

УДК 581.526.53:581.55:528.88

ХАРАКТЕРИСТИКА СТЕПНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЗАСУШЛИВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Жарникова М.А.

Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, e-mail: zharnikova@binm.ru

Изменение климата и антропогенное воздействие способствуют нарушению экосистемной устойчивости, что приводит к снижению биоразнообразия, потере местных ресурсов и снижению уровня жизни населения. Степная растительность как чувствительный, динамичный и быстро реагирующий на изменения окружающей среды компонент занимает важное место в исследовании этих процессов, выступая в качестве индикатора состояния и динамики ландшафтов. В представленной работе использован комплексный подход к анализу степных растительных сообществ, подразумевающий взаимосвязанные этапы изучения растительности. На основе геоботанических описаний оценено современное фитоценоотическое разнообразие растительности исследуемой территории. Оно представлено 5 флороцено типами растительности, включающими коренные сообщества, адаптированные к современным природным условиям, и производные сообщества, сформировавшиеся под воздействием антропогенных факторов. Проведен ординационный анализ степных растительных сообществ, позволяющий определить экологические факторы, влияющие на дифференциацию степной растительности: аридность климата и степень литофильности. На основе синтеза данных, получаемых от систем мониторинга трех уровней – наземного, авиационного и космического, установлены закономерности пространственного распределения степных сообществ и дана характеристика их экотопической приуроченности. Полученные в результате проведенного анализа данные позволили выявить некоторые присущие степным сообществам закономерности, а также установить связь распределения растительности в соответствии с природными особенностями территории. На изучаемой территории в условиях засушливого климата отмечены изменения в составе жизненных форм и эдификаторов-ценозообразователей, выражающиеся в сокращении, а затем и в полном выпадении роли дерновинных злаков, внедрении сорных видов, приводящие к трансформации растительных сообществ.

Ключевые слова: степи, фитоценоотическое разнообразие, ординация, пространственная структура, Центральная Азия

CHARACTERISTICS OF THE STEPPE VEGETATION OF ARID TERRITORIES OF CENTRAL ASIA

Zharnikova M.A.

Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, e-mail: zharnikova@binm.ru

Climate change and anthropogenic impacts contribute to the disruption of ecosystem stability, which leads to a decrease in biodiversity, loss of local resources and a decrease in the living standards of the population. Steppe vegetation, as a sensitive, dynamic and rapidly responding to environmental changes component, occupies an important place in the study of these processes, acting as an indicator of the state and dynamics of landscapes. In the presented work, an integrated approach to the analysis of steppe plant communities is used, which implies interrelated stages in the study of vegetation. On the basis of geobotanical descriptions, the current phytocoenotic diversity of vegetation in the study area was estimated. It is represented by 5 flora cenotypes of vegetation, including indigenous communities adapted to modern natural conditions, and derivative communities formed under the influence of anthropogenic factors. An ordination analysis of steppe plant communities has been carried out, which makes it possible to determine the ecological factors influencing the differentiation of steppe vegetation: climate aridity and the degree of lithophilicity. Based on the synthesis of data obtained from monitoring systems of three levels – ground, aviation and space, the regularities of the spatial distribution of steppe communities are established and a characteristic of their ecotopic confinement is given. The data obtained as a result of the analysis made it possible to identify some patterns inherent in steppe communities, as well as to establish a relationship between the distribution of vegetation in accordance with the natural features of the territory. In the study area, under conditions of an arid climate, changes were noted in the composition of life forms and edifiers-cenose-forming agents, expressed in the reduction and then in the complete loss of the role of turf grasses, the introduction of weed species, leading to the transformation of plant communities.

