

УДК 630.181

## ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНАЯ ОЦЕНКА АГРОЛАНДШАФТОВ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Комарова И.А., Иванцова Е.А.

*Волгоградский государственный университет, Волгоград, e-mail: komarova@volsu.ru*

Сарпинская низменность расположена в северо-западной части Прикаспийской низменности. Территория представляет собой слабоволнистую равнину, сформированную под влиянием периодических наступлений и отступлений Каспия. Из-за этого почвенный покров территории в условиях недостаточного увлажнения слабо сформирован, что ведет к деградации ландшафтов при нерациональном хозяйственном использовании. Целью работы является определение лесомелиоративных и лесорастительных условий Сарпинской низменности на основе геоинформационной обработки и анализа данных дистанционного зондирования Земли из космоса. Работа основана на геоинформационной обработке цифровой модели местности SRTM, дешифрировании спутниковых снимков Sentinel 2 на весенний период 2018 г. для определения закономерностей рельефа, почвенного и растительного покрова территории. Установлено, что максимальная высота составила 26 м абс., минимальная – -30 м. По средним значениям преобладают поверхности с крутизной склона менее 1 градуса, восточной экспозиции. Для уточнения почвенных условий на основе региональных почвенных карт была разработана векторная почвенная карта Сарпинской низменности. На основе почвенной карты были уточнены пространственные характеристики почвенных контуров, их площади и положение в ландшафте. В ландшафтном плане территория Сарпинской низменности расположена в двух природно-климатических зонах полупустынной и пустынной, представленных соответственно Сарпинской и Черноземельской провинциями. Анализ результатов геоинформационного картографирования деградации территории показал, что к уровню экологического состояния «норма» можно отнести только 14,2% территории, к уровню «риск» – 37,3%, на уровне «кризис» – 25%, на уровне «бедствие» – 24% региона исследований. В результате уточнена лесомелиоративная карта, на основании которой возможно планирование фитомелиоративных мероприятий, а также создание защитных лесных насаждений в агроландшафтах Сарпинской низменности.

**Ключевые слова:** Сарпинская низменность, лесная мелиорация, геоинформационный анализ, ландшафт, деградация, опустынивание

## FOREST-MELIORATIVE EVALUATION OF AGROLANDSCAPES OF THE SARPA LOWLAND BASED ON REMOTE SENSING DATA

Komarova I.A., Ivantsova E.A.

*Volgograd State University, Volgograd, e-mail: komarova@volsu.ru*

Sarpa lowland is located in the northwestern part of the Caspian lowland. The territory is a weakly wavy plain, formed under the influence of periodic offensives and retreats of the Caspian. Because of this, the soil cover of the territory under conditions of insufficient moisture is poorly formed, which leads to degradation of landscapes with irrational economic use. The aim of the work is to determine the forest reclamation and forest growing conditions of the Sarpa lowland based on geoinformation processing and analysis of Earth remote sensing data from space. The work is based on the geo-information processing of the digital terrain model SRTM, decryption of satellite images of Sentinel 2 for the spring of 2018 to determine the patterns of relief, soil and vegetation of the territory. It was established that the maximum height was 26 m abs., The minimum – -30 m. According to average values, surfaces with a slope of less than 1 degree and eastern exposure prevail. To clarify the soil conditions on the basis of regional soil maps, a vector soil map of the Sarpinsky lowland was developed. Based on the soil map, the spatial characteristics of the soil contours, their area and position in the landscape were clarified. In the landscape plan, the territory of the Sarpa lowland is located in two climatic zones of semi-desert and desert, represented respectively by the Sarpinsky and Chernozemly provinces. An analysis of the results of geographic information mapping of the degradation of the territory showed that only 14.2% of the territory can be attributed to the level of ecological status, 37.3% to the risk level, 25% to the crisis level, and disaster to the level – 24% of the research region. As a result, a forest reclamation map was clarified, on the basis of which it is possible to plan phyto-reclamation measures, as well as the creation of protective forest stands in the agrolandscapes of the Sarpa lowland.

