. The modern method of mapping is the materials of remote sensing, GIS technology. The vegetation cover as the most dynamic component of the landscape is used as an indicator of the current state. In the vegetation cover of Kalmykia, large changes occurred recently related to climatic fluctuations and new forms of economic use of land resources, which affected the species composition, structure, and territorial distribution of plant communities of hayfields and pastures. The Caspian lowland occupies more than 60% of the Republic's area. In this regard, there was an urgent need for the latest cartographic materials reflecting the current state of the natural forage lands of the Republic. To determine the extent of degradation of vegetation, to create a map of its current state, space images Landsat, programs ArcGIS 10.2, ENVI 4.8, Mapinfo 10.5 are used. The object of the study is the territory of the Sarpinsky lowland, located within the Republic of Kalmykia. The territory between the hills of Ergeni in the west and the river the Volga in the east is called «Sarpinskaya lowland». The legend of the map is built according to the zonal-typological principle with the use of ecological-phytocenotic classification. The structure of the legend is hierarchical. Higher taxonomic categories correspond to the division of the territory into the steppe and desert zones; at the same level, azonal vegetation is allocated. Subdivisions of the next rank reflect subzonal categories, then – formational diversity and subdivision of formations into edaphic variants, caused by the mechanical composition of soils. The lowest cartographic unit is a complex, a combination. For extensive depressions, combinations of complexes with vegetation of estuaries are characteristic. The formulation of the stands reflects the extreme heterogeneity of the vegetation cover.

Keywords: remote sensing, GIS technology, Sarpinskaya lowland, vegetation, forage lands, environmental factors

Для выработки единой стратегии борьбы с деградацией почвенного и растительного покровов и более точной инвентаризации пастбищ необходимы картографические материалы. Они отображают не только потенциальные возможности растительного покрова, влияние современных природных и антропогенных факторов, но и современное состояние естественных кормовых угодий и их прогнозирование.

Материалы и методы исследования

Современным методом картографирования являются материалы дистанционного зондирования, ГИС-технологии. Исследования проводились маршрутно-экспедиционным методом с использованием новейших космических снимков [1]. Растительный покров как наиболее динамичный компонент ландшафта использован в качестве индикатора современного состояния (рис. 1). Для определения степени деградации ландшафтов Сарпинской низменности использовались космические образы Landsat 8_OLI/rits id_»LC81710272015218LGN00», path:171, row:27 (8/2015), Landsat_8_OLI/rits id_»LC81700272015227LGN00», path:170, row:27 date 08/2015. Определение современного состояния растительного покрова осуществлялось при помощи вегетационного индекса (NDVI), программы ArcGIS 10.1. Наиболее информативными при дешифрировании растительного покрова Сарпинской низменности являются цветовые комбинации каналов 4, 3, 2 (естественные цвета) (рис. 2) и другие.

Концепция NDVI базируется на разном отражении радиационных потоков растительным покровом в видимом (0,58–0,68 мкм) диапазоне солнечного спектра (К1) и ближнем инфракрасном (0,725–1,10 мкм) диапазоне (К2). Механизм образования хлорофилла и отражения радиации листьями является причиной низкого отражения в К1 и высокого отражения в К2. Разности между оценками отражения в этих каналах с последующей нормировкой на их сумму были получены при вычислении индекса NDVI:

$$NDVI = (K2 - K1)/(K2 + K1).$$

Значения NDVI меняются от минимальных значений (0,01–0,03) в гипераридных землях до 0,7–0,8 в лесах экваториальных и умеренных широт. NDVI имеет высокую корреляцию с зеленой фитомассой и её продуктивностью [2].

