

Индикация экологических условий по составу и структуре тугайных растительных сообществ в низовьях Амударьи

А. Ю. КОРОЛЮК¹, Х. Ф. ШОМУРОДОВ², Б. Ш. ХАБИБУЛЛАЕВ², Ж. С. САДИНОВ²

¹Центральный сибирский ботанический сад СО РАН

630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101

E-mail: akorolyuk@rambler.ru

²Институт ботаники АН РУ

Республика Узбекистан, 100125, Ташкент, ул. Дурмон йули, 32

E-mail: h.shomurodov@mail.ru

Статья поступила 14.04.2023

После доработки 03.05.2023

Принята к печати 13.07.2023

АННОТАЦИЯ

Тугайные экосистемы речных долин пустынной зоны являются одним из наиболее пострадавших и угрожаемых типов. В нижнем течении р. Амударьи тугайная растительность сохранила наибольшие площади в Узбекистане. Здесь располагаются крупнейшие массивы тополевых лесов. Для оценки их современного состояния проведен анализ 284 геоботанических описаний тугайных сообществ низовий Амударьи. Для каждого из них определялось положение на экологических градиентах с использованием экологических шкал растений. Показано, что наибольший разброс описаний наблюдается по отношению к фактору увлажнения – от 17-й до 97-й ступени, он заметно меньше для факторов пастбищной дигрессии (2,5–6,5) и засоления почв (16,1–19,5). Для выявления связей видового состава сообществ и экологических факторов проведена ССА-ординация и выделены группы описаний, представляющие фоновую тугайную растительность и три экологических ряда, связанных с факторами засоления, увлажнения и антропогенной нагрузкой. Соответственно этому выделено четыре обобщенных типа сообществ, различающихся по видовому составу, флористическому богатству и структуре фитоценозов. Для них с использованием формализованных критерии по показателям встречаемости и активности выделены индикационные виды растений. Определены закономерности изменения видового состава и структуры сообществ (биоморфологические спектры) на анализируемых экологических градиентах. Показано, что наиболее активным процессом в условиях прогрессирующего опустынивания является галофитизация тугайной растительности, проявляющаяся в смене тугайных тополевников на гребенщиково-карабораковые (*Halostachys belangeriana*, *Tamarix hispida*) сообщества. В результате интенсивного антропогенного воздействия происходит трансформация растительности, в ходе которой увеличиваются разнообразие и активностьruderalных однолетних растений.

Ключевые слова: тугайная растительность, фитоиндикация, опустынивание, Центральная Азия.

ВВЕДЕНИЕ

Негативные экологические процессы в странах Центральной Азии, связанные с актив-

ным опустыниванием, ведут к изменению большей части экосистем [Verón et al., 2006; Huang et al., 2017; Новикова, 2021]. Ключевые

роли в трансформации растительности, являющейся базовым автотрофным элементом экосистем, играют аридизация климата и антропогенный пресс, проявляющийся в усилении пастищной нагрузки, зарегулировании водного стока и интенсивном использовании естественных ресурсов. Для разных типов ландшафтов и растительных сообществ актуальные угрозы различаются, так же как темпы трансформации и ход сукцессионных изменений. Тугайная растительность представляет сложный комплекс фитоценозов, развивающихся в речных долинах всех высотно-ландшафтных зон, главным образом равнинной пустынной. Долины крупных рек аридных и северо-аридных регионов являются одним из наиболее пострадавших и угрожаемых типов ландшафтов [Щербаков, Кулмединов, 2015]. Восстановление тугайных экосистем в пустынной зоне является актуальной задачей в контексте борьбы с глобальным опустыниванием [Zeng et al., 2020].