**Keywords:** Sarpa lowland, forest reclamation, geoinformation analysis, landscape, degradation, desertification

В современных условиях на территории Сарпинской низменности явно выражены процессы деградации растительного покрова, засоления и истощения почв, а также опустынивания. Основными причинами деградации агроландшафтов на этой территории являются климатическая напряженность, связанная с недостаточным количеством осадков, высокие летние температуры

и антропогенная напряженность, связанная с неконтролируемым выпасом скота, нерациональным использованием орошения и отсутствием нормативной лесомелиоративной защиты полей от дефляции [1–3]. Несмотря на то, что в первом десятилетии XXI в. доля опустыненных земель (открытых песков) была минимальной за последние 40–50 лет, в регионе начались процессы

деградации. Например, на Черных землях площадь разбитых песков в 2018 г. после 10–12 лет устойчивого функционирования пастбищных ландшафтов достигла значений начала 1990-х гг., что говорит о новом всплеске опустынивания в регионе [4, 5]. При этом реализуемых фитомелиоративных мероприятий явно недостаточно для сдерживания роста очагов развеваемых песков [6, 7]. Кроме того, регулярные ландшафтные пожары практически уничтожили созданный защитный каркас из кустарников и полукустарников на песках [8], поэтому все меньше существует препятствий для повторного опустынивания.

Имеющиеся исследования охватывают только отдельные районы Сарпинской низменности, либо касаются отдельных лет, либо выполнены по материалам очень низкого пространственного разрешения, следовательно, результаты не подходят для лесомелиоративной оценки территории [9–11].

В ландшафтном плане территория Сарпинской низменности представляет собой морскую равнину, которая не имеет развитого почвенного покрова; невысокая мощность почвенного горизонта (менее 40 см), мозаичность гранулометрического состава (от тяжелых суглинков до песков), естественная засоленность от близкого к поверхности залегания солей обуславливают разнообразие лесорастительных условий. В связи с этим необходимо учитывать эти особенности агроландшафтов при организации сельскохозяйственного производства.

В связи с тем, что данные авиационной и космической съемки содержат информацию о современном состоянии территории Сарпинской низменности, их применение для геоинформационной оценки, анализа и картографирования агроландшафтов обеспечивает актуализацию имеющейся информации. Использование результатов исследований для лесомелиоративной оценки даст полную информацию о площади, распространении и степени деградации агроландшафтов. По результатам лесомелиоративного картографирования определяется степень деградации ландшафтов, а также выделяются лесомелиоративные категории, по которым подбираются соответствующие мероприятия по борьбе с деградацией: создание защитных лесных, мелиоративно-кормовых насаждений, посев многолетних трав и др. [12, 13].

Цель исследования состоит в определении лесомелиоративных и лесорастительных условий Сарпинской низменности на основе геоинформационной обработки

и анализа данных дистанционного зондирования Земли из космоса.

### Материалы и методы исследования

Исследование охватывает Сарпинскую низменность в целом, которая расположена на территории трех субъектов РФ: Астраханской (Енотаевский, Икрянинский, Лиманский, Наримановский, Черноярский районы) и Волгоградской (Светлоярский район) областей и республики Калмыкия (Ики-Бурульский, Кетченеровский, Лаганский, Малодербетовский, Октябрьский, Сарпинский, Целинный, Черноземельский, Юстинский, Яшкульский районы).

Работа основана на морфометрическом анализе цифровой модели местности (ЦММ) SRTM разрешением 1 с. На первом этапе исходные растры были соединены в мозаику и обрезаны по маске границ исследуемого района. Границы Сарпинской низменности были определены на основе построенных ареалов водосборов и линий тальвегов и водоразделов. Далее по результатам геоморфологического анализа выделялись морфоструктуры, сопоставив которые с эдафическими условиями, можно получить сведения о лесопригодности, устойчивости против дефляции и т.п. Почвенная карта района исследований была любезно предоставлена лабораторией геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН. Анализ уровней деградации проводился по мозаике весенних и раннелетних снимков (15 мая – 15 июня 2018 г.) спутника Sentinel 2 пространственным разрешением 10 м и покрытием облаками до 10%. Выбор даты снимков обусловлен сезонной динамикой спектрально-отражательных свойств растительности: на май приходится максимум отражения в ближней инфракрасной области спектра, что соответствует пику вегетации [14]. Дешифрирование спутниковых данных выполнено по методике анализа опустынивания, разработанной коллективом ФНЦ агроэкологии РАН (бывший ФГБНУ ВНИАЛМИ) и апробированной на территории Астраханской области [5]. Геоинформационная обработка выполнена в бесплатной программе QGIS.

