

ИЗМЕНЕНИЯ В СТРУКТУРЕ ВИДОВОГО БОГАТСТВА РАСТЕНИЙ ДЕЛЬТЫ АМУДАРЬИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ВОДНОГО ФАКТОРА (1944-1989 гг.)

Трофимова Г.Ю.

Активная водохозяйственная деятельность, развернувшаяся с середины 1950-х гг. в бассейне реки Амударьи, привела к катастрофическому снижению речного стока, поступавшего в её дельту. В результате резко сократилось видовое богатство растений дельты и изменилась его структура. В данной статье представлена динамика структурных элементов видового богатства дельты на примере жизненных форм по выделенным периодам, соответствующим различным средним значениям речного стока, а также формула структурно-функциональной организации видового богатства.

ВВЕДЕНИЕ

Река Амударья является одной из самых полноводных рек Средней Азии. Ресурсы поверхностных вод её бассейна составляют $76,0 \text{ км}^3/\text{год}$ [1]. На протяжении многих веков эти ресурсы использовались человеком в хозяйственных целях. Однако с середины 1950-х гг. в бассейне Амударьи началось масштабное преобразование природной среды. С 1956 г. действует Каракумский канал, снабжающий амударьинской водой Центральные Каракумы и бассейны рек Теджен и Мургаб. Протяженность Каракумского канала составляет к настоящему времени 1,1 тыс. км, а величина расхода воды стала сравнима с аналогичным показателем других рек Средней Азии. С 1958 г. действует Вахшский магистральный канал, забирающий воду из правой составляющей Амударьи реки Вахш.

Для регулирования речного стока были построены Тахиаташский (1974 г.) и Туямуянский (1982 г.) гидроузлы, 35 водохранилищ, из которых 11 являются средними с полным объемом от 100 до 1000 млн. м^3 и два крупных водохранилища с полным объемом более 1000 млн. м^3 [2]. В верхнем и среднем течении реки быстрыми темпами росли площади орошаемых земель, осуществлялось строительство коллекторно-дренажных сетей.

Быстрый рост безвозвратных изъятий речного стока и его регулирование с помощью водохранилищ и гидроузлов привели к резкому сокращению поступления стока в низовья Амударьи. Например, сток в створе кишл. Саманбай (Чатлы), расположенного в вершине дельты, в среднем за 1961–1988 гг. составил всего 28% от притока из зоны формирования [1]. Значения речного стока по данному створу варьировались от максимального $64,4 \text{ км}^3/\text{год}$ в 1945 г. до минимального $0,3 \text{ км}^3/\text{год}$ в 1982 г.

С 1980-х гг. в Приаралье разразился экологический кризис. Опустынивание охватило также территорию дельты, которая в 3,5 раза больше Волжской [3]. В результате возникла недопустимая санитарно-эпидемиологическая ситуация в низовьях Амударьи, обострились социально-экономические проблемы. Природная среда Южного Приаралья существенно изменилась. Биологическая продуктивность водных и наземных экосистем региона была подорвана, деградировали почвы, флора и фауна. В этих условиях было принято решение прекратить сброс речных вод Амударьи в Аральское море. У кишл. Кызылджар (в устье реки) была построена плотина и почти весь остаточный сток, начиная с 1982 г., стал направляться на орошение земель и обводнение водоёмов дельты [2]. Только в очень многоводные годы сток вод Амударьи в море имел место.

Наша задача - исследовать динамику структурных элементов видового богатства растений дельты Амударьи по периодам, соответствующим различным средним значениям речного стока, поступавшего в дельту через створ Саманбай, и выявить закономерности в структуре видового богатства дельты на примере жизненных форм.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Речной сток Амударьи, поступавший в её дельту с 1944 по 1989 г. включительно, являлся основной составляющей водного фактора, определявшей обводненность дельты и уровень залегания грунтовых вод [4]. Вклад атмосферных осадков в формирование ресурсов поверхностных вод дельты был крайне незначителен, так как количество осадков, выпадавших в дельте, было минимально даже по сравнению с другими районами Узбекистана, а испаряемость с открытых водных поверхностей дельты, тростниковых зарослей и орошаемых земель — высока [5]. Однако до 1960 г. в изменениях годового стока, поступавшего в дельту, однонаправленный тренд не был выявлен. С 1960-х гг. до середины 1980-х гг. в изменениях годового стока был зафиксирован отрицательный тренд.