Центром происхождения тугаев считается Средняя Азия, откуда они перешли в пустынные области Джуунгарию и Кашгарию [Коровин, 1961]. Современный ареал распространения тугайной флоры лежит в области Древнего Средиземья, включая Северную Африку, Переднюю, Среднюю и Центральную Азию [Арифханова, 1967]. Формирование и развитие тугайного фитоценотического комплекса тесно сопряжены с циклами изменения климата. Сопоставимое или даже большее влияние на современное состояние тугайных экосистем оказывает хозяйственная деятельность. Большая их часть была уничтожена в ходе многовекового сельскохозяйственного освоения долин крупных рек. Зарегулирование речного стока в первую очередь приводит к деградации кустарниковых и древесных сообществ. Видовой состав тугайных фитоценозов и их структура являются чутким индикатором происходящих климатических изменений и быстро реагируют на рост антропогенной нагрузки. В условиях глобальных климатических изменений тугай, в первую очередь долинные тополевые леса, находятся под реальной угрозой. Это обуславливает необходимость организации системы мониторинга за их современным состоянием. Важной задачей в этом направлении является поиск индикаторов экологических

изменений в видовом составе фитоценозов и их структуре.

Нижнее течение Амудары представляет территорию, где тугайные экосистемы сохранили свои наибольшие площади. Здесь располагаются крупнейшие массивы тополевых лесов Узбекистана, некоторые из них охраняются в составе заповедников – Кызылкумского и Бадай-Тугай. Важнейшим событием, повлиявшим на экосистемы низовий Амудары, было строительство Туямуонского гидроузла [Olsson et al., 2008; Икрамова, 2021], который был введен в эксплуатацию в 1985 г. с полной емкостью 7,80 млрд м³. Гидроузел расположен на границе среднего и нижнего течения Амудары в теснине Туямуон, на расстоянии 450 км от Аральского моря на стыке границ территорий Хорезма, Каракалпакстана, Бухары и Дашхауз (Туркмения). По характеру регулирования стока водохранилище относится к типу сезонного регулирования с интенсивным водообменом [Икрамова, 2005, 2021]. Гидроузел обеспечивает гарантированную водоподачу на орошение 1,2 млн га земель.

В многотомной сводке по растительности Узбекистана был опубликован массив из 171 геоботанического описания тугайных фитоценозов, которые были выполнены с 1947 по 1966 г. [Растительный покров..., 1973], т. е. до строительства Туямуонского гидроузла. Сравнительный анализ этих данных с материалами, полученными в ходе современных исследований, позволяет охватить потенциальное разнообразие тугайной растительности и оценить изменения, прошедшие более чем за полувековой период.

Цель работы – на основании формализованного анализа тугайных сообществ определить виды растений, которые могут служить индикаторами изменений экологических условий.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В анализ было включено 284 геоботанических описания, из них 127 взято из монографической сводки по растительности Узбекистана [Растительный покров..., 1973], а 157 выполнено авторами статьи в 2022 г. в ходе полевых исследований на территории Каракалпакстана, Бухарской и Хорезмской областей Республики Узбекистан. Анализируемый

массив данных представляет различные формации тугайной растительности – лесные, кустарниковые, травяные и галофитные.

Для хранения и первичной обработки данных использовалась программа IBIS 7.2 [Зверев, 2007]. Для каждого описания вычислялось его положение на градиентах увлажнения, засоления почв и пастбищной дигрессии, для чего использовались экологические шкалы растений, разработанные для Средней Азии, Алтая и Урала [Цаценкин, 1967]. Положение (статус) конкретного описания на экологических градиентах вычисляли следующим образом:

$$\text{Stat} = \frac{\sum_{i=1}^N pp(i) * (\max(i) + \min(i))}{2N},$$

где Stat – статус описания; $\max(i)$ и $\min(i)$ – верхняя и нижняя ступени фактора при максимальном обилии i -го вида; $pp(i)$ – проектное покрытие i -го вида (трансформировано в баллы ординационной шкалы); N – число видов в описании.