### Результаты исследования и их обсуждение

Рельеф Сарпинской низменности обусловлен нижнехвалынским повышением уровня Каспия и изменением положения русла Волги. Процесс руслообразования

на территории Сарпинской низменности связан с миграцией древних рукавов, что привело к возникновению множества разветвляющихся в юго-восточном направлении ложбин с чередой озёр. В результате миграции рукавов Волги сложилась своеобразная конфигурация береговой линии озёр. Лиманы занимают большие площади на территории низменности, вокруг них расположены плоские увалы и холмы. На территории низменности рельеф образован большим количеством блюдцеобразных впадин круглой и овальной формы, глубиной до 15 м и диаметром до 100 м. Перепады высот, как правило, не превышают 0,5–1,0 м [15]. Результатом первого этапа работ стала карта рельефа Сарпинской низменности (рис. 1).

Максимальная высота составила 26 м абс., минимальная – -30 м. По средним значениям преобладают поверхности с крутизной склона менее 1 градуса, восточной экспозиции. Наибольшую площадь (17,1%) занимают земли, расположенные на отметках -5–0 м, примерно поровну распределе-

ны территории с отметками от -10 м до -5 м и от 0 м до 5 м (13,6% и 13,8% соответственно). Выше 10 м лежит всего 5,5% площади района исследований. Территории площадью 933,3 тыс. га (1,4%) имеют крутизну склона от 1 до 1,5°, а максимальная крутизна 31°, стандартное отклонение по всей площади 0,78°. В результате можно сделать вывод о том, что рельеф представлен в основном равнинным, плакорным типом.

Для уточнения почвенных условий на основе региональных почвенных карт была разработана векторная почвенная карта Сарпинской низменности (рис. 2). На основе почвенной карты были уточнены пространственные характеристики почвенных контуров, их площади и положение в ландшафте. Было выявлено соотношение площадей, занимаемых различными почвенными контурами, и установлены преобладающие типы почв и почвенных комплексов. Исследованиями установлено, что на территории Сарпинской низменности преобладают бурые полупустынные почвы и комплексы, занимающие 54,6% всей площади.