Легенда карты построена по зонально-типологическому принципу с использованием эколого-фитоценотической классификации [3–5]. За 2015–2016 гг. выполнено более 300 полных геоботанических описаний с применением GPS-навигатора, материалов спутниковых съёмок высокого разрешения (Landsat 8, ArcGIS 10.1, ENVI 4.8, Mapinfo 10.5), что обеспечило точность географической привязки к описаниям выделенных на снимках контуров. Работа осуществлялась по трансектам, пересекающим различные типы растительности. Анализ полученных материалов позволил определить их современное состояние, дать прогноз на ближайшие пять лет.

Результаты исследования и их обсуждение

Поскольку растительный покров пастбищ является одним из основных кормовых ресурсов Республики Калмыкия, то картографические материалы позволят разработать наиболее эффективные методы для их рационального использования и восстановления.

На всех геоботанических картах страны отражены зональные закономерности Сарпинской низменности. Вместе с тем граница между степной и пустынной зонами до сих пор дискуссионна [6, 7]. Нами на основе работ И.Н. Сафроновой и при её непосредственном участии уточнена выделенная ею ранее граница между этими зонами [8]. Она проходит с северо-востока на юго-запад от 47°30′ с.ш. восточнее пос. Первомайский, через пос. Шарва на 46°35′ с.ш. и подходит к восточному макросклону возвышенности Ергени (рис. 3, таблица).

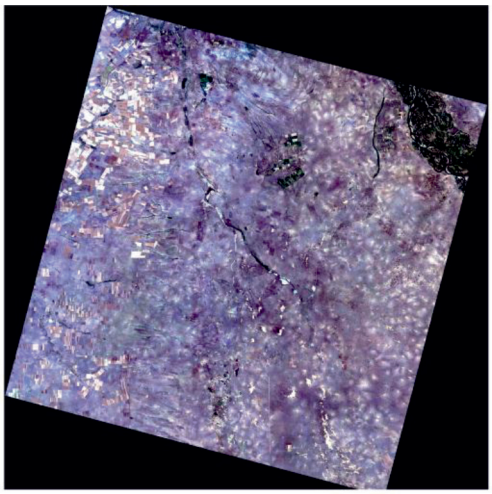

Рис. 1. Космическое изображение местонахождения Республики Калмыкия по Google Maps. Landsat_8_OLI/rits id_"LC81710272015218LGN00", path:171, row:27. Дата съемки 06.8.2015

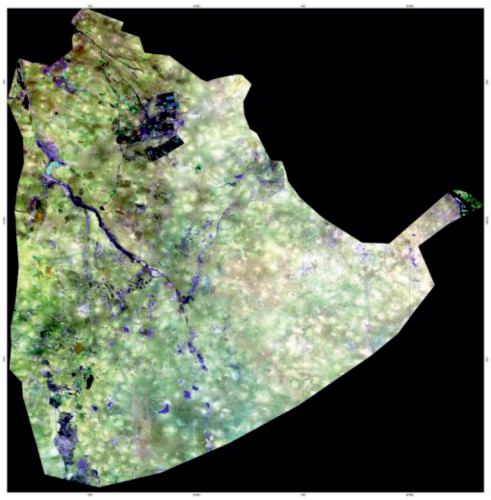

Рис. 2. Сарпинская низменность. Фрагмент снимка landsat_8_OLI/rits id_"LC81710272015218LGN00", path:171, row:27. Дата съемки 06.8.2015. Преобразование снимка выполнено в программе ENVI 4.8