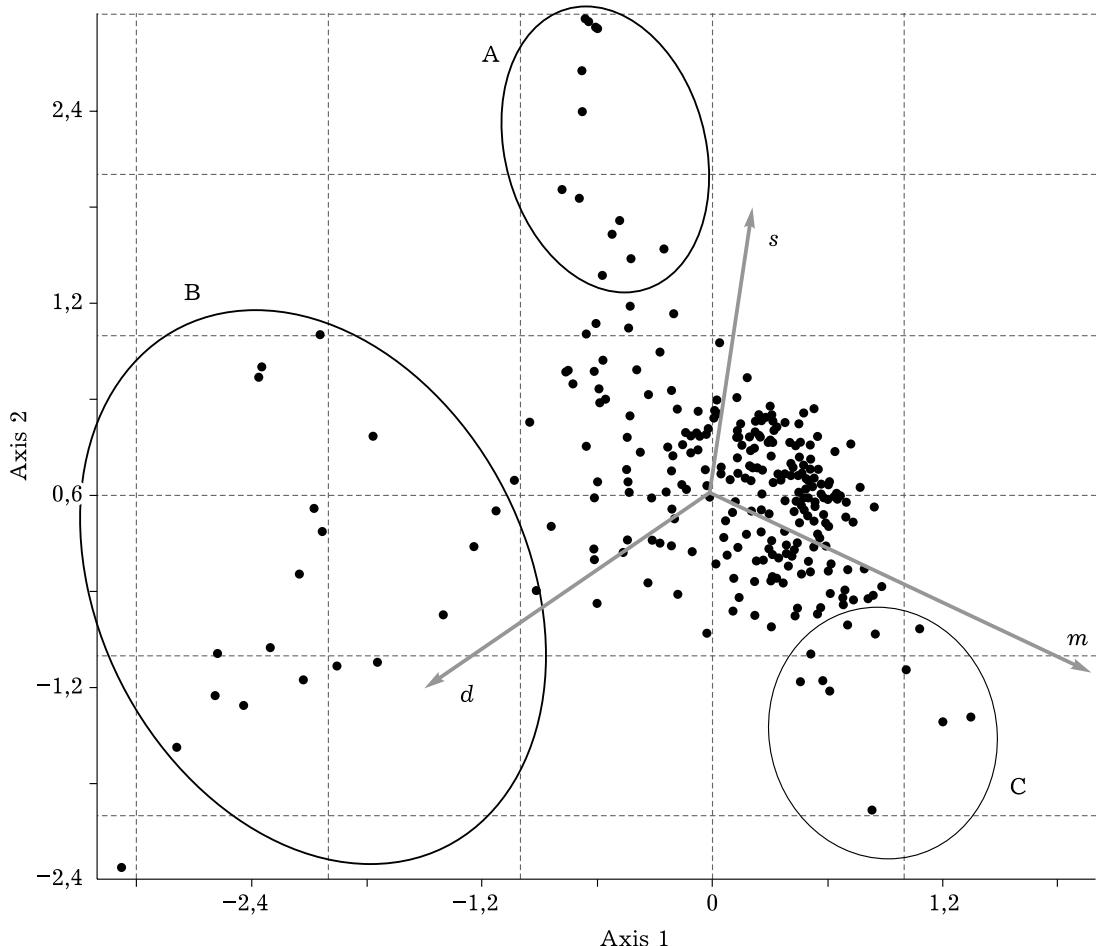
Для выявления связей видового состава сообществ и экологических факторов использовалась ССА-ординация в программе PAST 3.01 [Hammer et al., 2001]. На ее основании выделены группы описаний, располагающиеся в разных частях ординационной схемы. Данные группы были преобразованы в сводные описания, представляющие обобщенные списки видов с показателями встречаемости и среднего проективного покрытия. На основании сравнения сводных описаний выявлены дифференцирующие виды, которые могут быть использованы в качестве экологических индикаторов. Для выделения дифференциальных видов применялись подходы, предложенные и апробированные в работах европейских ботаников [Dengler et al., 2005; Michl et al., 2010] с небольшой модификацией. Эта модификация заключалась в том, что дифференциальный вид типа сообщества должен иметь встречаемость более чем в 2 раза и в то же время более чем на 20 % выше, чем в других типах сообществ. Также для сводных описаний подсчитывалась активность видов как квадратный корень из произведения встречаемости на среднее проективное покрытие [Малышев,