На основе анализа гидрологических данных по створам дельты Амударьи была выделена последовательность из пяти временных периодов с различными средними значениями речного стока, а именно: 1944–1960, 1961–1970, 1971–1977, 1978–1981, 1982–1989 [6]. Каждому периоду соответствует определенное состояние экосистемы дельты, характеризующееся своим видовым составом и его представленностью по жизненным формам. Поэтому наряду с последовательностью временных периодов будет использована также последовательность однотипных экосистем, различающихся по количеству водных масс, поступавших в дельту через створ Саманбай.

Флористический состав дельты Амударьи, зафиксированный в базе данных о природной среде Южного Приаралья [7] с 1947 по 1989 г., содержит 265 видов. Наиболее часто встречаемыми являются тростник обыкновенный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) — 47,2%; прибрежница солончаковая (*Aeluropus littoralis* (Gouan) Parl.) — 38,4%; гребенщик многоветвистый (*Tamarix ramosissima* Ledeb.) — 36,4%; верблюжья колючка обыкновенная (*Alhagi pseudalhagi* (Bieb.) Fisch.) — 35,4%. Доля древесно-кустарниковых видов во флоре дельты составляет 20,91%, а доля травянистых видов — 79,09%.

Классификация растений дельты по жизненным формам выполнена в соответствии с упрощенной системой жизненных форм Серебрякова И.Г. (1964), Никитина В.В. (1965), Нечаевой Н.Т. и др. (1973), которая наиболее часто используется при анализе растительного покрова Каракалпакии и низовьев Амударьи. В ней выделены следующие жизненные формы: деревья, кустарники, кустарнички, полукустарники, полукустарнички, травы многолетние, травы одно- и двулетние.

Введём обобщенные группы жизненных форм как наиболее информативные в нашем исследовании:

- T — группа древесных видов (деревья+кустарники+кустарнички),
- T_h — группа полудревесных видов (полукустарники+полукустарнички),
- TS — группа древесно-кустарниковых видов ($T+T_h$),
- H — группа травянистых видов (однолетние+двулетние+многолетние травы).

По каждому выделенному периоду было определено видовое богатство древесных (T), полудревесных (T_h) и травянистых видов растений (H). Обозначим через $T\%$ долю древесных видов в процентах от общего числа видов в периоде. Аналогично введем $T_h\%$, $TS\%$ и $H\%$. Динамика древесных ($T\%$) и полудревесных ($T_h\%$) видов в зависимости от средних значений речного стока по периодам представлена на рис.1, из которого следует, что в условиях изменяющегося гидрологического режима объединение $T\%$ и $T_h\%$ в группу древесно-кустарниковых видов растений можно считать обоснованным.

Самой малочисленной среди рассматриваемых групп жизненных форм является группа полудревесных растений. Доля этих растений по периодам представлена в следующей таблице.

Периоды	1947–1960	1961–1970	1971–1977	1978–1981	1982–1989
$T_h\%$	5,9	5,0	8,6	14,7	11,4

Предположим, что $T\%$ является функцией от $T_h\%$ (см. рис. 1). Для проверки этой гипотезы на основе данных 1944–1981 гг. построим точечные графики функций $T\%=T\%(T_h\%)$, $TS\%=TS\%(T_h\%)$, $H\%=H\%(T_h\%)$ для $T_h\% \in [4,16]$ и аппроксимируем их с помощью линейных трендов (рис. 2). Выпишем полученные линейные уравнения регрессии:

$$H\% = -1,4887 T_h\% + 84,153 \quad (1)$$

$$R^2 = 0,9974;$$

$$TS\% = 1,5768 T_h\% + 14,768 \quad (2)$$

$$R^2 = 0,9991;$$

$$T\% = 0,5768 T_h\% + 14,768 \quad (3)$$

$$R^2 = 0,9936,$$

где R^2 — величина достоверности аппроксимации.