Keywords: steppes, phytocoenotic diversity, ordination, spatial structure, Central Asia

Трансформация растительного покрова под влиянием природных и антропогенных факторов является фундаментальной проблемой, требующей комплексного подхода к ее решению. Степные экосистемы, составляющие основную земледельческую зону и кормовую базу в засушливых и полусушливых регионах, в последнее время претерпели значительные изменения в условиях аридизации климата и усиления пастбищной нагрузки [1–3]. Выявление качественных и количественных показателей

таких изменений возможно при мониторинге, который включает изучение видового состава, фитоценоотического разнообразия, экологической приуроченности ценозов, анализ их пространственного распределения, а также определение направленности основных процессов. Кроме того, оценка состояния степных сообществ, происходящих в них изменений и выявление современных тенденций представляют интерес с научно-практической позиции изучения степей и необходимы при составлении эко-

логического прогноза, разработке научно обоснованной системы мероприятий и рекомендаций по их использованию [4].

Целями исследования являются изучение степных экосистем засушливых регионов Центральной Азии, их пространственный анализ и оценка современного состояния на основе комплексных дистанционных и наземных данных.

Материалы и методы исследования

В основу работы вошли материалы, полученные на 5 модельных полигонах в ходе экспедиционных исследований с 2015 по 2019 гг. (таблица). Все эти объекты были выбраны в пределах Байкало-Гобийского субмеридионального трансекта, который представляет собой полосу с севера на юг шириной около 150 км и длиной 600 км (52–45° с.ш., 105–108° в.д.). Территория исследования находится на территории России и Монголии на главном водоразделе Азиатского континента, разделяющем водосборные бассейны Северного Ледовитого и Тихого океанов, а также область внутриматерикового стока Центральной Азии. Трансект проходит по территории Западного Забайкалья и северной части Монгольского плато, охватывая по степени увлажнения различные климатические зоны: сухую субгумидную, семиаридную и аридную.

При проведении полевых работ использованы стандартные методы геобота-

нических исследований [7]. Общее количество полных геоботанических описаний, выполненных на всех полигонах, составляет 265. Для их обработки и хранения применены программное обеспечение и база данных IBIS [8]. В ряде случаев для анализа и визуализации результатов, помимо пакета Microsoft Office, использован пакет PAST. Для выявления фитоценотического разнообразия и построения классификационной схемы осуществлен эколого-фитоценотический доминантно-детерминантный подход. В качестве основных таксономических единиц классификации приняты следующие: ассоциация, формация, флороценотип и эколого-исторический ряд.

Выделение флороценоципов осуществлено в ходе сравнительного анализа ценофлор. Формация объединяет растительные сообщества с одинаковым видовым набором доминантов. К одной ассоциации отнесены сообщества с общим видовым составом доминантов и детерминантов, а также со сходной структурой. В целях сопряженного анализа структуры сообществ и экологических условий проведен анализ непрямой ординации методом взаимного усреднения – Detrended correspondence analysis (DCA-ординация) – для определения экологически значимых факторов среды, отвечающих за разнообразие и структуру растительности исследуемой территории.

Основные характеристики географического расположения модельных полигонов

№	Модельные полигоны	Координаты		Абсолютные высоты, м над у.м.	Положение в системе физико-географического районирования (провинция)	Положение в системе ботанико-географического районирования (провинции / подпровинции)
		широта	долгота			
1	Улан-Удэ (РФ)	51°43' 51°42'	107°30' 107°30'	570–730	Хилокско-Чикойская горнотаежно-котловинная остепненная	Алтае-Саянская / Южно-Бурятский округ
2	Гусиноозерск (РФ)	51°09' 51°06'	106°30' 106°30'	680–760	Селенгинско-Орхонская котловинно-среднегорная остепненная	Хангайско-Даурская горнолесостепная / Орхон-Нижнеселенгинская горнолесостепная
3	Дархан (Монголия)	49°28' 49°24'	105°50' 105°51'	700–900	Селенгинско-Орхонская котловинно-среднегорная остепненная	Хангайско-Даурская горнолесостепная / Орхон-Нижнеселенгинская горнолесостепная
4	Дзун-Мод (Монголия)	47°40' 47°38'	107°11' 107°08'	1570–1700	Онон-Хэнгэйская котловинно-горнотаежная	Монгольская степная / Среднехалхаская степная
5	Мандалгови (Монголия)	45°42' 45°38'	106°18' 106°13'	1320–1370	Центральномонгольская среднегорная возвышенно-равнинная котловинная сухостепная полупустынная	Северогобийская пустынно-степная / Северо-Восточногобийская пустынно-степная

Примечание. *Названия провинций и подпровинций даны по картам природного и физико-географического районирования [5], ботанико-географического районирования [6].