1973; Телятников, 2009]. Данный показатель отражает степень преуспевания вида и отражает его потенциал как доминанта.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для всех описаний были подсчитаны статусы описаний, отражающие положение сообществ на градиентах увлажнения, засоления почв и пастбищной дигрессии. Наибольший разброс описаний наблюдается по отношению к фактору увлажнения – от 17-й до 97-й ступени, что составляет 67 % от полной амплитуды фактора (120 ступеней). Заметно меньший разброс на градиенте пастбищной дигрессии – от 2,5 до 6,5 ступени (40 %) и засоления почв – от 16,1 до 19,5 (11 %). Для оценки роли трех анализируемых факторов выполнена ССА-ординация (рисунок). На ее схеме большая часть описаний образовала плотное скопление (группа II), также три группы описаний образовали экологические ряды, соответствующие градиентам увлажнения (группа С), засоления (группа А) и дигрессии (группа В). Подсчет корреляции экологических факторов и положения описаний на ординационных осиях показывает ведущую роль фактора увлажнения; коэффициент Пирсона между ним и первой осью составляет 0,83. Вторая ось ординации связана с засолением (коэффициент Пирсона = 0,72). Фактор дигрессии проявляет отрицательные связи с обеими осями: -0,6 с первой и -0,46 со второй. При этом три анализируемых фактора между собой связаны слабо, наибольшая корреляция проявляется между засолением и дигрессией (-0,37), что отражает известный феномен вторичной пастбищной ксерофитизации и галофитизации растительности.

Для выделения видов растений, имеющих индикационное значение, была построена синоптическая таблица, включающая четыре сводных описания, соответствующих группам на схеме ординации. С формальных позиций по показателям встречаемости выделено 24 дифференцирующих вида (табл. 1). Лишь два галофитных растения – *Halostachys belangeriana* и *Tamarix hispida* – индицируют ряд засоления, при этом в данном ряду отмечается значительное снижение роли *Phragmites australis*, *Populus pruinosa* и *P. aria*. Наибольшее число видов (12) индицирует



CCA-ординация тугайных сообществ. А, В, С – группы описаний. Векторы экологических факторов: *m* – увлажнение почвы, *s* – засоление почвы, *d* – антропогенная дигрессия.

ряд антропогенной дигрессии, по пять растений дифференцируют ряд увлажнения и центральную группу описаний, представляющих фоновые тугайные сообщества. Более информативную картину дает анализ активностей. Если принять за значимые двукратные отличия в этом показателе, то 35 видов будут дифференцирующими (табл. 2). Наибольшим индикаторным значением обладает караборак (*Halostachys belangeriana*), совместно с гребенщиком (*Tamarix hispida*) он отражает процесс галофитизации тугаев. Семнадцать растений через повышение своего обилия индицируют антропогенную трансформацию ценозов, по семь характерны для местообитаний с повышенным увлажнением и фоновых, преимущественно лесных тугайных сообществ.

Особенности спектров жизненных форм растений отражают структурные изменения в тугайных фитоценозах. Анализ суммарных

активностей трех типов биоморф показывает ведущее значение группы однолетников для ряда антропогенной трансформации и группы подвижных, преимущественно длиннокорневищных многолетников для ряда увлажнения (табл. 3). По числу видов анализируемых биоморф различия между типами сообществ еще более явные (табл. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные показатели разброса описаний на трех экологических градиентах отражают роль последних в дифференциации тугайной растительности. Наибольший разброс наблюдается по отношению к фактору увлажнения, что отражает его ведущее значение. Три растения – *Phragmites australis*, *Salix songarica* и *Calamagrostis dubia* – индицируют повышенное увлажнение своей высокой активностью