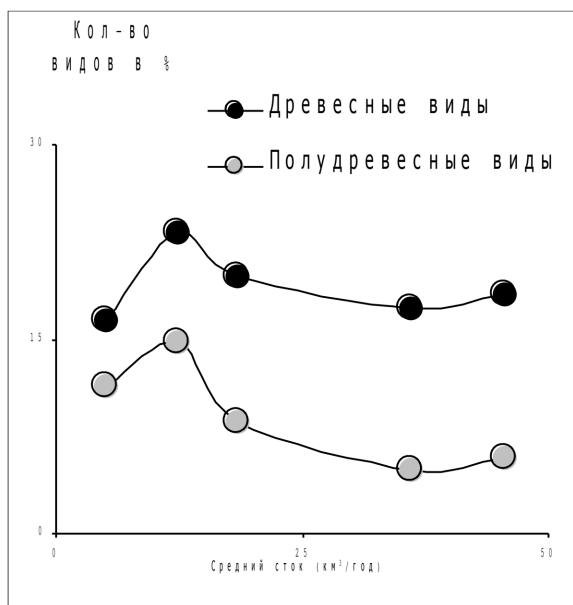


Рис. 1. Зависимость $T\%$, $T_h\%$ от средних значений речного стока по данным 1944–1989 гг.

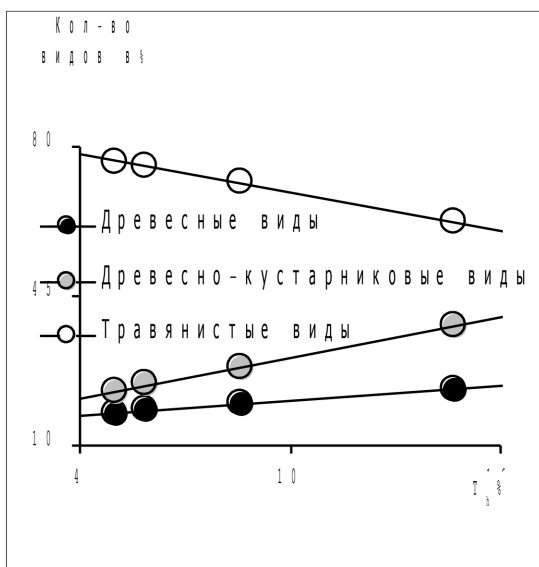


Рис. 2. Линейные тренды по данным 1944–1981 гг.

Высокая достоверность аппроксимации предполагает наличие тесной взаимосвязи между долями групп жизненных форм. По данным 1944–1981 гг. эта взаимосвязь представима в виде:

$$\frac{H\%}{TS\%} = \frac{T\%}{T_h\%} \quad (4)$$

Из соотношения (4) следует:

$$TS\% = 10\sqrt{T_h\%} \quad (5)$$

Легко находятся соотношения и для $T\%$ и $H\%$:

$$T\% = -T_h\% + 10\sqrt{T_h\%} \quad (6)$$

$$H\% = 10 \cdot (10 - \sqrt{T_h\%}) \quad (7)$$

Уравнения (1-3) являются линейными аппроксимациями уравнений (5-7) для $T_h\% \in [4, 16]$. Таким образом, наше предположение оказалось верным.