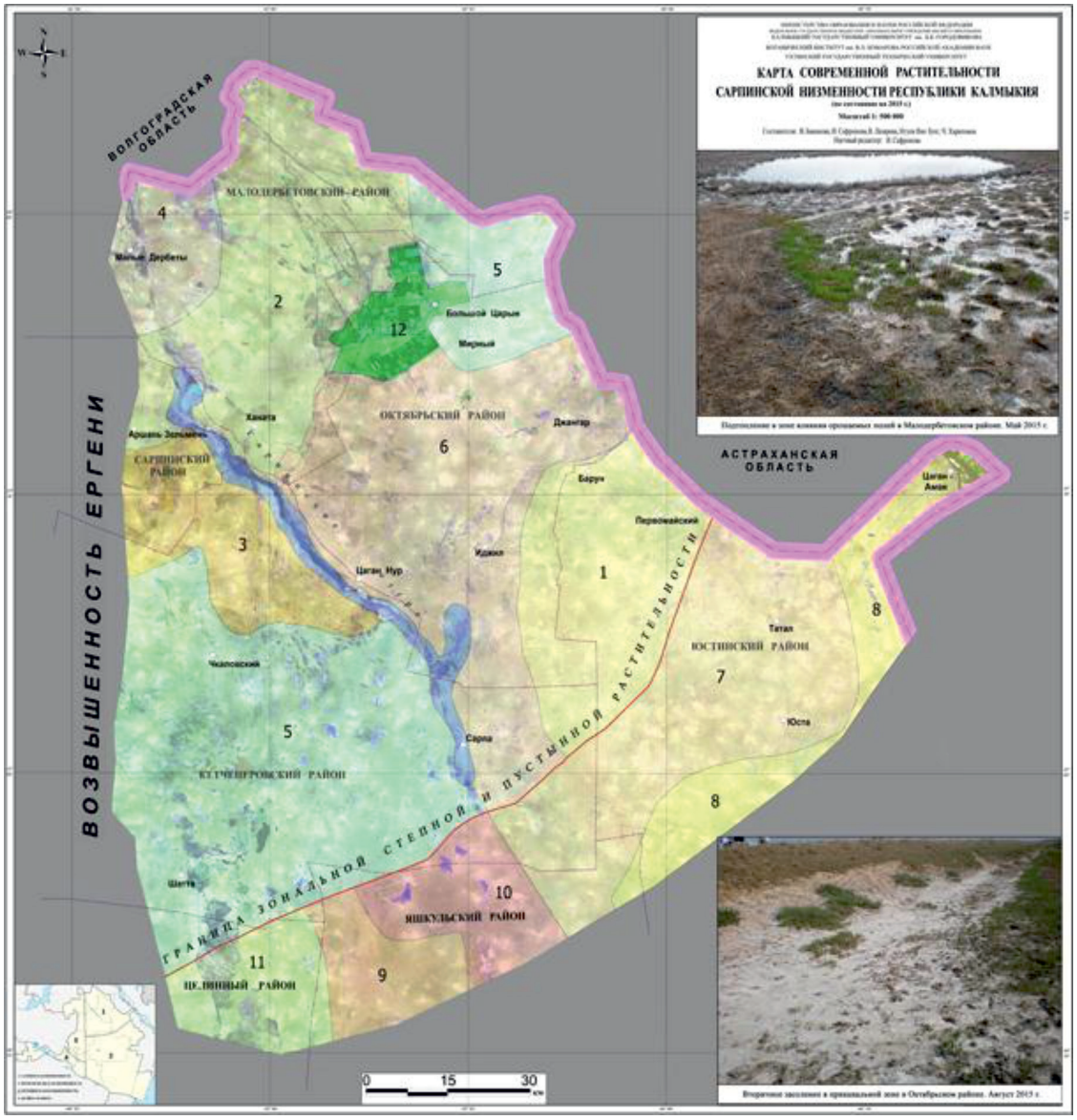

Рис. 3. Карта «Современная растительность Сарпинской низменности Республики Калмыкия»

Согласно ботанико-географическому районированию степная зона нашего региона относится к прикаспийским южным опустыненным степям на светло-каштановых почвах. Южную окраину Сарпинской низменности слагают прикаспийские северные пустыни на бурых почвах [5].

Растительность степной зоны образует лерхополынно-типчаково-житняково-тырсиковая степь. Господствующим растением является ковыль сарептский (*Stipa sareptana*), индикатором светло-каштановых солонцеватых почв – житняк пустынный *(Agropyron desertorum)*, полынь черная *(Artemisia pauciflora)*, острец. В южной части степной зоны господствуют бурые супесчаные почвы, доминантом которых являются житняк сибирский *(Agropyron sibirica)*, ковыль Лессинга *(Stipa lessingiana)* и другие (рис. 4).