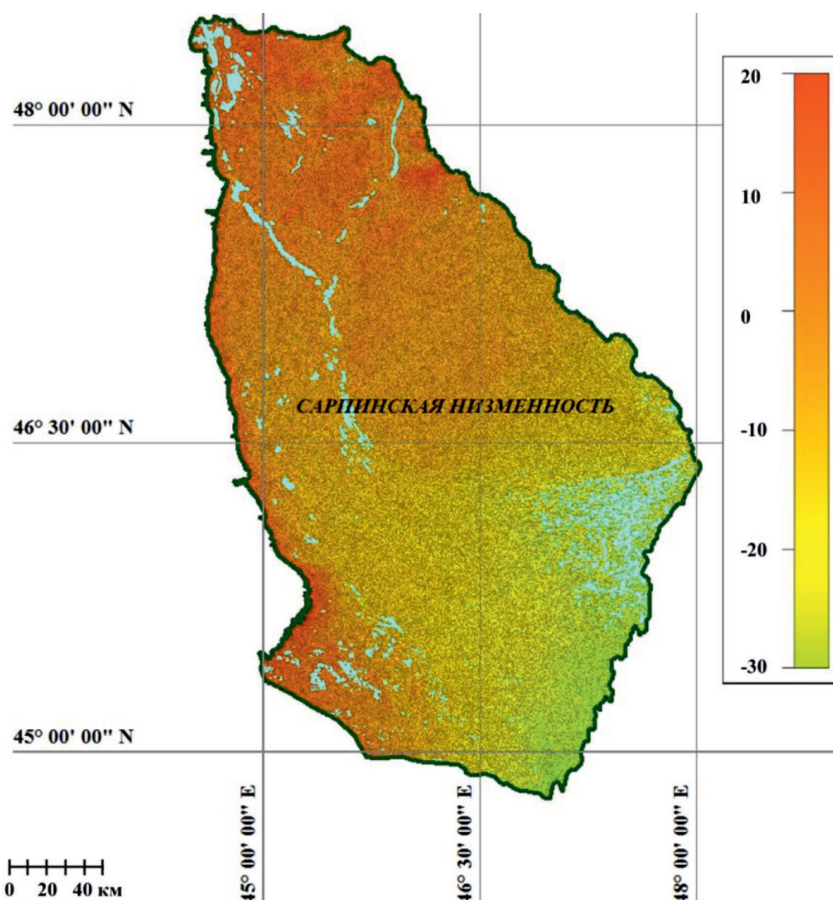


Рис. 1. Карта рельефа Сарпинской низменности

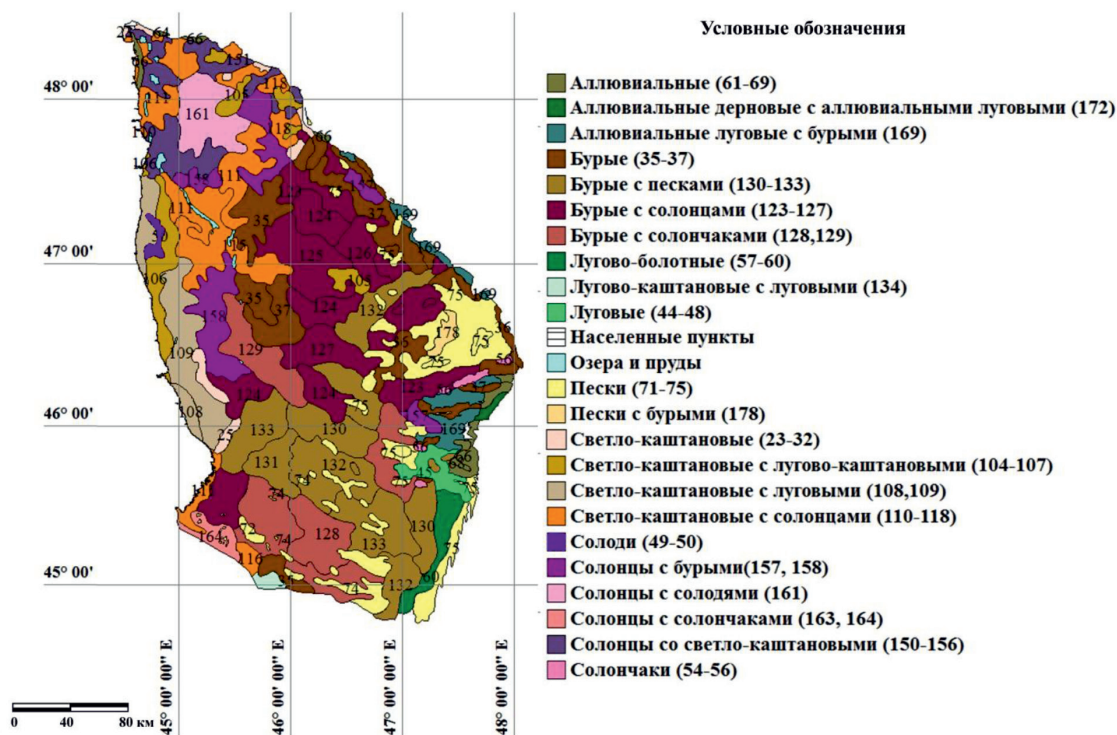


Рис. 2. Почвенная карта территории Сарпинской низменности

Светло-каштановые почвы и комплексы занимают 18,4% площади, а из них больше половины занимают светло-каштановые с солонцами – 9,3%. Пески и их комплексы с бурями почвами занимают 8,7% площади Сарпинской низменности. В северной части низменности (Сарпинско-Даванский ландшафт) распространены легкосуглинистые светло-каштановые почвы в комплексе с солонцами, а в северо-западной части (Приергенинский ландшафт) распространены светло-каштановые почвы в комплексе с луговыми (4,8%) и лугово-каштановыми (3,1%). В центральной части низменности преобладают легкосуглинистые бурые полупустынные почвы (9,9%) и бурые в комплексе с солонцами (16,8%). Значительные площади в южной части низменности заняты песками (8,3%) и немного бурых почв в комплексе с песками (0,4%).

В ландшафтном плане территория Сарпинской низменности расположена в двух природно-климатических зонах полупустынной и пустынной, представленных соответственно Сарпинской и Черноземельской провинциями. Обе эти провинции условно разделены линией водораздела Сарпинско-Даванской ложбины и Волж-

ского водосбора. Лесомелиорация аридных пастбищ проводится в соответствии с классификацией [4], в которой учитываются: состояние почвенно-растительного покрова, водно-солевые характеристики почвогрунтов, наличие и виды дополнительных источников увлажнения. По этой классификации аридные пастбища делятся на 4 лесомелиоративные категории (ЛМК), различающиеся между собой по состоянию почвенно-растительного покрова:

I – опустыненные пастбищные территории с мелко- и среднебарханскими песками и сильноразвееваемыми почвами, такыры;

II – пастбища на развееваемых почвах;

III – пастбища на почвах, податливых дефляции;

IV – пастбища на почвах, устойчивых к дефляции.