Упростим соотношение (4) для долей групп жизненных форм до соотношения (8), определяющего связь между количеством видов в указанных группах жизненных форм.

$$\frac{H}{TS} = \frac{T}{T_h} \quad (8)$$

Приведенная выше формула описывает структурно-функциональную организацию видового богатства растений дельты Амударьи и не зависит от количества видов в экосистеме дельты и тем более от численности каждого вида. Она является структурно-временным инвариантом однотипных экосистем дельты, различающихся величиной речного стока, поступавшего в неё через створ Саманбай с 1944 по 1981 г. Формула показывает, что структура видового богатства дельты Амударьи обладает свойством самоподобия.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Экосистема дельты Амударьи до 1960 г. характеризуется господством тугайных фитоценозов [7], формирование и развитие которых, как правило, связано с периодическим паводковым затоплением. Как уже указывалось, однонаправленный тренд в изменениях стока выявлен не был и гидрологический режим Амударьи в её дельтовой части можно рассматривать как ненарушенный. В видовом богатстве растений дельты травы составляли 76%, а древесно-кустарниковые растения - 24%.

Избыточное увлажнение дельты благоприятно сказывалось на наиболее продуктивных по количеству фитомассы древесных тугаях, представленных в дельте в основном туранговым древостоем (*Populus ariana* Dode) и редко встречаемой турангой сизолистной (*Populus pruinosa* Schrenk) [7]. В 1950-х гг. чисто тугайные леса занимали не более 100 тыс. га [3]. Основные кустарниковые тугаи были представлены в дельте Амударьи кызылджингиловой формацией (*Tamariceta ramosissima*). Основу травяных тугаев составляли тростниковые заросли. Площадь тростниковой формации (*Phragmiteta australiae*) оценивалась в 600 тыс. га [3, 9]. Большие площади занимала и солодковая формация (*Glycyrrhiza glabra*) [6]. Из других широко распространенных видов укажем рогоз узколистый (*Typha angustifolia* L.), площадь которого в 1954 г. составляла 23-25 тыс. га [10].

Состояние экосистемы дельты 1961–1970 гг. характеризуется как устойчивое. Был отмечен всплеск видового богатства среди растений дельты на 18% по сравнению с условно-естественным периодом (до 1960 г.) [4], в основном за счёт увеличения видового богатства среди травянистых видов, количество которых как в абсолютном, так и в долевого выражении достигло максимального значения среди всех рассматриваемых периодов. Количество древесных видов в абсолютном выражении увеличилось по сравнению с предыдущим периодом на 12%. Количество полудревесных видов не изменилось. Однако доля и древесных и полудревесных видов в видовом богатстве дельты уменьшились на 0,77% и 0,85% соответственно.

Всплеск видового богатства в этом периоде был обусловлен стрессирующим воздействием на экосистему, выразившимся в снижении средней величины речного стока за период на 20%. При этом была отмечена стабильность поступления водных масс в дельту на протяжении всего периода. Начавшееся обсыхание дельты привело к сокращению занимаемых площадей основных тугайных фитоценозов. Так, если общая площадь тугаев в начале 1960-х гг. составляла 120 тыс. га [11], то чисто тугайные леса к 1970-м гг. занимали не более 52,3 тыс. га [8]. Площадь тростниковых сообществ к 1965 г. сократилась до 251 тыс. га [12]. Площадь солодки голой по данным 1965–1969 гг. составила всего 18 тыс. га. Заросли рогоза узколистого, занимавшего в 1960 г. около 20 тыс. га [3], в 1967 г. не превышали 10-12 тыс. га [10].

Экосистема дельты 1971–1977 гг. сохранила структурно-функциональную организацию видового богатства, однако исследователями растительного покрова дельты [3, 8, 9] были отмечены нарушения в структуре растительных сообществ, высыхание и исчезновение густых и непроходимых зарослей тростника и древесно-кустарниковых видов растений. Резкое снижение естественной обводненности дельтовой равнины привело к дальнейшему сокращению площадей древесно-кустарниковой растительности, которые по результатам дешифрирования космоснимков составляли в 1975 г. 75,5 тыс. га [13]. Площадь, занимаемая солодкой голой, по данным на 1977 г. оценивалась в 3,5 тыс. га [3]. Видовое богатство дельты резко сократилось, и его значение стало ниже аналогичного показателя в условно-естественном периоде. Доля древесно-кустарниковых видов в видовом богатстве периода увеличилась, при этом доля полудревесных видов выросла почти вдвое (с 8,6% до 14,7%).