Основными методами картографирования являлись анализ и дешифрирование космических снимков, материалов аэрофотосъемки, тематических карт и соотнесение их с данными натурных исследований и литературных источников. Объем основной картируемой единицы – растительной ассоциации – совпадает с основной наименьшей единицей классификации.

Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), использованные в работе, включают космические снимки спутников линейки Landsat (сенсоры TM, ETM+, OLI) с пространственным разрешением 30 м. Для анализа экологической приуроченности степей использованы цифровые модели рельефа на базе радарной топографической съемки SRTM и аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Аэрофотосъемка в видимой области спектра выполнялась при помощи радиоуправляемого БПЛА DJI Mavic Pro, снабженного видеокамерой высокого разрешения. В качестве программного обеспечения для обработки данных ДЗЗ применены ArcMap, Agisoft Photoscan и ENVI.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследования степных сообществ модельных полигонов выявлено их фитоценотическое разнообразие, которое представлено 5 флороцено типами, один из которых является антропогенно-обусловленным (залежная растительность), остальные – луговые, настоящие, горные, пустынные степи – представлены тремя эколого-историческими рядами. В разделении центральноазиатских степей на синтаксоны мы следуем современным отечественным обобщениям, представленным в последних работах по степному типу растительности [9–11]. Полученная классификационная схема отражает современное фитоценотическое разнообразие территории, представленное коренными сообществами, адаптированными к современным природным условиям, и производными сообществами, сформировавшимися под воздействием антропогенных факторов (рис. 1).

Ценофлору луговых степей образуют ценозы разнотравных лугово-степных и закустаренных степей, представленных на полигоне «Улан-Удэ». Настоящие сухие дерновиннозлаковые степи, являющиеся зональными для пограничных территорий Южной Сибири и Северной Монголии,

наиболее широко представлены на полигонах «Гусиноозерск» и «Дархан». Они объединяют близкие формации ковыльных степей, включая и их переменные состояния, возникшие в результате интенсивного пастбищного использования. Это вторичные степи, на которых сказывается воздействие выпаса, о чем свидетельствует разрастание в составе травостоя *Artemisia frigida* и *Carex duriuscula* со значительным участием *Caragana microphylla*. На модельном полигоне «Дархан» из-за интенсивной пастбищной нагрузки видовой состав формаций отличается от естественных злаковых степей, на месте которых они появляются, изреживанием или полным выпадением дерновинных злаков и увеличением взамен их числа сорных растений. На модельном полигоне «Улан-Удэ» настоящие степи представлены более петрофитными вариантами. На вершинах гряд и выпуклых склонов различной экспозиции обычно присутствуют низкотравные петрофитные степи. На крупнокаменистых, преимущественно южных склонах встречаются кустарниковые каменистые степи. Растительность модельного полигона «Дзун-Мод» образована ценозами, отличающимися особенностями высотного распределения, – горными степями. Своеобразие ценофлорам этих степей придает присутствие горностепных видов, которые относятся к самобытным жизненным формам – подушковидным и розеточным стержнекорневым поликарпикам (*Potentilla sericea*, *Eremogone meyeri*, *Filifolium sibiricum* и др.). Пустынные степи, описанные в аридной зоне на полигоне «Мандалгови», характеризуются своеобразным набором эдификаторов: наиболее обильны мелкодерновинные злаки *Stipa glareosa*, *Cleistogenes songorica* со значительным участием полукустарничковых солянок – *Reaumuria songarica*, *Salsola passerina*, *Anabasis brevifolia*. Особенностью пустынных степей является доминирование в ряде сообществ дерновинного лука – *Allium polyrrhizum*. На российской части рассматриваемой территории в результате выбытия земельных угодий из сельскохозяйственного оборота значительные площади в настоящее время находятся на разных стадиях зацеленения. Сообщества этих стадий имеют отличительные особенности во флористическом составе и структуре. В составе данной группы нами выделены 3 формации, характеризующие 3 стадии: бурьянистая, рыхлодерновинная и корневищная.