Анализ результатов геоинформационного картографирования деградации территории по спутниковым снимкам Sentinel показал, что к уровню экологического состояния «норма» можно отнести только 975,2 тыс. га, к уровню «риск» – 2568,6 тыс. га, на уровне «кризис» – 1723,9 тыс. га (25%), на уровне «бедствие» – 1609,7 тыс. га (24%). К категории «бедствие» относятся опустыненные

пастбища (ЛМК I), к категории «кризис» – пастбища на развеваемых песках (ЛМК II). Таким образом, к территориям, на которых необходимо срочное принятие мер против деградации, относится половина Сарпинской низменности.

В результате по полученным данным произведено уточнение и актуализация лесомелиоративной карты исследуемой территории (рис. 3). На пастбищах категорий «бедствие» и «кризис» необходимо незамедлительно проводить фитомелиоративные мероприятия по предотвращению роста очагов открытых песков. Например, закреплять пески насаждениями из *Calligonum aphyllum*, создавать мелиоративно-кормовые

насаждения с участием *Krascheninnikovia ceratoides*, *Bassia prostrata* и др. [16].

Наибольшая защитная лесистость отмечена в Астраханской части района исследований – 4%. При этом значение изменяется от 0,6% в Лиманском районе до 6,7% в Черноморском. Лесистость Калмыкии минимальна среди всех субъектов – 0,7%. Средняя лесистость Сарпинской низменности составляет всего 1,6%, при распаханности в 7%. При этом доля пашни в отдельных районах достигает 40% (Сарпинский район Калмыкии). Для повышения лесистости территории рекомендуется создавать полевые защитные и прифермские лесные насаждения, древесные зонты, куртины и кулисы.