На супесчаных и песчаных почвах пустынной зоны господствуют лерхополынные и злаково-полынные полукустарничковые пустыни. На их фоне встречаются сарсазановые, солянковые солончаки и галофитные луга. Около 2 % территории Сарпинской низменности занимает азональная растительность, представленная галофитными пырейно-кермековыми и гликофитными осоково-пырейными лугами, тростниковыми плавнями. Они встречаются по

лиманам и вдоль каналов. В настоящее время растительный покров Сарпинской низменности полностью изменен выпасом скота. В травостое господствуют эфемеры, эфемероиды, однолетники, вредные и ядовитые растения *(Poa bulbosa, Anabasis aphilla)*. Около 81% территории Сарпинской низменности занимают пастбища, 7% – сенокосы и 12% – пашни, из них 2% – орошаемые поля (рис. 6). В настоящее время на пастбищах 52% занимает умеренный сбой, 10% – очень сильный и только 7% – слабый, что показано на графике (рис. 5, 6) [2].

Заключение

При создании карты «Современная растительность Сарпинской низменности Республики Калмыкия» мы столкнулись с отсутствием четких закономерностей в распределении ее компонентов. В настоящее время в травостое господствуют однолетники, эфемеры, эфемероиды. Доминантом стал эфемероид *Poa bulbosa*, у населённых пунктов сформировались песчаные гряды, у каналов появились солончаки. При картографировании использованы новейшие космические снимки, на которых отличить степную и пустынную растительность на разных стадиях сбоя невозможно. В связи с этим разработанная нами карта современной растительности базируется в основном на материалах, полученных при проведении экспедиционных работ в 2015 и 2016 гг. Легенда карты подчеркивает хаотичную структуру растительного покрова. Выделенные нами типы сообществ повторяются в разных контурах, но образуют в них разный структурный рисунок. В растительном покрове степной зоны произрастают *Artemisia lerchiana, A. pauciflora, A. taurica, A. austriaca,* а также характерный для нее *Tanacetum achileifolium*. На засоленных почвах встречается *Leymus ramosus*. В настоящее время в пределах Сарпинской низменности господствуют лерхополынники, а в степной зоне плотнодерновинные злаки угнетены *Poa bulbosa*. Вместе с тем лерхополынники в пустынной зоне соответствуют ее геоэкологическому режиму, в степной они являются показателями сбоя.

Легенда к карте «Современная растительность Сарпинской низменности Республики Калмыкия»

	Растительность	%	Тыс. га
	А. СТЕПНАЯ ЗОНА Полынные, злаковые и однолетниковые сообщества на месте полынно-дерновиннозлаковых степей		
1	Лерхополынно-мятликовые, местами пятна обилия, местами голые пески	8,8	231,0
2	Лерхополынно-мятликовые, чернополынные, австрийскополынные, вострецевые, однолетниковые, костровые, ромашниковые, голые пески	14,5	377,8
3	Мятликовыес хаотично распределенными кустиками черной полыни и полыни Лерха, лерхополынно-мятликовые, чернополынно-мятликовые, ромашниковые, однолетниковые	11,8	307,8
4	Лерхополынно-мятликовые, лерхополынно-вострецовые, вострецово-чернополынные, однолетниково-чернополынные	2,7	70,5
5	Полынно-злаковые, лерхополынно-мятликовые, ромашниковые,австрийскополынные, вострецово-таврическополынные, вострецовые	10,4	270,4
6	Лерхополынно-злаковые, лерхополынные, австрийскополынные, таврическополынные, итсигековые, местами, чертополох	20,6	536,0
	Б. ПУСТЫННАЯ ЗОНА Мятликовые, итсигековые, однолетниковые сообщества на месте полынных пустынь		
7	Лерхополынно-мятликовые, обилие	12,6	327,7
8	Мятликовые, итсигеково-мятликовые, однолениковые	4,7	121,4
9	Мятликовые, итсигековые	1,9	49,9
10	Итсигеково-лерхополынно-мятликовые, костровые	2,0	51,4
11	Таврическополынно-мятликовые	5,2	136,3
	Азональная растительность Луга		
12	Пырейные, осоково-пырейные, разнотравно-болотницево-пырейные, бекманниевые, тростниково-вейниковые, луга по лиманам и вдоль каналов	2,0	51,4
	Озера и реки (по берегам травянистые болота-плавни)	2,6 (0,1)	68,3 (0,5)