Т а б л и ц а 1
Встречаемость видов в группах описаний

Группа	A	B	C	Ц
Число описаний	14	19	11	125
Дифференцирующие виды				
<i>Halostachys belangeriana</i>	100	6	.	20
<i>Tamarix hispida</i>	79	.	.	11
<i>Polygonum aviculare</i>	.	58	18	6
<i>Climacoptera turcomanica</i>	.	53	.	1
<i>Capparis herbacea</i>	7	42	.	3
<i>Senecio subdentatus</i>	.	48	.	2
<i>Salsola foliosa</i>	.	42	.	.
<i>Pachypterygium multicaule</i>	.	32	.	1
<i>Tetraclome recurvata</i>	.	32	.	1
<i>Salsola dendroides</i>	.	27	.	2
<i>Tamarix leptostachys</i>	.	27	.	1
<i>Girgensohnia oppositiflora</i>	.	27	.	1
<i>Ceratocarpus utriculosus</i>	.	21	.	.
<i>Halimocnemis villosa</i>	.	21	.	.
<i>Calamagrostis dubia</i>	.	.	55	26
<i>Salix songarica</i>	.	.	55	9
<i>Typha minima</i>	.	.	37	1
<i>Trachomitum scabrum</i>	.	.	28	6
<i>Sonchus asper</i>	.	.	28	1
<i>Aeluropus littoralis</i>	29	27	9	58
<i>Halimodendron halodendron</i>	7	16	18	45
<i>Populus diversifolia</i>	22	.	.	48
<i>Cynanchum sibiricum</i>	.	.	9	38
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	.	.	.	30
Общие виды				
<i>Phragmites australis</i>	7	32	82	67
<i>Tamarix ramosissima</i>	29	58	18	78
<i>Alhagi pseudalhagi</i>	57	58	9	40
<i>Limonium otolepis</i>	50	32	.	17
<i>Glycyrrhiza glabra</i>	.	.	28	51
<i>Karelinia caspia</i>	29	27	.	16
<i>Zygophyllum oxianum</i>	22	27	.	19
<i>Populus pruinosa + P. ariana</i>	.	27	37	63
<i>Lycium ruthenicum</i>	22	16	.	7
<i>Tamarix elongata</i>	.	21	.	5
<i>Eremopyrum orientale</i>	.	21	.	3
<i>Salsola paulsenii</i>	.	21	.	2

П р и м е ч а н и е. Здесь и далее Ц – центральная группа описаний. Приведены виды со встречаемостью более 20 % хотя бы в одной группе.

Т а б л и ц а 2
Активность видов в группах описаний

Группа	A	B	C	Ц
Число описаний	14	19	11	125
Дифференцирующие виды				
<i>Halostachys belangeriana</i>	50	2	.	3
<i>Tamarix hispida</i>	19	.	.	1
<i>Karelinia caspia</i>	9	4	.	3
<i>Limonium otolepis</i>	4	2	.	2
<i>Alhagi pseudalhagi</i>	6	17	1	8
<i>Polygonum aviculare</i>	.	17	1	0
<i>Populus ariana</i>	.	8	4	4
<i>Salsola foliosa</i>	.	10	.	.
<i>Climacoptera turcomanica</i>	.	9	.	+
<i>Tamarix elongata</i>	.	7	.	1
<i>Tamarix leptostachys</i>	.	9	.	+
<i>Pachypterygium multicaule</i>	.	7	.	+
<i>Salsola dendroides</i>	.	7	.	+
<i>Capparis herbacea</i>	+	6	.	+
<i>Tetraclome recurvata</i>	.	5	.	+
<i>Strigosella scorpioides</i>	.	5	.	.
<i>Senecio subdentatus</i>	.	5	.	+
<i>Salsola micranthera</i>	.	3	.	+
<i>Strigosella circinata</i>	.	3	.	.
<i>Anabasis aphylla</i>	.	3	.	.
<i>Halimocnemis villosa</i>	.	3	.	.
<i>Phragmites australis</i>	+	2	38	17
<i>Salix songarica</i>	.	.	24	3
<i>Calamagrostis dubia</i>	.	.	19	7
<i>Typha minima</i>	.	.	9	+
<i>Trachomitum scabrum</i>	.	.	5	1
<i>Cirsium ochrolepideum</i>	.	.	4	1
<i>Calystegia sepium</i>	.	.	4	+
<i>Populus pruinosa</i>	.	+	2	26
<i>Populus diversifolia</i>	4	.	.	18
<i>Aeluropus littoralis</i>	1	2	1	10
<i>Halimodendron halodendron</i>	+	2	1	11
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	.	.	.	8
<i>Cynanchum sibiricum</i>	.	.	1	4
<i>Erianthus ravennae</i>	.	.	+	3
Общие виды
<i>Tamarix ramosissima</i>	5	18	1	25
<i>Glycyrrhiza glabra</i>	.	.	14	17
<i>Zygophyllum oxianum</i>	1	2	.	3

П р и м е ч а н и е. Приведены виды с активностью более 2 хотя бы в одной группе.

