enenii udobrenij i mikrobiologicheskikh preparatov v Vologodskoj oblasti // Plodorodie. 2015. № 1 (82). S. 25–29. EDN: THJMGV.

13. Holland J.E., White P.J., Glendining M.J. et al. Yield responses of arable crops to liming – An evaluation of relationships between yields and soil pH from a long-term liming experiment, *European Journal of Agronomy*. 2019. Vol. 105. P. 176–188. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.02.016>

14. Li Y., Cui S., Chang S.X. et al. Liming effects on soil pH and crop yield depend on lime material type, application method and rate, and crop species: a global meta-analysis. *J Soils Sediments* 19. 2019. P. 1393–1406.

<https://doi.org/10.1007/s11368-018-2120-2>.

Поступила в редакцию 20.05.2024

Принята к публикации 03.06.2024

УДК 631.4:581.55(470.67)

DOI: 10.31857/S2500208224050119, EDN: zsqskw

ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА КОЧУБЕЙСКОЙ БИОСФЕРНОЙ СТАНЦИИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА ЗА ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ

Муслимат Агасултановна Бабаева, кандидат биологических наук

Светлана Викторовна Осипова

Прикаспийский институт биологических ресурсов – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия

E-mail: muslimat.50@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты многолетних наблюдений за изменениями пространственной структуры растительного покрова пастбищных ландшафтов Кочубейской биосферной станции (КБС) в связи с глобальным потеплением климата. Аридные пастбищные ландшафты из-за особенностей своей пространственной структуры (наличие полупустынных группировок растительности) считаются также хорошим индикатором климатических изменений. Изучена пространственная структура и современное состояние аридных ландшафтов Северо-Западного Прикаспия на территории КБС. Проведен анализ биологического разнообразия видов, выявлены тренды антропогенной трансформации аридных ландшафтов региона. Установлено, что основные причины сокращения биоразнообразия – фрагментация местообитаний, внедрение чужеродных и расселение аборигенных видов за пределы ареала, экотонизация и островизация пастбищных экосистем, смещение границ ареалов. Поскольку цель сохранения компонентов биоразнообразия растительности – уменьшение нагрузок, вызываемых изменением климата, адаптационные меры должны быть направлены на снижение темпов фрагментации и деградации пастбищных ландшафтов. Вклад антропогенной деградации земель в опустынивание подтверждается значимым линейным трендом межгодовых колебаний показателей пастбищной дигрессии в регионе, приводящей к образованию «островов» антропогенного опустынивания, время жизни которых определяется влиянием человека и флуктуациями осадков.

Ключевые слова: глобальное потепление климата, растительный покров, экосистемы, антропогенный ландшафт, флористические комплексы

CHANGES IN THE SOIL AND VEGETATION COVER OF THE KOCHUBEY BIOSPHERE STATION UNDER GLOBAL WARMING IN RECENT YEARS

M.A. Babaeva, *PhD in Biological Sciences*

S.V. Osipova

Precaspian Institute of Biological Resources of the Dagestan Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia

E-mail: muslimat.50@mail.ru

Abstract. Objectives: The study and long-term observations of changes in the spatial structure of vegetation cover of pasture landscapes of the Kochubey Biosphere Station (KBS) due to global climate warming. Arid pasture landscapes, due to the peculiarities of their spatial structure (the presence of semi-desert vegetation groupings) are a good indicator of modern climatic changes. To achieve this goal, the spatial structure and the current state of the arid landscapes of the Northwestern Caspian Sea in the territory of the KBS have been studied. The analysis of the biological diversity of species was carried out. Also the characteristics of the common features of seasonal dynamics of landscapes were studied. Moreover, trends of climatic changes in the landscape structure of the territory and trends in anthropogenic transformation of arid landscapes of the region were identified. It has been revealed that the main reasons for the reduction of biodiversity are habitat fragmentation, the introduction of alien species, the settlement of native species outside the range, ecotonezation and “islandization” of pasture ecosystems, and the displacement of range boundaries. Since the goal of preserving the components of vegetation biodiversity is to reduce the pressures caused by climate change, adaptation measures should be aimed at reducing the rate of fragmentation and degradation of pasture landscapes. Monitoring observations have shown that over the last 20-century period there have been rhythmically repeating changes in climate and soil and vegetation cover, which indicates

high mobility of vegetation. It has been established that the contribution of anthropogenic land degradation to desertification is confirmed by a significant linear trend in interannual fluctuations in indicators of pasture digression in the region. It has been established that the contribution of anthropogenic land degradation to desertification is confirmed by a significant linear trend in interannual fluctuations in indicators of pasture digression in the region. Due to excessive pasture digression, "islands" of anthropogenic desertification are formed here, the lifespan of which is determined by human influence and precipitation fluctuations.