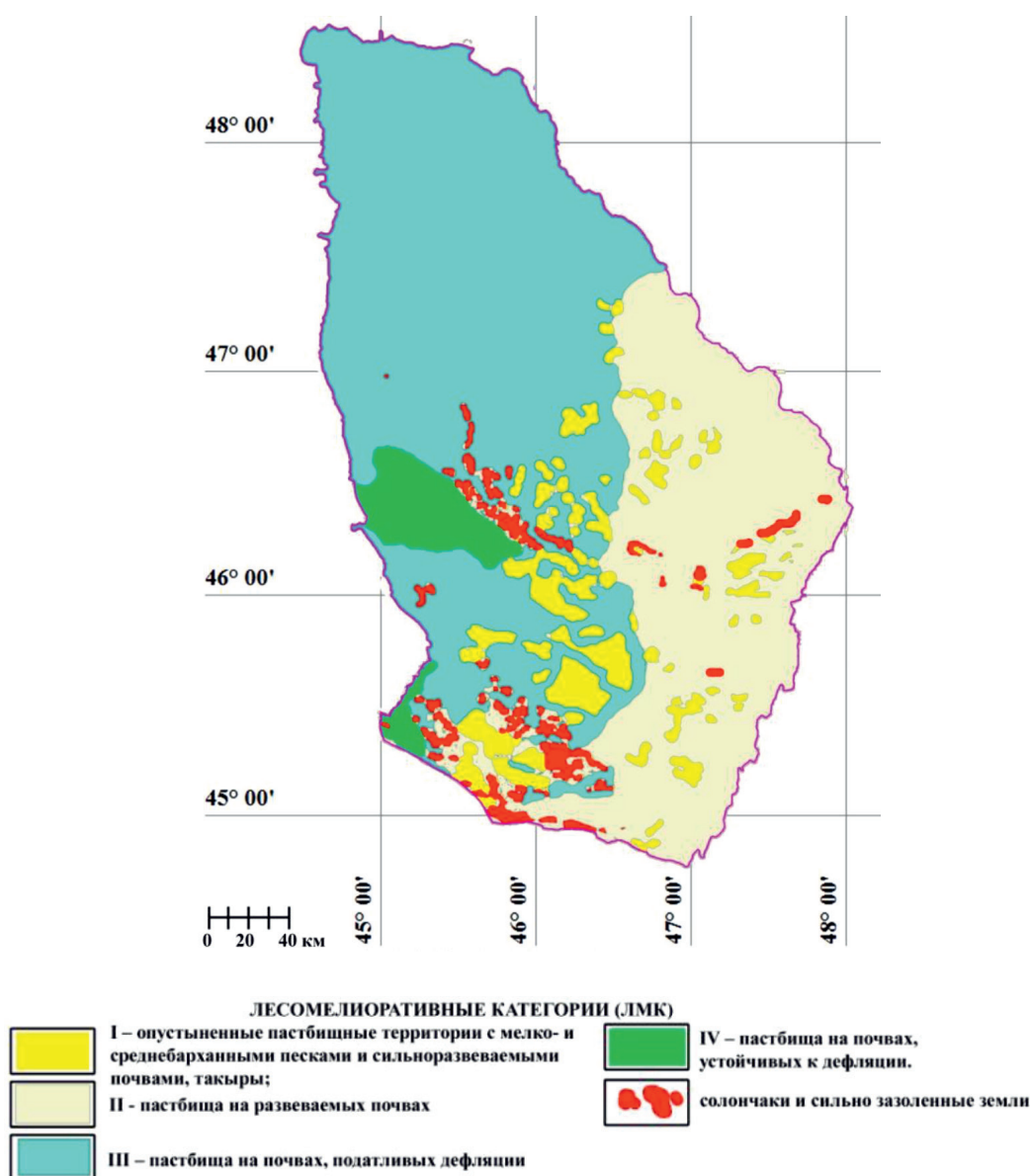


Рис. 3. Уточненная лесомелиоративная карта Сарпинской низменности

### Заключение

Пространственное размещение зон деградации, в соответствии с проведённой оценкой и разработанной картой, свидетельствует о крайне неблагоприятной ситуации. Для зон бедствия, занимающих 24% территории, особенно в ее юго-восточной части, характерно наличие больших площадей открытых, подвижных песков, с крайне низким проективным покрытием, что негативно сказывается на функционировании ландшафтов в целом. Если учесть еще 25% территорий, деградированных до кризисного уровня, то около половины территории нуждается в срочных мерах, в первую очередь фитомелиоративного характера. Уточненная с учетом рельефа, почвенного покрова и современного экологического состояния агроландшафтов лесомелиоративная карта позволит эффективно планировать мероприятия по созданию защитных насаждений, фитомелиорации и другим мерам по борьбе с деградацией и опустыниванием агроландшафтов Сарпинской низменности.