Стремительное сокращение видового богатства среди растений дельты Амударьи было зафиксировано и в следующем периоде 1978-1981 гг., который характеризуется относительной стабилизацией поступления речных вод в дельту и более низким средним значением речного стока по отношению к предыдущему периоду. В конце 1970-х гг. паводки в дельте не были отмечены. Площадь тростниковых зарослей, оценивающихся в 1980 г. в 100 тыс. га, к 1981 г. резко сократилась до 22,5 тыс. га. [3]. Площадь рогоза узколистого к 1980 г. составляла всего 4-5 тыс. га, а площадь солодки голой уменьшилась в 9 раз. Количество полудревесных видов достигло максимума как в абсолютном, так и в долевого выражении и стало превышать аналогичный показатель условно-естественного периода в 2,5 раза. Доля древесных видов растений также достигла максимума в 23% (см. рис. 1). Структурно-функциональная организация видового богатства еще сохранялась, однако экосистема дельты уже перешла в состояние неустойчивого равновесия.

В 1982 г. был введен в эксплуатацию Туямунский гидроузел, аккумулирующий паводковые

воды реки водохранилищем. Речной сток Амударьи был окончательно зарегулирован. Среднее значение речного стока за период 1982–1989 гг. снизилось до 5 км³/год. Естественные разливы в дельте в этот период не наблюдались даже во время половодий. По результатам дешифрирования космоснимков площадь древесно-кустарниковой растительности дельты составляла в 1982 г. 43,6 тыс. га, в 1985 г. - 19,2 тыс. га, в 1988 г. - 19,5 тыс. га. Почти все древесно-кустарниковые тугаи находились на краю гибели, и более 50% их площадей было занято сухостойными деревьями. Общая площадь тугаев по результатам исследований 1983–1989 гг. оценивалась всего лишь в 33 тыс. га [11]. В связи с дальнейшим ухудшением гидрологических условий в дельте общая площадь тростниковых зарослей уменьшилась до 20-30 тыс. га. Значительно сократились чистые заросли верблюжьей колючки и солодки. С 1980-х гг. дельта Амударьи была объявлена зоной экологического бедствия. Начиная с 1982 г. сброс речных вод Амударьи в Аральское море был прекращен, так как у кишл. Кызылджар (в устье реки) была построена плотина, и почти весь остаточный сток направлялся на орошение земель и обводнение водоёмов дельты.

При минимальном притоке речных вод в дельту видовое богатство среди растений также достигло своего минимального значения и по сравнению с условно-естественным периодом уменьшилось более чем на 40%. Количество древесно-кустарниковых видов сократилось по сравнению с предыдущим периодом в 1,6 раза, а количество древесных видов как в абсолютном, так и в долевым выражении стало минимальным среди всех рассматриваемых периодов. Попытки искусственного обводнения дельты за счет задержания в ней не только речного стока, но и коллекторно-дренажных вод не привели к увеличению видового богатства. Роль искусственного обводнения свелась к поддержанию продуктивности имеющихся сообществ и к существенному увеличению доли трав в видовом богатстве растений дельты 1982–1989 гг. при ожидаемом его уменьшении. Структурно-функциональная организация видового богатства изменилась.

ВЫВОДЫ

Активная водохозяйственная деятельность, развернувшаяся с середины 1950-х гг. в бассейне реки Амударьи, привела к катастрофическому снижению речного стока, поступавшего в её дельту. В результате природная среда Южного Приаралья существенно изменилась. Видовое богатство растений дельты, зафиксированное в 1950-х гг., к середине 1980-х гг. сократилось на 40%. Всплеск видового богатства, обусловленный снижением величины речного стока на 20%, пришёлся на 1960-е гг. В 1970-е и 1980-е гг. дальнейшее снижение величины речного стока привело лишь к сокращению видового богатства.