Таблица 3
Активность жизненных форм в группах описаний

Группа	А	В	С	Ц
Неподвижный многолетник	91	88	38	127
Подвижный многолетник	3.5	1.3	7.8	2.3
Однолетник	0.3	2.3	1.0	0.1

Таблица 4
Число видов различных жизненных форм
в группах описаний

Группа	А	В	С	Ц
Неподвижный многолетник	10	22	11	41
Подвижный многолетник	3	6	12	28
Однолетник	1	45	5	56

(см. табл. 2). Эти виды уменьшают свое обилие в результате ксерофитизации тугаев, связанной с изменением уровня грунтовых вод, а их доминирование позволяет говорить о хорошем состоянии естественных тугайных ценозов.

Наибольшее индикаторное значение по отношению к фактору засоления проявляют *Halostachys belangeriana* и *Tamarix hispida* (см. табл. 1, 2), их высокие обилие и встречаемость отражают галофитизацию тугаев в ходе естественной динамики растительности. В современных условиях резкое повышение активности данных растений в значительной мере является результатом вторичного засоления почв, связанного с изменением гидрологического режима в долине реки. Этот процесс проявляется повсеместно в виде экспансии карабораковых и гребенщиково-карабораковых сообществ, особенно на высоких уровнях поймы нижней Амударьи.

Важные закономерности мы получаем при анализе структурных особенностей ценозов, а именно спектров жизненных форм растений. Анализ суммарных активностей трех типов биоморф показывает индикационное значение группы однолетников для ряда антропогенной трансформации и группы подвижных, преимущественно длиннокорневищных многолетников – для ряда увлажнения (см. табл. 3). По числу видов анализируемых биоморф различия между типами сообществ еще более явные (см. табл. 4). Галофитные варианты – наиболее бедные с преобладанием неподвижных много-

летников. В ценофлоре нарушенных сообществ число однолетников почти в 2 раза превосходит две остальные группы. Более увлажненные ценозы характеризуются относительно высоким разнообразием подвижных растений. Наиболее выровненный спектр жизненных форм проявляется в фоновых тугайных сообществах, что определяет как их более высокое видовое разнообразие в целом, так и устойчивость, которая во многом связана с богатством флоры и разнообразием функциональных типов растений.

Таким образом, по результатам анализа разнообразие тугайной растительности можно свести к четырем обобщенным типам сообществ, различающихся по видовому составу, флористическому богатству и структуре фитоценозов. Эти типы индицируются группами видов, встречающаяся или обилие которых могут служить индикаторами динамических процессов. Два из них, галофитизация и антропогенная трансформация, имеют негативный характер и отражаются в деградации тугайных экосистем.

Прогрессирующее засоление почв и связанная с ним динамика растительности представляют наиболее явные экологические процессы, которые проявляются в резком обеднении видового состава сообществ, а также в смене господствующих жизненных форм – с деревьев на солевыносливые кустарники и многолетние травы. Естественной причиной данного процесса может выступать аридизация климата, приводящая к ксерофитизации растительности, засолению грунтовых вод и почв. Вторая причина связана с активной хозяйственной деятельностью в долине Амудары, в первую очередь в использовании воды для орошения сельскохозяйственных угодий, что проводит к вторичному засолению почв. С начала 1960-х и до конца 1980-х годов в низовьях Амудары наблюдалось устойчивое увеличение среднегодовых значений минерализации речных вод [Трофимова, 2012] и, как следствие, увеличение содержания солей в почвах. Аналогичные процессы были описаны для низовий Сырдарьи, где на втором пойменном уровне долины реки отмечается преобладание гидроморфного солончакообразования [Кузьмина и др., 2019]. Мониторинг галофитизации растительности возможен с использованием индикаторных видов, но их небольшое число заставляют нас

использовать альтернативные методы мониторинга этого процесса. В этом плане информативен анализ усыхания *Populus diversifolia* как наиболее солевыносливого из всех видов тополей, встречающихся в регионе. Также динамика засоления почв хорошо диагностируется на данных дистанционного зондирования Земли по уменьшению общего проективного покрытия и продуктивности растительности, отражающихся в показателях NDVI, а также по изменению спектральных характеристик сообществ на космических снимках за счет аккумуляции солей в верхнем горизонте почв и на ее поверхности.