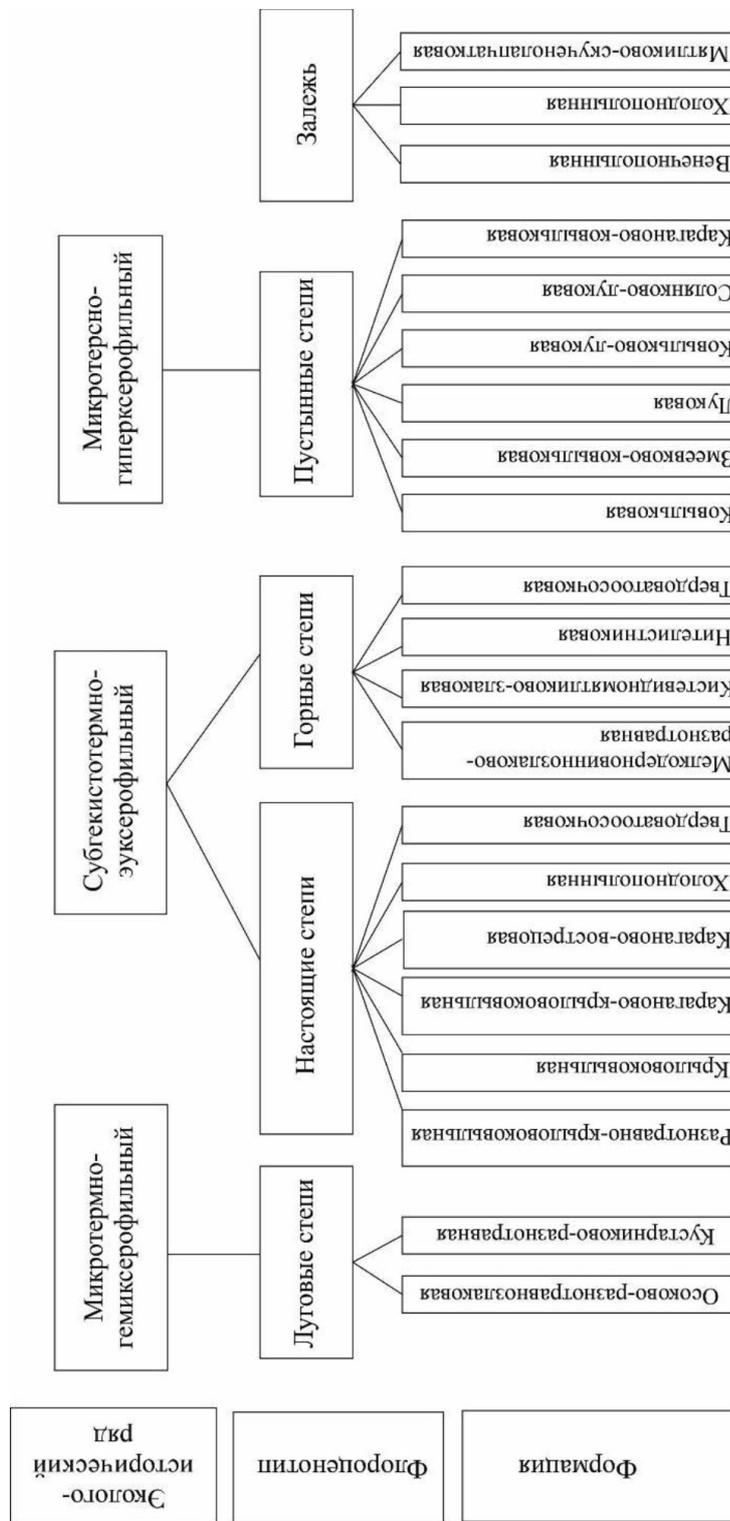


Рис. 1. Схема классификации растительности степных экосистем

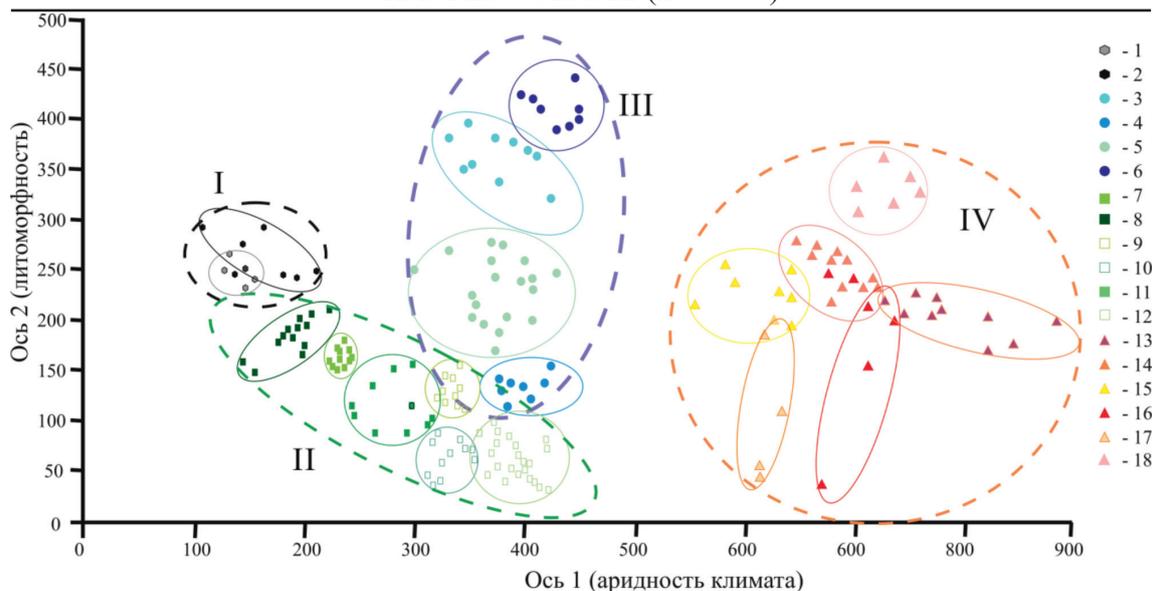


Рис. 2. DCA-ординация ценофлор степных сообществ территории исследования Римскими цифрами и пунктирными линиями обозначены группы флороцено типов: I – луговые степи, II – настоящие степи, III – горные степи, IV – пустынные степи. Сплошными линиями обозначены формации: 1 – осоково-разнотравная, 2 – кустарниково-разнотравная, 3 – нителестниковая, 4 – твердоватоосочковая, 5 – мелкодерновиннозлаково-разнотравная, 6 – кистевидномятликово-злаковая, 7 – крыловоковыльная, 8 – разнотравно-крыловоковыльная, 9 – караганово-вострецовая, 10 – холоднополюнная, 11 – караганово-крыловоковыльная, 12 – твердоватоосочковая, 13 – ковыльковая, 14 – змеевково-ковыльковая, 15 – луговая, 16 – ковыльково-луговая, 17 – солянково-луговая, 18 – караганово-ковыльковая