Keywords: global warming, vegetation, ecosystems, anthropogenic landscape, floristic complexes

За последние сто лет, по данным сети Росгидромета, потепление климата в России составило 1,29°C при среднем глобальном – 0,74°C. По результатам экспериментальных наблюдений на территории Северо-Западного Прикаспия установили, что при колебании осадков в пределах климатических норм (КН), с 2001 по 2010 год среднегодовая температура превысила КН на 1,2...1,3°C, усилилась аридизация светло-каштановых почв и связанные с ней процессы засоления. [4, 5]

В последние десятилетия в связи с глобальным потеплением климата произошли большие изменения в пастбищных экосистемах северных районов Дагестана. Под влиянием неравномерного стихийного выпаса скота обширные массивы коренных высокопродуктивных ковыльных и типчачково-прутняковых сообществ превратились в малоценные полынно-солянковые. Это касается пастбищ, где 70% территории подвержено деградации из-за интенсивного антропогенного воздействия, в результате образовались очаги опустынивания, имеющие тенденцию к распространению вглубь республики. [1–3, 7]

Цель работы – изучение пространственной структуры, многолетней и сезонной динамики растительного покрова пастбищных ландшафтов Республики Дагестан.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С 2010 по 2023 год вели наблюдения за растительным покровом на территории Кочубейской биосферной станции (КБС). Почвенный покров – светло-каштановые карбонатные средnezасоленные разновидности и песчаные массивы в комплексе со светло-каштановыми почвами.

Растительные ассоциации – сообщества из галофитных ксерофитов, эдификаторов, доминантов в зависимости от экологических условий и режима использования.

Климат – сухой континентальный. Годовая сумма осадков – 150...320 мм, низкая обеспеченность влагой, большая испаряемость, максимальная температура воздуха летом – 40...45°, 55 дн. в году преобладает сильный иссушающий юго-восточный ветер. Мониторинг за флористическим составом проводили на стационарных площадках в течение пастбищного сезона, один раз в месяц на протяжении многих лет. Определяли влажность почвы. Использовали данные метеостанции.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В связи с потеплением климата и другими факторами на территории Кочубейской биосферной станции произошли значительные изменения природной среды (разрушение растительно-почвенного покрова, появление пыльных бурь, увеличение площади развееваемых песков). [6, 7]

С 2010 по 2023 год наблюдали постепенное разряжение и исчезновение 19 видов из 56 существующих, а

также отмирание ценных кормовых растений и их смену на ксерофитные сорняки.

Антропогенный видоизмененный ландшафт сформировался из-за иссушения верхнего слоя почвы при высокой температуре в летний период.

Пастбищные угодья КБС от длительного использования и потепления климата в полупустынных условиях находятся на грани полной потери естественной кормовой растительности и превращения почвенного покрова в сплошной песчаный массив. Устанавливается сухой лимитирующий период для растений, способствующий изживать видовой состав. Характерные виды флоры для данной местности (колосник песчаный, разнотравье, полыни, козлородник, солянки, солерос травянистый) нетребовательны и успешно переносят засуху, легко приспосабливаются к негативным факторам среды. В растительном покрове сообщества уменьшается флористическое разнообразие и численность ценных кормовых видов разнотравья (ковыль, типчак, влаголюбивые злаковые).

Они вытесняются однолетними злаковыми ксерофитными видами. Происходит замена злаков (*Bromus*, *Poa*, *Festuca*), снижается продуктивность пастбищных фитоценозов, площадь проективного покрытия составляет 10...20% и уменьшается устойчивость сообществ к засухе (см. таблицу).

Из семейства злаковых на стадии исчезновения находится *Stipa*, редкими стали пастбищные травы *Agropyron*, *Festuca*, *Elytrigia répens*, их вытеснили такие растения, как *Bromus tectorum*, *B. squarrosus* и различные виды *Eremopyrum*.