### Список литературы / References

1. Бананова В.А., Лазарева В.Г., Сератирова В.В. Природное районирование Северо-Западного Прикаспия при современном хозяйственном использовании // Геология, география и глобальная энергия. 2011. № 3 (42). С. 223–232.
2. Bananova V.A., Lazareva V.G., Seratirova V.V. Natural zoning of the North-Western Caspian with modern economic use // Geologiya, geografiya i global'naya energiya. 2011. № 3 (42). P. 223–232 (in Russian).
3. Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б. Тенденция опустынивания Северо-Западного Прикаспия по MODIS-данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 2. С. 217–225.
4. Zolotokrylin A.N., Titkova T.B. Desertification tendency in North-West Caspian region according to MODIS data // Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2011. Vol. 8. № 2. P. 217–225 (in Russian).
5. Vlasenko M.V., Kulik A.K., Salugin A.N. Evaluation of the Ecological Status and Loss of Productivity of Arid Pasture Ecosystems of the Sarpa Lowland. Arid ecosystems. 2019. Vol. 9. No. 4. P. 273–281. DOI: 10.1134/S2079096119040097.
6. Kulik K.N., Petrov V.I., Yuferev V.G., Tkachenko N.A., Shinkarenko S.S. Geoinformational Analysis of Desertification of the Northwestern Caspian. Arid ecosystems. 2020. Vol. 10. No. 2. P. 98–105. DOI: 10.1134/S2079096120020080.
7. Kulik K.N., Rulev A.S., Yuferev V.G. Geoinformation analysis of desertification dynamics in the territory of Astrakhan oblast. Arid Ecosystems. 2015. Vol. 5. No. 3. P. 134–141. DOI: 10.1134/S2079096115030087.
8. Шинкаренко С.С. Пространственно-временная динамика опустынивания на Черных землях // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 6. С. 155–168. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-6-155-168.
9. Shinkarenko S.S. Spatial-temporal dynamics of desertification in Black Lands // Sovremennye problem distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa, 2019. Vol. 16. № 6. P. 155–168 (in Russian).
10. Kulik K.N., Petrov V.I., Rulev A.S., Kosheleva O.Y., Shinkarenko S.S. On the 30th Anniversary of the «General Plan to Combat Desertification of Black Lands and Kizlyar Pastures». Arid ecosystems. 2018. Vol. 8. No. 1. P. 3–10. DOI: 10.1134/S2079096118010067.
11. Шинкаренко С.С. Пожарный режим ландшафтов Северного Прикаспия по данным очагов активного горения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 1. С. 121–133. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-1-121-133.
12. Shinkarenko S.S. Fire regime of North Caspian landscapes according to the data of active burning centers // Sovremennye problem distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2019. Vol. 16. № 1. P. 121–133 (in Russian).
13. Горяев И.А. Галофитные полинины на Прикаспийской низменности (в пределах Калмыкии) // Ботанический журнал. 2019. Т. 104. № 1. С. 93–106. DOI: 10.1134/S0006813619010058.
14. Goryaev I.A. Halophytic wormwoods on the Caspian lowland (in Kalmykia) // Botanicheskii zhurnal. 2019. Vol. 104. № 1. P. 93–106 (in Russian).
15. Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б., Уланова С.С., Федорова Н.Л. Ground-based and satellite investigation of production of pastures in Kalmykia that vary in degree of vegetation degradation. Arid ecosystems. 2013. Vol. 3. No. 4. P. 212–119. DOI: 10.1134/S2079096113040136.
16. Лазарева В.Г., Бананова В.А., Нгуен Ван Зунг. Картирование растительности Сарпинской низменности в пределах Республики Калмыкия методами дистанционного зондирования и ГИС // Успехи современного естествознания. 2017. № 12. С. 178–183.
17. Lazareva V.G., Bananova V.A., Nguen Van Zung. Mapping the vegetation of the plain of the Sarpinsky lowland (Kalmykia) using remote sensing and GIS // Uspekhi sovremennoego estestvoznaniya. 2017. № 12. P. 178–183 (in Russian).
18. Новочадов В.В., Рулев А.С., Юферев В.Г., Иванцова Е.А. Дистанционные исследования и картографирование состояния антропогенно-трансформированных территорий юга России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 151–158. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-19.
19. Novochadov V.V., Rulev A.S., Yuferev V.G., Ivantsova E.A. Remote research and mapping the state of anthropogenic-transformed territories of the South of Russia // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 1 (53). P. 151–158 (in Russian).
20. Юферев В.Г., Кулик К.Н., Рулев А.С., Мушаева К.Б., Кошелев А.В., Дорохина З.П., Березовикова О.Ю. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. 102 с.
21. Yuferev V.G., Kulik K.N., Rulev A.S., Mushaeva K.B., Koshelev A.V., Dorokhina Z.P., Berezovikova O.Yu. Geographic information technologies for protective afforestation. Volgograd: VNIALMI, 2010. 102 p. (in Russian).
22. Рулев А.С., Канищев С.Н., Шинкаренко С.С. Анализ сезонной динамики NDVI естественной растительности Заповольжья Волгоградской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 113–123. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-4-113-123.
23. Rulev A.S., Kanishev S.N., Shinkarenko S.S. Analysis of NDVI seasonal dynamics of natural vegetation of Low Trans-Volga in Volgograd Region // Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2016. Vol. 13. № 4. P. 113–123 (in Russian).
24. Цыганков А.В. Основные черты морфоструктуры Нижнего Поволжья // Труды ВНИИИГ. 1962. № 1. С. 141–180.
25. Tsygankov A.V. The main features of the morphological structure of the Lower Volga // Trudy VNIING. 1962. № 1. P. 141–180 (in Russian).
26. Рыбашлыкova Л.П., Беляев А.И., Пугачёва А.М. Мониторинг сукцессионных изменений пастбищных фитоценозов в «потухших» очагах дефляции Северо-Западного Прикаспия // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. № 4. С. 78–85. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-78-85.
27. Rybashlykova L.P., Belyaev A.I., Pugacheva A.M. Monitoring Successional Changes in Pasture Phytocenoses in 'Exhausted' Areas of Deflation in the North-West Caspian Region // Yug Rossii: ekologiya, razvitiye. 2019. Vol. 14. № 4. P. 78–85 (in Russian).