



ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 504.5:574
ББК 20.18

ТРАНСФОРМАЦИИ В НАЗЕМНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ ДЕЛЬТЫ АМУДАРЬИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ИЗМЕНЕНИЙ РЕЧНОГО СТОКА

Трофимова Галина Юрьевна

Научный сотрудник Лаборатории динамики наземных экосистем под влиянием водного фактора
Института водных проблем Российской академии наук
t_g_yu@mail.ru
ул. Губкина, 3, 119333 г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Выделена и охарактеризована последовательность временных периодов, соответствующих различным средним значениям речного стока в дельте Амударьи. Исследована динамика компонентов экосистемы дельты Амударьи по выделенным периодам. По результатам исследования установлен бифуркационный период и обоснован переход экосистемы дельты Амударьи в новое состояние.

Ключевые слова: экосистема дельты Амударьи, речной сток, видовое богатство, структурный инвариант, бифуркационный период.

Быстропротекающие кризисные явления в экосистеме дельты реки Амударьи, возникшие под влиянием изменчивости водных ресурсов и их качества на протяжении 1944–2000 гг., изменили влажность и солевой режим почв, деформировали растительность, обусловили возникновение нарушений и в других природных составляющих экосистемы.

В данной статье исследуются трансформации в экосистеме современной или «живой» дельты Амударьи, которая, как указывают М.М. Рогов и др. [3], начинается на юге у тес-

нины Тахиаташ в районе нынешнего Тахиаташского гидроузла, а на севере граничит с южным берегом Аральского моря. На правом берегу граница дельты проходит вдоль западной периферии орошаемого массива канала Кызкеткен к восточной оконечности останцово-возвышенности Кусканатау, а затем – на северо-восток к устью рукава Казах-Дарья. На левобережье граница дельты проходит вдоль правого берега магистрального ирригационного канала им. Ленина до Кунграда, далее – по каналу им. Орджоникидзе и выхо-

дит вдоль южного побережья оз. Судочье к чинку плато Устюрт. В описанных границах площадь территории дельты Амударьи по состоянию на середину 1965 г. составляла около 9000 км².

Территории современной дельты Амударьи соответствует естественная гидрографическая сеть и естественный режим. Обводнение дельтовой равнины было связано с естественными колебаниями гидрологического режима реки Амударьи. Однако с середины 1950-х гг. в бассейне реки Амударьи началось масштабное преобразование природной среды. С 1956 г. начал действовать Каракумский канал, снабжающий амударьинской водой Центральные Каракумы и бассейны рек Теджен и Мургаб. С 1958 г. действует Вахшский магистральный канал, а с 1962 г. – Аму-Бухарский канал. Для регулирования речного стока Амударьи были построены Тахиаташский (1974 г.) и Туямуюнский (1982 г.) гидроузлы, 35 водохранилищ. В верхнем и среднем течении реки быстрыми темпами росли площади орошаемых земель, осуществлялось строительство коллекторно-дренажных сетей. Забор амударьинской воды для орошения земель самой дельты также осуществлялся выше гидропоста Саманбай (Чатлы), расположенного в вершине дельты.

Стремительный рост безвозвратных изъятий речного стока в верхнем и среднем течении реки, а также его регулирование с помощью водохранилищ и гидроузлов привели к резкому сокращению поступления стока в низовья Амударьи (см. рис. 1). Забор воды на орошение в зоне водохозяйственных мероприятий и возврат в русло реки высокоминерализованных коллекторно-дренажных вод обусловили трансформацию химического состава речных вод, поступающих в дельту Амударьи через створ Саманбай (см. рис. 3).

Речной сток Амударьи, поступавший в ее дельту с 1944 по 2000 г. через створ Саманбай, являлся основной составляющей водного фактора на исследуемой территории [5]. Вклад атмосферных осадков в формирование поверхностных вод дельты был крайне незначительным, так как низовья Амударьи относятся к северной части пустынной зоны и характеризуются наименьшим количеством осадков даже по сравнению с другими районами Республики Узбекистан. Таким образом,

обводненность территории дельты, уровни залегания грунтовых вод, их химический состав и в конечном итоге видовое разнообразие растений дельты напрямую связаны с количеством водных масс, поступавших в дельту Амударьи через створ Саманбай.

Автором на основе анализа гидрологических данных 1944–2000 гг., взятых из открытых научных публикаций по гидропостам, расположенным в низовьях Амударьи, были выделены следующие временные периоды: 1) 1944–1960; 2) 1961–1970; 3) 1971–1977; 4) 1978–1981; 5) 1982–1989; 6) 1990–1994; 7) 1995–1997; 8) 1998–2000 годы. При выделении периодов учитывались как стабильность поступления водных масс в дельту и направленность тренда на протяжении всего периода, так и обобщенный анализ состояний почвенного и растительного покровов дельты по литературным источникам. Каждый период характеризуется объемом среднего многолетнего стока и значением средней многолетней минерализации. Помимо этого, каждый период был рассмотрен как зона нормальной жизнедеятельности (зона оптимума) для некоторого конечного набора видов растений из множества всех видов, зафиксированных в дельте Амударьи с 1947 по 2000 год.