В депрессивных растительных сообществах повышается ценотическая роль *Stipa* и *Poa bulbosa*. Одновременно появляются сорные виды – *Veronica arvensis*, *Arabidopsis thaliana*, *Trigonella orthoceras*, *Sonchus asper* и другие. При этом снижается флористическое разнообразие, видовая насыщенность сорных растений. Растительный покров участков с ненормированной нагрузкой представлен полынно-типчачковой и солянково-разнотравно-полынной ассоциациями, из которых доминантные – сообщества полыней, где индикаторами считаются *Artemisia taurica*, *Eremopyrum orientale*, *E triticeum*. Роль эдификатора переходит к ксерофитным растениям полукустарничкам, сменяются сообщества, полынно-разнотравное трансформируется в полынно-многолетнее-солянковое. Видовой состав солянок также изменился, уменьшилось количество многолетних (*Kochia* и *Camphorosma*). Виды *Salsola* поедаются только, если нет других кормовых растений. Они активно доминируют, поскольку приспособлены к условиям по своим морфологическим особенностям, их присутствие – признак деградированных пастбищных фитоценозов. Растительность таких пастбищ представлена полынно-однолетне-солянковым комплексом, индикаторы этого сообщества однолетние полыни *Artemisia taurica* и *Artemisia salsoloides*. Постепенно исчезают из семейства злаковых – *Festuca valesiaca*, *Phleum paniculatum*, *Eremopyrum triticeum*,

Виды растений на территории Кочубейской биосферной станции по годам

Вид	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<i>Alýssum desertórum</i>	65	55	45	30	28	29	30	30	25	20	10	–	–	–
<i>Arabis thaliana</i>	50	48	44	40	35	35	40	45	17	40	35	35	30	30
<i>Agropyron repens</i>	75	80	80	70	65	55	50	45	33	25	10	15	10	–
<i>Agropyron cristatum</i>	80	80	80	70	70	65	60	55	50	45	25	20	15	–
<i>Agropyron desertorum</i>	70	75	75	70	65	60	60	55	50	50	25	30	25	20
<i>Alhagi pseudalhagi</i>	50	55	55	50	45	30	28	30	33	33	25	20	15	10
<i>Amaránthus retrofléxus</i>	70	75	75	65	60	55	50	55	58	60	55	55	60	60
<i>Átriplex tatárica</i>	67	70	70	65	60	65	50	55	35	30	20	15	–	–
<i>Atriplex patula</i>	17	18	18	15	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Artemisia taurica</i>	100	100	100	95	98	92	95	100	100	98	99	98	95	94
<i>Artemisia lercheana</i>	85	80	80	75	75	70	70	80	65	65	60	50	50	50
<i>Artemisia arenaria</i>	90	95	95	90	85	85	80	80	85	75	70	70	70	65
<i>Artemisia monogina</i>	100	100	100	90	95	85	75	80	80	95	90	80	85	80
<i>Astragalus sp.</i>	30	25	20	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Bromus mollis</i>	90	95	95	85	85	80	80	80	75	75	70	75	70	60
<i>Bromus tectorum</i>	90	90	80	70	70	60	50	45	45	50	50	50	45	45
<i>Bromus squarrosus</i>	67	68	68	60	55	52	60	67	55	50	35	50	45	45
<i>Bromopsis inermis</i>	33	30	35	25	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Calligonum aphyllum</i>	55	50	52	48	45	45	35	33	33	32	20	28	25	15
<i>Camphorosma lessingii</i>	55	60	60	40	45	45	40	28	17	10	–	–	–	–
<i>Carduus stenocephalus</i>	33	33	33	30	32	28	28	25	23	23	20	20	20	25
<i>Carex desertorum</i>	83	90	95	88	85	90	88	95	–	65	45	60	45	40
<i>Ceratocarpus arenarius</i>	80	80	80	75	70	70	45	50	50	40	35	40	45	40
<i>Cerastium perfoliatum</i>	33	35	35	30	30	20	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Cynodon dactylon</i>	80	85	83	70	65	60	50	55	40	45	35	40	35	30
<i>Eremopyrum orientale</i>	33	33	35	30	30	28	30	33	25	22	15	15	10	10
<i>Eremopyrum triticeum</i>	75	80	80	75	75	70	75	65	45	40	35	25	25	15
<i>Eragrósitis minor</i>	67	67	67	55	50	50	45	40	20	–	–	–	–	–
<i>Falcaria vulgaris</i>	33	35	35	25	24	20	18	18	17?	20	25	20	18	20
<i>Festuca pratensis</i>	40	45	45	35	35	30	30	25	25	20	10	–	–	–
<i>Festuca Valesiaca sulcáta</i>	67	70	70	65	65	60	50	40	17	40	10	10	–	–
<i>Hordeum leporinum</i>	40	45	45	35	40	45	48	50	50	50	48	48	40	35
<i>Helichrysum arenarium</i>	65	65	65	60	50	45	50	55	50	55	50	45	50	50
<i>Kochia prostrata</i>	40	45	45	35	30	30	25	20	15	10	10	10	–	–
<i>Limonium meyeri</i>	33	33	35	30	28	25	22	20	17	17	10	14	12	10
<i>Marrubium vulgare</i>	18	20	20	17	17	17	15	15	15	–	–	–	–	–
<i>Papaver arenarium</i>	15	15	15	10	10	12	10	10	8	5	5	5	5	4
<i>Poa praténsis</i>	90	95	95	80	75	70	60	55	45	40	30	25	20	15
<i>Poa bulbosa</i>	33	33	33	30	28	28	25	20	25	20	15	20	25	20
<i>Phleum paniculatum</i>	67	67	67	60	55	50	35	25	17	15	–	–	–	–
<i>Puccinellia gigantea</i>	67	68	68	55	50	45	35	20	25	10	–	–	–	–
<i>Petrosimonia oppositifolia</i>	33	35	35	30	25	20	20	15	17	15	15	10	10	15
<i>Salsola tragus</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	100	100	100
<i>Salsola orientalis</i>	100	100	100	98	98	95	90	95	83	85	75	70	72	65
<i>Salsola dendroides</i>	100	98	100	95	95	98	90	85	67	67	70	65	60	55
<i>Salicornia</i>	85	90	90	85	80	85	85	80	70	75	75	70	75	70
<i>Sónchus arvensis</i>	33	33	35	40	45	50	60	70	83	83	85	85	80	75
<i>Stípa capilláta</i>	33	35	35	30	35	40	40	45	50	50	55	45	45	40
<i>Veronica verna</i>	15	17	17	10	15	15	10	10	12	10	8	10	10	10
<i>Avena fatua</i>	83	82	83	70	65	58	50	45	45	40	45	45	50	55
<i>Suaeda microphylla</i>	33	35	35	30	33	30	35	35	30	30	33	25	28	30
<i>Ceratocarpus arenarius</i>	67	60	60	50	45	40	35	33	17	10	–	–	–	–
<i>Inula sabuletorum</i>	33	33	35	50	40	40	45	40	30	30	20	10	–	–
<i>Xanthium spinosum</i>	65	60	55	50	55	58	60	55	55	45	45	40	45	45
<i>Pleconax conica</i>	50	55	55	50	45	40	40	35	30	20	–	–	–	–
<i>Glycyrrhiza glábra</i>	50	55	55	40	40	30	35	20	10	–	–	–	–	–