Для оценки связи растительности с экологическими факторами среды проведена непрямая DCA-ординация выделенных синтаксонов. В отличие от прямой ординации, где оценивается изменение видового состава вдоль выбранного и определенного исследователем экологического фактора, непрямая ординация упорядочивает объекты вдоль некоторой абстрактной оси с безразмерными единицами измерения, требующей в дальнейшем интерпретации. Из рис. 2 видно, что в пространстве двух осей ординации сформировалось несколько достаточно выраженных групп, которые представляют разные типы степной растительности, различающиеся по экологии и флористическому составу, интерпретированные в ранге флороцено типов и формаций (рис. 2). Вдоль оси абсцисс наблюдается последовательное замещение степных сообществ от луговых степей на северном полигоне «Улан-Удэ» до пустынных степей южного полигона «Мандалгови». Очевидно, что экологическим фактором, обуславливающим выявленный порядок групп, является аридность климата. Ось ординат отражает распределение ценофлор по сте-

пени литоморфности (от мощных супесчаных до маломощных щебнистых). В первую группу объединены мезофитные луговые и кустарниковые сообщества, распространенные на высотах 650–730 м, на каменисто-щебнистом или мелкоземном субстрате, в зоне недостаточного и временно избыточного увлажнения. Вторую группу сформировали сообщества настоящих сухих степей с преобладанием *Stipa krylovii*, распространенные на высотах 700–800 м на средне- и относительно мощных супесчаных почвах – темно-каштановых. Сюда же входят сообщества настоящих степей интенсивного пастбищного использования, которые тяготеют к супесчаным почвам. Сообщества этой группы находятся в зоне периодически недостаточного увлажнения. Третью группу составляют горностепные сообщества, формирующиеся в условиях увлажнения, схожих с условиями настоящих степей, но расположенных выше – в диапазоне высот 1500–1600 м, на мелкоземных и каштановых маломощных щебнистых почвах, в зоне умеренно малоувлажненной, холодной и длительно промерзающей. Четвертая группа объединяет сообщества пу-

стынных степей. Сообщества этой группы распространены в аридной зоне на высотах от 1300 до 1400 м, на бурых щебнистых и засоленных почвах с недостаточным увлажнением.

Наряду с фитоценотической классификацией проведен анализ пространственного распределения степных сообществ на основе трехуровневой системы мониторинга: спутник – БПЛА – наземные данные. Использование такой последовательности в нашем исследовании позволило на спутниковом уровне обеспечить охват территории, а аэрофотоснимки с высоким пространственным разрешением и наземные исследования дали возможность детализировать содержание карт. Проведен анализ экотопической приуроченности степных сообществ по характеристикам элементов рельефа (высоты местности над уровнем моря, экспозиции и крутизны склона), полученным также из системы трехуровневого мониторинга. На основе прямых инструментальных измерений характеристик рельефа построены «модели сопки», отражающие дифференциацию растительности в зависимости от элементов рельефа с учетом высоты [12].

Выявленная пространственная структура растительности исследуемой территории представлена как однородными фитоценозами, так и различными их комбинациями разного уровня сложности (комплексами, сочетаниями, экологическими рядами). Структура растительного покрова связана в первую очередь с явлениями зональности, а также с вертикальной поясностью. Существенное влияние на дифференциацию растительности оказывает орография. С севера на юг – от среднегорного рельефа Южной Сибири до равнин Центральной Азии пустынностепного пояса – происходит упрощение пространственной структуры. Расчлененный горный рельеф способствует неоднородности распространения фитоценозов, их мозаичности (модельные полигоны «Улан-Удэ», «Гусиное», «Дархан», «Дзун-Мод»). Гомогенный растительный покров преимущественно приурочен к выположенным склонам незначительной крутизны до 5° и межсопочным долинам. Наиболее сложная пространственная структура характерна для склонов южных экспозиций, где наряду с преобладанием гомогенных выделов значительные позиции занимают гетерогенные единицы – преимущественно 2–3 компонентных сочетания и комплексы. Равнинные части и склоны