Изменилась структура видового богатства растений дельты. Анализ этих изменений на примере жизненных форм показал, что в условиях снижения величины речного стока доля древесно-кустарниковых видов растений в видовом богатстве дельты возростала, а доля травянистых видов соответственно убывала, за исключением периода 1982-1989 гг., когда были предприняты масштабные усилия по искусственному обводнению территории дельты.

Для выявления закономерностей в структуре видового богатства растений дельты автором был введен и частично обоснован (на примере древесных и полудревесных видов) термин «группа жизненных форм». В процессе анализа данных была получена формула структурно-функциональной организации видового богатства растений дельты Амударьи, которая выполняется для всех рассматриваемых периодов, за исключением последнего (1982-1989 гг.). Она не зависит от количества видов в экосистеме дельты по выделенным временным периодам и тем более от численности каждого вида. Следовательно, она является структурно-временным инвариантом однотипных экосистем дельты, различающихся по величине речного стока, поступавшего в дельту через створ Саманбай с 1944 по 1981 г., и обладает свойством самоподобия, характерным для открытых динамических систем, какой и является экосистема дельты Амударьи.

Литература

1. Георгиевский В.Ю., Владимирова Т.И. Ресурсы поверхностных вод бассейна Амударьи и их изменения // Мониторинг природной среды в бассейне Аральского моря. СПб., 1991. С. 52-58.
2. Авакян А.Б. Рациональное использование и охрана водных ресурсов. Екатеринбург, 1994.
3. Шербаев Б.Ш. Флора и растительность Каракалпакии. Нукус, 1988.
4. Трофимова Г.Ю. Анализ изменений в видовом богатстве растений дельты Амударьи в связи с изменением её гидрорежима (1944-1989 гг.) // Антропогенная динамика природной среды. Т.1. Пермь, 2006. С. 325-329.
5. Цыценко К.В. Изменение стока в дельтах рек аридных областей // Гидрология и метеорология.

1999. №12. С. 94-101.

6. Трофимова Г.Ю. Изменение гидрохимического режима Амударьи в её дельтовой части за последние 50 лет // Эколого-географические исследования в речных бассейнах. Воронеж, 2004.
7. Трофимова Г.Ю. Эколого-географическая база данных Южного Приаралья. М., 2003.
8. Бахиев А. Экология и смена растительных сообществ низовьев Амударьи. Ташкент, 1985.
9. Бахиев А., Новикова Н., Мамутов Н. Пастбища и сенокосы низовьев Амударьи. Нукус, 1989.
10. Бахиев А., Бутов К.Н., Таджитдинов М.Т. Динамика растительных сообществ юга Приаралья в связи с изменением гидрорежима Аральского моря. Ташкент, 1977.
11. Бахиев А.Б., Трешкин С.Е. Динамика продуктивности тугайных сообществ в дельте Амударьи в условиях изменяющегося гидрологического режима территории // Экология. 1994. №5-6. С. 19-22.
12. Таджитдинов М., Мениахметов Г. Тростник обыкновенный (*Phragmites communis* Trin.) и его использование в народном хозяйстве // Растительные ресурсы низовьев Амударьи. Ташкент, 1967.
13. Сумарокова В.В., Бабкина Л.П., Кривенцова В.Е. Ландшафтная параметризация низовьев Амударьи на основе дешифрирования аэрокосмической информации // Мониторинг природной среды в бассейне Аральского моря. СПб., 1991. С. 200-208.

CHANGING IN THE STRUCTURE OF PLANTS SPECIES RICHNESS OF AMUDARYA DELTA UNDER INFLUENCE OF WATER FACTOR (1944-1989)

Trofimova G. Yu.

Hydroeconomic activities developed from the middle of 1950th in a river basin of AmuDarya, have led to catastrophic decrease in the river run-off acted in its delta. As a result the plants species richness of delta has been sharply reduced and its structure has changed. In the present article we showed: dynamics of structural elements of plants species richness of AmuDarya delta based on the example of life forms on the allocated time periods corresponding various average values of the river run-off and the formula of the structurally functional organization of plants species richness.