

Анализ пространственных изменений структуры тугайной растительности Приаралья с использованием NMDS

Analysis of spatial changes in the structure of tugai vegetation in the Aral Sea Region using NMDS

Рахимова Н. К., Султанмуратов А. Т.

Rakhimova N. K., Sultanmuratov A. T.

*Институт ботаники Академии наук Республики Узбекистан, г. Ташкент, Узбекистан. E-mail: rakhimovanodi@mail.ru
Institute of Botany Academy of Sciences Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan*

Реферат. На основе неметрического многомерного шкалирования (NMDS) были проанализированы пространственные изменения структуры тугайной растительности Приаралья. Показано, что тугайная растительность Северо-Западного Кызылкума, хотя более обширна и сохранна, чем в других частях региона, подвержена негативному воздействию антропогенных и природных факторов. Снижение обилия доминантов связано с изменением гидрологического режима, увеличением испарения и неконтролируемой вырубкой. Чрезмерная рубка тугайных лесов для получения древесины, дров и других целей приводит к сокращению площади, доступной для этих доминантных видов.

Ключевые слова. Видовой состав, индекс Sørensen, общее проективное покрытие, регионы Приаралья, тугайная растительность, NMDS.

Summary. Non-metric multidimensional scaling (NMDS) was used to analyze spatial changes in the structure of tugai vegetation in the Aral Sea region. The results indicate that although the tugai vegetation in Northwestern Kyzylkum is more extensive and better preserved than in other parts of the region, it is still affected by both anthropogenic and natural factors. The decrease in the abundance of dominant species is associated with changes in the hydrological regime, increased evaporation, and uncontrolled logging. Excessive deforestation of tugai forests for timber, firewood, and other purposes leads to a reduction in the area available for these dominant species.

Key words. Aral Sea region, NMDS, species composition, Sørensen index, tugai vegetation, total projective cover.

Введение. Анализ климатических изменений в Узбекистане выявляет тенденцию к повышению среднетемпературных показателей и прогрессирующей аридизации, наиболее выраженной в аридных регионах, таких как плато Устюрт. Данный регион, занимающий значительную часть Приаралья и функционирующий в качестве естественного пастбищного угодья, подвергается интенсивному антропогенному воздействию, что приводит к деградации пастбищных экосистем, редукции фитоценозов и активизации процессов эоловой аккумуляции (Субботина, Чанышева, 2006; Чуб, 2007).

Динамика сукцессионных процессов, определяющая последовательность смены растительных сообществ и конечные стадии восстановления, обусловлена комплексом абиотических и биотических факторов, сформировавшихся в результате регрессии Аральского моря. Приаральский регион, представляющий собой уникальный полигон для изучения механизмов аридизации, опустынивания и формирования фитоценотического разнообразия, обладает высокой научной значимостью (Димеева, 1995). Вследствие кумулятивного воздействия климатических изменений и эолового переноса, инициированного сокращением акватории Аральского моря, территория Приаралья, включая плато Устюрт, отнесена к зоне экологического бедствия. Растительный покров сложен гипсофильным, галофильным, псаммофильным типами растительности, небольшими фрагментами представлен тугайный тип.

Как известно, неметрическое многомерное шкалирование (NMDS) – это метод многомерного анализа, который используется для визуализации взаимосвязей между объектами, основанных на мерах расстояния между ними. На основе NMDS анализа были проанализированы исторические

(1953–1973 гг.) и современные (2017–2021 гг.) периоды изменения на примере модельных растительных сообществ, составивших основу тугайной растительности Приаралья (плато Устюрт, Восточный чинк, осушенное дно Аральского моря, Северо-Западный Кызылкум), в связи с изменением климата.

В NMDS “stress” является важным показателем, который оценивает качество результата уменьшения размерности. Конкретно, значение “stress” показывает, насколько хорошо сохраняется исходное сходство (или расстояние) данных в полученном пространстве меньшей размерности. В тугайной растительности значение стресс 0,0950582 указывает на хорошее соответствие. Это означает, что NMDS-анализ смог отобразить расстояния между точками в исходном пространстве в низкоразмерном пространстве с некоторой степенью точности (Adilov et al., 2021).

Анализ схожести тугайной растительности показал, что в историческом состоянии (и.с.) наибольшая схожесть тугайной растительности наблюдалась между Северо-Западным Кызылкумом и осушенным дном Аральского моря ($C_s = 0,413$) (табл. 1). Схожесть между дельтой Амударьи и осушенным дном Аральского моря была немного ниже ($C_s = 0,320$), а между плато Устюрт и Северо-Западным Кызылкумом – еще ниже ($C_s = 0,242$). В современном состоянии (с.с.) наибольшая схожесть тугайной растительности наблюдалась тоже между Северо-Западным Кызылкумом и осушенным дном Аральского моря ($C_s = 0,461$). Схожесть между плато Устюрт и Северо-Западным Кызылкумом была немного ниже ($C_s = 0,370$), а между осушенным дном Аральского моря и плато Устюрт – еще ниже ($C_s = 0,190$).