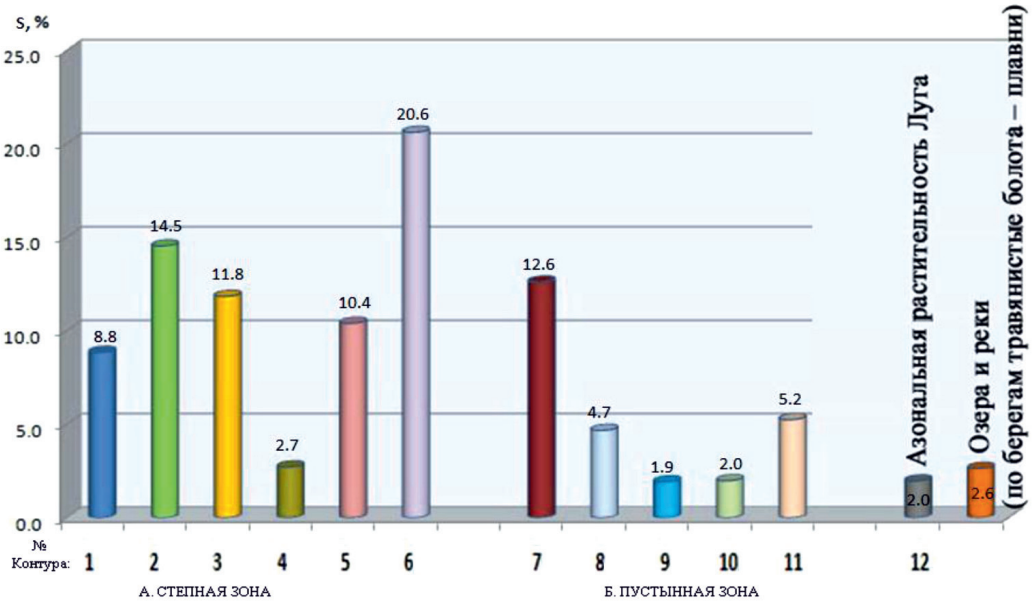

Рис. 4. Структура современной растительности Сарпинской низменности (%)

Рис. 5. Структура деградации растительности Сарпинской низменности (S, %)

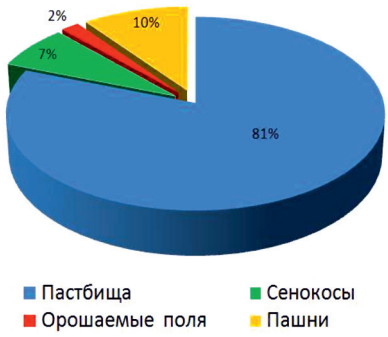

Рис 6. Типы хозяйственного использования растительности

Следовательно, в настоящее время регион, как и вся Республика Калмыкия находится на грани экологического риска и через три-пять лет может вновь стать зоной экологического бедствия. Создание карты «Современная растительность Сарпинской низменности» имеет большое как научное, так и хозяйственное значение, позволяет на уровне правительства республики активизировать стратегию борьбы с опустыниванием.