южной экспозиции занимают сухие дерновиннозлаковые сообщества степей. На вершинах гряд, в зоне проявления выходов коренных пород, и на выпуклых щебнистых участках склонов формируются злаковые степи с участием кустарников. Более крутые склоны с эпизодическими выходами коренных пород занимают петрофитные сообщества. Разнотравные дерновиннозлаковые степи занимают преимущественно позиции на более увлажненных склонах северо-западных экспозиций. Также на склонах наблюдаются экспозиционные сочетания растительности эрозионных ложбин и балок. В структуре растительного покрова пустынностепного пояса (модельный полигон «Мандалгови») преобладают мезокомбинации, формирующиеся в условиях простых форм рельефа и занимающие значительно протяженные территории в горизонтальном (десятки и сотни метров) и вертикальном (от одного до десятков метров) направлениях. Сообщества характеризуются плавными сменами, образующими континуум с «размытыми» границами. Для засоленных депрессий характерны микрокомбинации и экологические ряды, связанные с изменениями водного режима и мощностью накопления озерных отложений дна котловины и временных водотоков.

Заключение

В результате комплексного анализа выявлены современное состояние и пространственное распределение степных сообществ исследуемой территории. Классификационное построение позволило выявить фитоценотическое разнообразие исследуемых участков. Растительность исследуемых полигонов представлена 5 флороцено типами: от луговых степей с разнотравно-злаковыми фитоценозами на севере трансекта до пустынных степей с преобладанием мелкодерновинных злаков в южной части. В современном растительном покрове коренные ассоциации фактически не сохранились, на их месте встречаются различные производные сообщества, возникшие в процессе хозяйственной деятельности человека. Экологическая ординация и сравнительный анализ ценофлор формаций обосновывают типологическую разобщенность степных сообществ и эколого-ценотическую специфичность ценозов. При пространственном анализе выявлено, что в одних случаях на одних и тех же формах рельефа развиваются сообщества разных формаций, в других – на разных формах рельефа форми-

руются сообщества, относящиеся к одной группе формаций, поскольку мощная средообразующая роль пустынно-степных сообществ нивелирует индикационную роль мезорельефа.

Работа выполнена в рамках государственного задания БИП СО РАН и при частичной поддержке грантов РФФИ № 19-55-53026, № 18-55-91047.

Список литературы / References

1. Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Хадбаатар С. Трансформация наземных экосистем южной части бассейна Байкала. М.: КМК, 2018. 402 с.

Bazha S.N., Danzhalova E.V., Drobyshev Yu.I., Hadbaatar S. Transformation of terrestrial ecosystems in the southern part of the Baikal basin. M.: KMK, 2018. 402 p. (in Russian).

2. Петухов И.А., Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Сыртыпова С.Х.Д., Богданов Е.А., Энх-Амгалан С., Гунин П.Д. Многолетняя динамика состояния пастбищных экосистем в экотонной зоне сухих и пустынных степей Центральной Монголии (Среднеобийский аймак) // Экосистемы: экология и динамика. 2018. Т. 2. № 2. С. 5–39. DOI: 10.24411/2542-2006-2018-10007.

Petukhov I.A., Bazha S.N., Danzhalova E.V., Drobyshev Yu.I., Syrtylova S.Kh.D., Bogdanov E.A., Enkh-Amgalan S., Gunin P.D. Long-term dynamics of pasture ecosystems' condition along the ecotone zone of dry and desert steppes of Central Mongolia (Dundgovi province) // Ekosistem: ekologiya i dinamika. 2018. V. 2. № 2. P. 5–39 (in Russian).

3. Гунин П.Д., Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Иванов Л.А., Иванова Л.А., Казанцева Т.И., Мигалина С.В., Микляева И.М., Ронжина Д.А., Ариунболд Э., Хадбаатар С., Цоож Ш., Цэрэнханд Г. Региональные особенности процессов опустынивания экосистем на границе бассейна Байкала и Центральноазиатского бессточного бассейна // Аридные экосистемы. 2015. Т. 21. № 3(64). С. 5–22.