Таблица 1

Анализ схожести тугайной растительности по индексу Sørensen

Регионы Приаралья	Плато Устюрт	Осушенное дно Аральского моря	Северо-Западный Кызылкум	Дельта Амударьи
в историческом состоянии				
Плато Устюрт	0			
Осушенное дно Аральского моря	0,285	0		
Северо-Западный Кызылкум	0,242	0,413	0	
Дельта Амударьи	0,275	0,32	0,40	0
в современном состоянии				
Плато Устюрт	0			
Осушенное дно Аральского моря	0,190	0		
Северо-Западный Кызылкум	0,370	0,461	0	
Дельта Амударьи	0,285	0,20	0,307	0

В целом, сравнительный анализ тугайной растительности по индексу Sørensen показывает, что состав тугайной растительности в различных регионах Приаралья имеет значительные различия.

Тугайная растительность является специфически мини-экосистемой, которая встречается по берегам рек в засушливых регионах, таких как Средняя и Центральная Азия. Она представляет собой густые леса, состоящие из деревьев (*Populus*, *Elaeagnus*, *Salix*, *Hippophae*, *Tamarix*), кустарников (*Caragana*, *Ligustrum*, *Rubus*) и трав (*Phragmites*, *Typha*, *Carex*, *Medicago*, *Trifolium*), которые приспособлены к периодическим паводкам и засухам. Тугайные леса играют важную роль в защите от наводнений, оползней и других стихийных бедствий. Снижение проективного покрытия и сокращение видового состава тугайных сообществ может увеличить риск этих бедствий. Снижение стока рек Амударья и Сырдарья, питающих тугаи, из-за интенсивного водозабора для ирригации является одним из главных факторов деградации тугайных экосистем. Усыхание Аральского моря, вызванное отводом речных вод, привело к значительному снижению уровня грунтовых вод, что негативно влияет на тугайную растительность. Восемь тугайных растительных сообществ (гребенщикова, тростникова) дельты Амударьи, плато Устюрт, осушенного дна Аральского моря, Северо-Западных Кызылкупов в два разных временных периода были использованы для NMDS-анализа (рис. 1).

В исторических и современных состояниях резкого уменьшения обилий доминантов и видового разнообразия не наблюдается, кроме A9_G (60 %→15 %) и K17_Y (70 %→40 %) сообществ. В связи с неблагоприятными условиями отмечено снижение ОПП и сокращение видового состава. Засоление почв и воды из-за испарения воды из Аральского моря и других водоемов негативно влияет на рост и развитие многих тугайных растений. В K17_Y сообществе отмечено уменьшение обилия доминантов (*Tamarix hispida* Willd., *T. ramosissima* Ledeb.) в современный период. Снижение проективного покрытия и сокращение видового состава тугайных сообществ приводит к ухудшению микроклимата в регионе. Тугайная растительность С-З Кызылкума более обширная и сохранный, но и здесь требуются меры по их охране.