Список литературы

1. Land Degradation and desertification: Assessment, Mitigation and Remediation / Eds. Pandi Zdruli, Marcello Pagliai, Selim Kapur, and Angel Faz Cano. Springer. – 2010. – 660 p.

2. Бананова В.А. Динамика антропогенного опустынивания в аридных ландшафтах Калмыкии / В.А. Бананова, В.Г. Лазарева. – Элиста: КалмГУ, 2014. – 72 с.

3. Бананова В.А. Растительный покров Сарпинской низменности Республики Калмыкия (пояснительная записка к геоботаническим картам) / В.А. Бананова, И.Н. Сафронова, В.Г. Лазарева, Нгуен Ван Зунг, Ч.С. Харитонов. – Элиста: ЗАО АПП «Джангр», 2016. – 140 с.

4. Сафронова И.Н. Соотношение легенд геоботанических карт и классификаций растительности. Сборник научных трудов ГНБС / И.Н. Сафронова. – Спб.: БИН РАН, 2016. – Т. 143. – С. 208–216.

5. Мирошниченко Ю.М. Степи Евразии и новые границы между степями и пустынями / Ю.М. Мирошниченко // Фиторазнообразие Восточной Европы. – 2006. – № 1. – С. 215–231.

6. Петров К.М. Растительность России и сопредельных стран / К.М. Петров, Н.В. Терехина. – СПб.: Химиздат, 2013. – 327 с.

7. Albalawi, Eman K. and Kumar, Lalit. Using remote sensing technology to detect, model and map desertification. A review // Journal of Food, Agriculture & Environment. – 2013. – Vol. 11 (2). – P. 791–797.

8. Сафронова И.Н. О фитоценотическом разнообразии опустыненных степей Причерноморско-Казахстанской подобласти Евразиатской степной области / И.Н. Сафронова // Вопросы степеведения. – 2005. – № 5. – С. 19–27.

References

1. Land Degradation and desertification: Assessment, Mitigation and Remediation / Eds. Pandi Zdruli, Marcello Pagliai, Selim Kapur, and Angel Faz Cano. Springer. 2010. 660 p.

2. Bananova V.A. Dinamika antropogennogo opustynivanija v aridnyh landshaftah Kalmykii / V.A. Bananova, V.G. Lazareva. Jelista: KalmGU, 2014. 72 p.

3. Bananova V.A. Rastitelnyj pokrov Sarpinskoj nizmennosti Respubliki Kalmykija (pojasnitelnaja zapiska k geobotanicheskim kartam) / V.A. Bananova, I.N. Safronova, V.G. Lazareva, Nguen Van Zung, Ch.S. Haritonov. Jelista: ZAO APP «Dzhangr», 2016. 140 p.

4. Safronova I.N. Sootnoshenie legend geobotanicheskih kart i klassifikacij rastitelnosti. Sbornik nauchnyh trudov GNBS / I.N. Safronova. Spb.: BIN RAN, 2016. T. 143. pp. 208–216.

5. Miroshnichenko Ju.M. Stepi Evrazii i novye granicy mezhdu stepjami i pustynjami / Ju.M. Miroshnichenko // Fitoraznoobrazie Vostochnoj Evropy. 2006. no. 1. pp. 215−231.

6. Petrov K.M. Rastitelnost Rossii i sopredelnyh stran / K.M. Petrov, N.V. Terehina. SPb.: Himizdat, 2013. 327 p.

7. Albalawi, Eman K. and Kumar, Lalit. Using remote sensing technology to detect, model and map desertification. A review // Journal of Food, Agriculture & Environment. 2013. Vol. 11 (2). pp. 791–797.

8. Safronova I.N. O fitocenoticheskom raznoobrazii opustynennyh stepej Prichernomorsko-Kazahstanskoj podoblasti Evraziatskoj stepnoj oblasti / I.N. Safronova // Voprosy stepevedenija. 2005. no. 5. pp. 19–27.