Причиной трансформации, которая никак не связана с климатическими изменениями, является рост хозяйственного пресса на тугайные экосистемы. Он в первую очередь приводит к изменению видового состава ценозов и может легко индицироваться по изменению соотношения разнообразия видов различных жизненных форм, проявляясь преимущественно в усилении роли рудеральных однолетников. Фоновые тугайные сообщества, преимущественно лесные, и их более увлажненные варианты (в основном кустарниковые и травяные) являются естественными компонентами долинной растительности. В своем первозданном состоянии и на больших площадях они сохранились лишь в пределах двух заповедников – Бадай-Тугай и Кызылкумского. Тугайные экосистемы этих биорезерватов могут служить эталонами коренных тугайных экосистем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях активно идущего опустынивания, связанного с процессами аридизации климата и увеличивающейся антропогенной нагрузкой на экосистемы, природные комплексы долин крупнейших рек Центральной Азии находятся под угрозой деградации. Естественная тугайная растительность Амударьи за последнее столетие катастрофически сократила свои площади, этот процесс продолжается и сейчас. Для отслеживания происходящих изменений необходимо создание системы мониторинга тугайных экосистем с использованием регулярных наблюдений за популяциями индикационно значимых видов растений и данных дистанционного зондирования Земли. Помимо этого, актуально восстановление

тугайной экосистемы, которое может быть начато с формирования галофитных вариантов тугаев на деградированных засоленных автоморфных землях [Сапарова, 2020]. Сохранившиеся крупные массивы естественных тугайных лесов и связанных с ними сообществ могут послужить эталонными объектами для наблюдения за динамикой экосистем в условиях как естественного гидрологического режима (Кызылкумский заповедник), так и зарегулированного (заповедник Бадай-Тугай). Долинные тополевые леса являются одним из наиболее угрожаемых типов растительности, что определяет актуальность расширения системы особо охраняемых природных территорий с их участием.

ЛИТЕРАТУРА

- Арифханова М. М. Растительность Ферганской долины. Ташкент: ФАН, 1967. 292 с.
- Зверев А. А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова. Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. 303 с.
- Икрамова М. Р. Повышение эффективности использования водных ресурсов в низовьях р. Амударья в условиях продолжающегося экологического кризиса // Водные ресурсы Центральной Азии. 2005. Т. 4, № 4. С. 46–59.
- Икрамова М. Р. Регулирование стока реки Амударья комплексом водохранилищ Тяжмуюнского гидроузла. Warsaw: RS Global Sp. z O.O, 2021. 78 с.
- Коровин Е. А. Растительность Средней Азии и Южного Казахстана. Кн. I. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1961. 452 с.
- Кузьмина Ж. В., Шинкаренко С. С., Соловьев Д. А. Основные тенденции в динамике пойменных экосистем и ландшафтов низовьев Сырдарьи в современных изменяющихся условиях // Аридные экосистемы. 2019. Т. 25, № 4 (81). С. 16–29.
- Малышев Л. И. Флористическое районирование на основе количественных признаков // Ботан. журн. 1973. Т. 58, № 11. С. 1581–1602.
- Новикова Н. М. Эколого-географический аспект Аральского кризиса. Ч. 3. Исследование динамики природных комплексов Приаралья // Экосистемы: экология и динамика. 2021. Т. 5, № 3. С. 60–155.
- Растительный покров Узбекистана и пути его рационального использования. Т. П. Ташкент: ФАН, 1973. 400 с.
- Сапарова Г. К. Экологический мониторинг тугайных экосистем Приаралья // Вестн. науки и образования. 2020. № 4 (82), ч. 2. С. 5–7.
- Телятников М. Ю. Сравнительный анализ локальных флор окрестностей озера Пясино // Раст. мир Азии. России. 2009. № 1 (3). С. 60–67.
- Трофимова Г. Ю. Структурная устойчивость и стабильность флоры дельты Аму-Дарья в условиях изменяющегося гидрологического режима территории (1944–1989 гг.) // Изв. Самарск. науч. центра РАН. 2012. Т. 14, № 1 (7). С. 1864–1867.