Agropyron cristatum и другие, маревых – *Camphorosma lessingii*, *Kochia prostrata*, *Suaeda microphylla*, *Atriplex tatarica*, бобовых – *Glycyrrhiza glabra*, основные кормовые растения – *Carex*. Для злаково-полынно-солянковой ассоциации характерна быстрая потеря доминирующих крупных дерновинных злаков и обилие ксерофитов. Растения, сокращающие свою численность под влиянием неблагоприятных условий, – *Stipa lessingiana*, мятлик луговой *Poa pratensis* и другие злаки. На смену приходят неподаваемые или стойкие к вытаптыванию адвентивные виды (*Hordeum leporinum*). Относительной устойчивостью из кормовых растений к умеренной нагрузке обладают *Agropyron cristatum*, *A. desertorum*, типчак (*Festuca valesiaca*), *Cynodon dactylon*, *Avena fatua*, при сильных нагрузках увеличивают свое обилие плохо поедаемые виды – *Artemisia taurica*, *Atriplex tatarica*, *Falcaria vulgaris*, *Veronica arvensis*, *Arabidopsis thaliana* и другие. Растительность дигрессивных пастбищ представлена рудеральными и синантропными видами. Такое изменение видового состава приводит к смене фитоценозов и трансформации растительных сообществ. В качестве индикатора деградации нами отмечены не только отдельные виды растений, но и сообщества, в которых они присутствуют. На участке с усиленной нагрузкой в травостое фитоценозов увеличивается число ксерофитов, рудеральных видов, упрощается пространственная структура растительного покрова.

На легких почвах ощущается недостаток влаги из-за уменьшения количества выпадающих осадков и увеличения испаряемости, это приводит к риску засухи и сопровождается сменой растительности с вовлечением новых территорий. Растения играют ключевую роль в экосистемах и первыми реагируют на изменения климата, некоторые адаптируются и расширяют свой ареал, другие вытесняются более засухоустойчивыми видами сорняков. Это может иметь серьезные последствия для биоразнообразия экосистем.