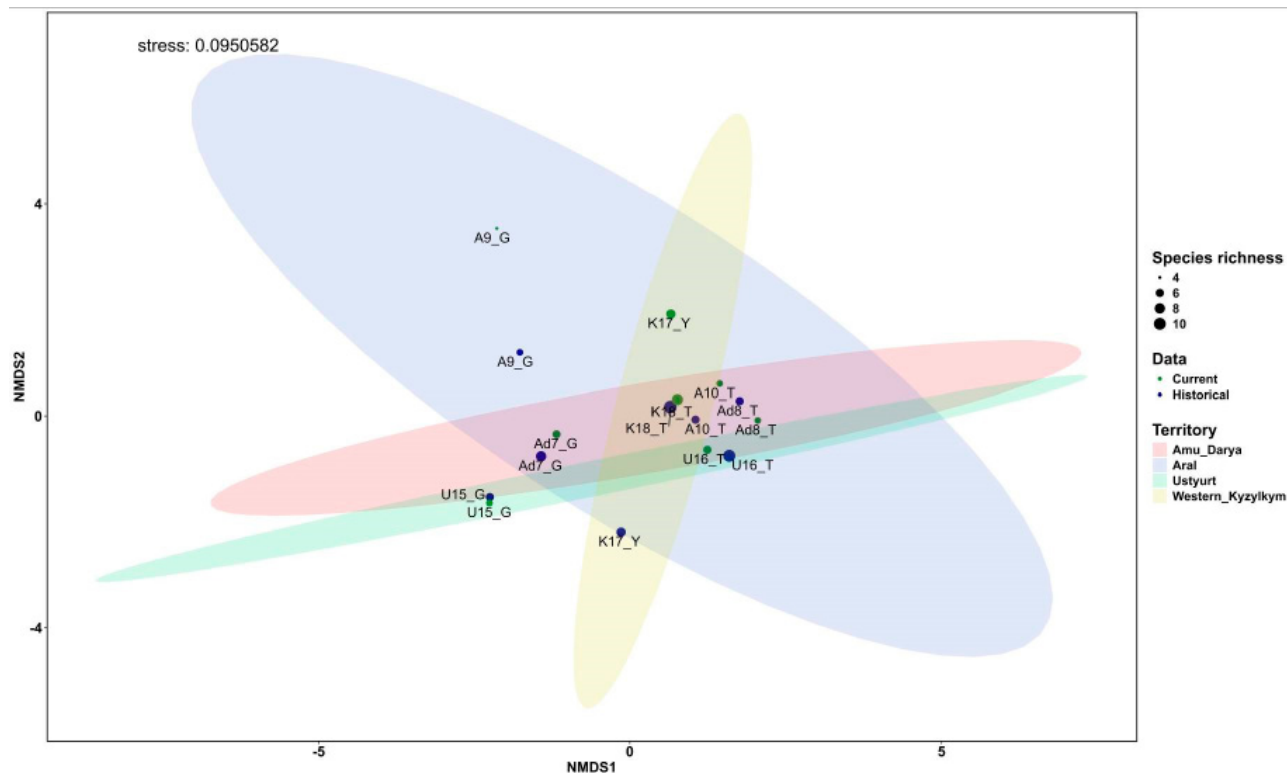


Рис. 1. Результаты NMDS-анализа тугайной растительности на основе количества видов и их проективного покрытия в историческом и современном состояниях: **Устьурт:** U15_G – гребенщикова, U16_T – тростниковая; **осушенное дно Аральского моря:** A9_G – гребенщикова, A10_T – тростниковая; **Северо-Западный Кызылкум:** K17_Y – гребенщикова, K18_T – тростниковая; **дельта Амударьи:** Ad7_G – гребенщикова, Ad8_T – тростниковая.

Помимо снижения проективного покрытия, происходит и сокращение видового состава тугайных растительных сообществ. Это связано с тем, что некоторые виды растений более чувствительны к изменениям факторов среды, чем другие. В A9_G сообществе в и.с. видовой состав небогат: *Tamarix ramosissima* Ledeb., *T. hispida* Willd., *Caroxylon nitrarium* (Pall.) Akhani et Roalson, *Lycium ruthenicum* Murray, *Halostachys caspica* (M. Bieb.) C. A. Mey., в с.с. доминант – *T. ramosissima*, встречается *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M. Bieb., *Bassia hyssopifolia* (Pall.) Kuntze, *Caroxylon scleranthum* (C. A. Mey.) Akhani et Roalson. Уровень воды в Аральском море резко упал с 1960-х гг., что привело к сокращению и фрагментации тугайных лесов. Из-за сокращения площади тугайных лесов биоразнообразие в них значительно снизилось. По мнению С. Е. Трешкина (2011) деградированные тугайные экосистемы отличаются пониженным видовым разнообразием, слабыми разногодичными изменениями состава сообществ.

Таким образом, снижение обилия доминантов может быть вызвано как одним фактором, так и их комплексом. Снижение обилия доминантов в этих сообществах может быть связано рядом факторов: изменение гидрологического режима (снижение уровня грунтовых вод, засоление почв), вырубка (использование древесины для строительства, производства дров), повышение температуры (увеличение испарения, снижение доступной влаги и выпас скота). Чрезмерная вырубка тугайных лесов для

получения древесины, дров и других целей приводит к сокращению площади, доступной для этих доминантных видов.

Благодарности. Работа выполнена в рамках Государственных программ «Оценка современного состояния растительного покрова и пастбищных ресурсов Республики Каракалпакстан», «Создание экологически информационного фонда ценофлоры аридных природно-географических регионов и разработка цифровой платформы кадастра пастбищ» и фундаментального проекта «История формирования и современная тенденция развития тугайной растительности Узбекистана на фоне глобального изменения в гидроклиматических условиях и антропогенной трансформации».

ЛИТЕРАТУРА

Димеева Л. А. Эколого-исторические этапы формирования приморской растительности Приаралья // Бюллетень МОИП. Отд. биол., 1995. – Т. 100. – Вып. 2. – С. 72–84.

Субботина О. И., Чаньшиева С. Г. Климат Приаралья. – Ташкент: НИГМИ, 2006. – 172 с.

Трешкин С. Е. Деградация тугаев Средней Азии и возможности их восстановления: автореф. ... дисс. док. сельскохозяйственных наук. – Волгоград, 2011. – 45 с.

Чуб В. Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. – Т.: ГИМЕТ, 2007. – 133 с.

Adilov B., Shomurodov H., Lianlian F., Kaihui L., Xuexi M., Yaoming L. Transformation of vegetative cover on the Ustyurt Plateau of Central Asia as a consequence of the Aral Sea shrinkage // J. Arid Land, 2021. – Vol. 13(1). – P. 71–87. <https://doi.org/10.1007/s40333-020-0077-7>