- Цаценкин И. А. Экологические шкалы для растений пастбищ и сенокосов горных и равнинных районов Средней Азии, Алтая и Урала. Душанбе: Дониш, 1967. 227 с.
- Щербаков В. И., Кулмедов Б. М. Негативное влияние сокращения дебита реки на растительный мир на берегах и в дельте Амудары // Лесотехнический журн. 2015. № 4. С. 89–96.
- Dengler J., Berg C., Jansen F. New ideas for modern phytosociological monographs // Annali di Botanica Nuova Serie. 2005. Vol. 5. P. 49–66.
- Hammer Ø, Harpe D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // Palaeontol. Electron. 2001. Vol. 4, N 1. 9 p.
- Huang J., Li Y., Fu C., Chen F., Fu Q., Dai A., Wang G. Dryland climate change: Recent progress and challenges // Rev. Geophys. 2017. Vol. 55 (3). P. 719–778.
- Michl T., Dengler J., Huck S. Montane-subalpine tall-herb vegetation (Mulgedio-Aconitetea) in central Europe: large-scale synthesis and comparison with northern Europe // Phytocoenologia. 2010. Vol. 40. P. 117–154.
- Olsson O., Bauer M., Ikramova M., Froebrich J. The role of the Amudarya dams and reservoirs in future water supply in the Amudarya basin // Environmental Problems of Central Asia and their Economic, Social and Security Impacts. Springer Science + Business Media B. V., 2008. P. 277–292.
- Verón S. R., Paruelo J. M., Oesterheld M. Assessing desertification // J. Arid. Environ. 2006. Vol. 66. P. 751–763.
- Zeng Y., Zhao C., Kundzewicz Z. W., Lv G. Distribution pattern of Tugai forests species diversity and their relationship to environmental factors in an arid area of China // PLoS ONE. 2020. Vol. 15 (5).

Composition and structure of tugai communities in indication of ecological conditions in Lower Amu Darya

A. Yu. KOROLYUK¹, Kh. F. SHOMURODOV², B. Sh. KHABIBULLAEV², Zh. S. SADINOV²

¹Central Siberian Botanical Garden of SB RAS
630090, Novosibirsk, Zolotodolinskaya str., 101
E-mail: akorolyuk@rambler.ru

²Institute of Botany, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
Republic of Uzbekistan, 100125, Tashkent, Durmon yuli str., 32
E-mail: h.shomurodov@mail.ru

Tugai ecosystems of desert river valleys are one of the most affected and endangered landscape types. The largest areas of tugai vegetation in Uzbekistan are preserved in the lower basin of the Amudarya River. Here are the main massifs of poplar forests. To assess their current state the analysis of 284 relevés representing tugai plant communities in the lower basin of the Amudarya river was carried out. For each of them the position on ecological gradients was determined by species indicator values. It is shown that the greatest scatter of relevés is observed on moisture gradient – from 17 to 97 grades, it is noticeably smaller for pasture digression (2.5–6.5) and soil salinity (16.1–19.5). To reveal the relationships between the species composition and environmental factors, CCA ordination was done. Groups of relevés were identified, representing the native tugai vegetation and three ecological series which are connected with salinity, soil moisture, and anthropogenic pressure. Accordingly, 4 generalized plant communities were distinguished, differing in species composition, floristic diversity, and structure. Indicator plants were identified on the base of formalized assessment of species constancy and importance values. The changes in species composition and structure of communities (life form spectra) are shown. It has been established that the most active process followed the progressive desertification is the halophytization of vegetation. This process is reflected in the replasement of poplar forests to shrub communities dominated by *Halostachys belangeriana* and *Tamarix hispida*. As a result of intensive anthropogenic impact, the vegetation is transformed and the importance value of ruderal annual plants become higher.

Key words: tugai vegetation, phytoindication, desertification, Central Asia.