С мая по август происходят незначительные изменения сезонного развития растительности. В засушливом регионе повышение температуры воздуха до 45° в летние месяцы приводит к снижению влажности почвы и чрезмерному антропогенному прессу, разрушающему растительно-почвенный покров.

После 2010 года площади опустынивания увеличились из-за роста пастбищных нагрузок на фоне уменьшения осадков в весенний период. В 2020 году неблагоприятные условия почвенной засухи, перевыпас и нашествие саранчи спровоцировали угрозу очередной вспышки антропогенного опустынивания на территории КБС. Наблюдалась пыльные бури, в результате которых площадь лишенных растительного покрова земель превысила 10 км². Сильные и устойчивые ветры со скоростью 20 м/с привели к образованию эоловых процессов и переносу песчано-пылевых масс. Песок заносил пастбища, вызывая изменения состояния травостоя. В полупустынных ландшафтах происходит трансформация природной среды и изменение отдельных компонентов наземных экосистем, снижается разнообразие местных растительных сообществ. В результате к осени практически не остается естественной растительности на пастбищах, а площадь открытых песков увеличивается вдвое.

Таким образом, специфические причины опустынивания в регионе – эрозия, дефляция, засоление, загрязнение, потепление климата, многократная нагрузка пастбищ и другие.

В полупустынных пастбищных ассоциациях КБС, формирующихся в аридных условиях, преобладают полыни, солянки и другие сорные виды разнотравья. Необходима реализация мер по урегулированию пастбищных нагрузок и проведение фитомелиорации для закрепления песков и подвижных форм рельефа песчаных массивов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Атаев З.В., Братков В.В. Влияние колебаний и динамика климата на полупустынные ландшафты Северо-Западного Прикаспия // Географический вестник. 2011. № 3. С. 4–13.
2. Бабаева М.А., Осипова С.В. Антропогенная трансформация пастбищной растительности Кочубейской биосферной станции Северо-Западного Прикаспия // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 5. С. 27–30.
3. Бабаева М.А., Осипова С.В. Трансформация почвенно-растительного покрова пастбищ светло-каштановых почв в песчаные ландшафты Кочубейской биосферной станции // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 4. С. 36–40.
4. Золотокрылин А.Н. Климатическое опустынивание. М.: Наука, 2003. 246 с.
5. Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В., Черенкова Е.А. Динамика засух в Европейской России в ситуации глобального потепления // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2007. Т. XXI. С. 160–182.
6. Магомедов М.-Р.Д., Муртузалиев Р.А. Влияние выпаса на продуктивность и структуру растительности пастбищных экосистем Терско-Кумской низменности // Аридные экосистемы. 2001. Т. 7. № 14–15. С. 39–53.
7. Стасюк Н.В. Расширение опустыненных земель – реальная угроза в дельтах Западного Прикаспия // Аридные экосистемы. 2000. Т. 6. № 13. С. 54–60.

REFERENCES

1. Ataev Z.V., Bratkov V.V. Vliyaniye kolebanij i dinamika klimata na polupustynnye landshafty Severo-Zapadnogo Prikaspiya // Geograficheskij vestnik. 2011. № 3. S. 4–13.
2. Babaeva M.A., Osipova S.V. Antropogennaya transformaciya pastbishchnoj rastitel'nosti Kochubejskoj biosfernoj stancii Severo-Zapadnogo Prikaspiya // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2019. № 5. S. 27–30.
3. Babaeva M.A., Osipova S.V. Transformaciya pochvenno-rastitel'nogo pokrova pastbishch svetlo-kashtanovyh pochv v peschanye landshafty Kochubejskoj biosfernoj stancii // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2023. № 4. S. 36–40.
4. Zolotokrylin A.N. Klimaticheskoe opustynivanie. M.: Nauka, 2003. 246 s.
5. Zolotokrylin A.N., Vinogradova V.V., Cherenkova E.A. Dinamika zasuh v Evropejskoj Rossii v situacii global'nogo potepleniya // Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem. 2007. T. XXI. S. 160–182.
6. Magomedov M.-R.D., Murtuzaliev R.A. Vliyaniye vypasa na produktivnost' i strukturu rastitel'nosti pastbishchnyh ekosistem Tersko-Kumskoj nizmennosti // Aridnye ekosistemy. 2001. T. 7. № 14–15. S. 39–53.
7. Stasyuk N.V. Rasshirenie opustynennyh zemel' – real'naya ugroza v del'tah Zapadnogo Prikaspiya // Aridnye ekosistemy. 2000. T. 6. № 13. S. 54–60.

Поступила в редакцию 13.05.2024
Принята к публикации 27.05.2024