Gunin P.D., Bazha S.N., Danzhalova E.V., Drobyshev Y.I., Ivanov L.A., Ivanova L.A., Migalina S.V., Ronzhina D.A., Kazantseva T.I., Miklyaeva I.M., Ariunbold E., Tsooj S., Tserenkhand G., Khadbaatar S. Regional features of desertification processes of ecosystems on the border of the Baikal basin and Central Asian internal drainage basin. Arid Ecosystems. 2015. Vol. 5. No. 3. P. 117–133. DOI: 10.1134/S2079096115030063.

4. Огуреева Г.Н., Жаргалсайхан Л., Каримова Т.Ю., Микляева И.М. Изменение ботанического разнообразия разнотравно-дерновиннозлаковых степей Восточной Монголии

за одиннадцатилетний период (2008–2018 гг.) // Аридные экосистемы. 2019. Т. 25. № 4(81). С. 52–60.

Ogureeva G.N., Zhargalsaikhan L., Karimova T.Yu., Miklyaeva I.M. Changes of botanical diversity of mixed and sod grass steppes of Eastern Mongolia in 11 years (2008–2018) // Aridnyye ekosistemy. 2019. T. 25. № 4(81). P. 52–60 (in Russian).

5. Экологический атлас бассейна оз. Байкал. Иркутск: Изд. Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. 145 с.

Ecological atlas of the lake. Baikal. Irkutsk: Izd. Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2015. 145 p. (in Russian).

6. Лавренко Е.М., Карамышева З.В., Никулина Р.И. Степи Евразии. Л.: Наука, 1991. 146 с.

Lavrenko E.M., Karamy'sheva Z.V., Nikulina R.I. Steppes of Eurasia. L.: Nauka, 1991. 146 p. (in Russian).

7. Полевая геоботаника. Т.3. М.-Л.: Наука, 1964. 530 с.

Field geobotany. T.3. M.-L.: Nauka, 1964. 530 p. (in Russian).

8. Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова: учеб. пособие. Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. 304 с.

Zverev A.A. Information technology in vegetation research: ucheb. posobie. Tomsk: TML-Press, 2007. 304 p. (in Russian).

9. Дамбиев Э.Ц., Намзалов Б.Б., Холбоева С.А., Валова Е.Э. Региональная геоэкология: агроландшафты степей Бурятии: учеб. пособие. Улан-Удэ: Бурятский государственный университет, 2013. 182 с.

Dambiev E.C., Namzalov B.B., Holboeva S.A., Valova E.E. Regional geoecology: agrolandscapes of the steppes of Buryatia: ucheb. posobie. Ulan-Ude: Buryatskij gosudarstvennyj universitet, 2013. 182 p. (in Russian).

10. Холбоева С.А., Намзалов Б.Б. Основы степеведения. Улан-Удэ: Бурятский государственный университет, 2010. 112 с.

Holboeva S.A., Namzalov B.B. Basics of steppe studies. Ulan-Ude: Buryatskij gosudarstvennyj universitet, 2010. 112 p. (in Russian).

11. Королюк А.Ю. Синтаксономия степной растительности Республики Бурятия // Растительность России. 2017. № 31. С. 3–32. DOI: 10.31111/vegus/2017.31.3.

Korolyuk A. Yu. Syntaxonomy of steppe vegetation of the Republic of Buryatia // Rastitel'nost' Rossii. 2017. № 31. P. 3–32 (in Russian).

12. Zharnikova M.A., Alymbaeva Zh.B., Sodnomov B.V., Ayurzhanayev A.A. The experience of developing large-scale geobotanical maps based on field and remote sensing data. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 320. No. 1. 012027. DOI: 10.1088/1755-1315/320/1/012027.