До 1960 г. территория современной дельты Амударьи, благодаря периодическим паводковым затоплениям, представляла собой зону избыточного увлажнения. Анализ изменений годового стока, поступавшего в дельту на протяжении 1944–1960 гг., показал отсутствие однонаправленного тренда. Объем среднего многолетнего стока за этот период составил 45,6 км³/год, а значение средней многолетней минерализации речных вод в дельте Амударьи не превысило 0,529 г/л. На большей части территории дельты Амударьи развивался гидроморфный пойменно-дельтовый почвообразовательный процесс [2], способствовавший формированию и развитию тугайных фитоценозов: древесных, кустарниковых и травяных. Поэтому экосистему дельты Амударьи до начала 1960-х гг. принято считать условно-естественной.

С начала 1960-х гг. объемы речного стока, поступающего в дельту, начинают сокращаться. С этого времени и до середины 1980-х гг. в изменениях годового стока был зафиксирован

отрицательный тренд. С одной стороны, сокращение поступления речного стока в дельту привело к снижению уровней залегания грунтовых вод и обсыханию дельты. С другой стороны, активизировались процессы засоления почв дельтовой равнины Амударьи, которая всегда исторически являлась областью древнего природного соленакопления. Однако существенных изменений в почвенном покрове дельты 1960-х гг. не наблюдалось. В растительном покрове дельты был отмечен всплеск видового богатства растений дельты Амударьи (рис. 2), в основном за счет видов многолетних трав.

В 1970-х гг. обсыхание современной дельты становится более интенсивным. Динамика глубины залегания уровня грунтовых вод в обсыхающей части дельты Амударьи с 1960 по 1980 г. приведена в работе Ф.И. Хакимова [7]. Схематические карты, характеризующие глубины залегания грунтовых вод в дельте Амударьи, степень их минерализации и химический состав по состоянию на 1977 г. приведены в работе А.И. Рафикова и Г.Ф. Тетюхина [2]. В низовьях Амударьи наблюдается устойчивое увеличение среднегодовых значений минерализации речных вод. Развивается автоморфный почвообразовательный процесс. В почвенном покрове увеличивается площадь солончаков. В растительном покрове дельты наблюдается резкое снижение числа видов растений (рис. 2). В видовом богатстве растений существенно увеличивается доля галофитов и солеустойчивых эфемеров и эфемероидов.

В 1980-е гг. Южное Приаралье было объявлено зоной экологического бедствия. В 1982, 1986 и 1989 гг. речной сток в дельту Амударьи вообще не поступал. Объем среднего многолетнего стока за период 1982–1989 гг. составил всего 5 км³/год и стал соизмерим с величиной водоподачи в дельту из вышерасположенных областей. Максимальные значения среднегодовой минерализации также были отмечены в 1980-х гг., а именно: в 1982 г. – 1,864 г/л; 1986 г. – 1,505 г/л; 1989 – 1,525 г/л. Автоморфный почвообразовательный процесс стал ведущим. В 1980-е гг. уровень грунтовых вод современной дельты Амударьи понизился до 10–16 м [7]. Резкое сокращение естественной

обводненности дельтовой равнины на протяжении 1960–1989 гг., увеличение минерализации речных и грунтовых вод, прогрессирующее засоление почв привели к нарушениям в структуре флоры, к деформации и деградациии ее видового состава. Видовое разнообразие растений дельты Амударьи пятого периода (1982–1989 гг.) сократилось более чем на 40 % по отношению к аналогичному показателю условно-естественного периода (рис. 2). Представленность числа галофитов и солеустойчивых эфемеров и эфемероидов в видовом богатстве растений данного периода достигла максимума (71 %) среди всех рассматриваемых периодов. 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 водоемов дельты. Эти мероприятия, а также относительная многоводность 1987 и 1988 гг. позволили спасти экосистему дельты Амударьи от полного разрушения.

В 1990-е гг. поступление речных вод в дельту в целом улучшилось. Среднее значение речного стока за 6–8 периоды достигло 16,4 км³/год, а значение средней многолетней минерализации речных вод стабилизировалось на уровне 1,118 г/л. К концу 1990-х гг. видовое богатство растений дельты увеличилось на 22 % по сравнению с аналогичным показателем условно-естественного периода. Доля галофитов и солеустойчивых эфемеров и эфемероидов в видовом богатстве растений по периодам 1990-х гг. составила в среднем 57 % (см. рис. 4).

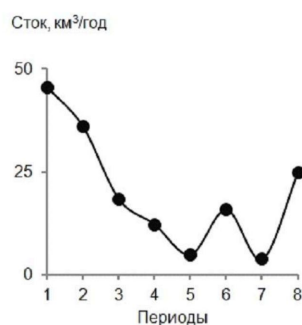


Рис. 1. Динамика среднего многолетнего стока (створ Саманбай)

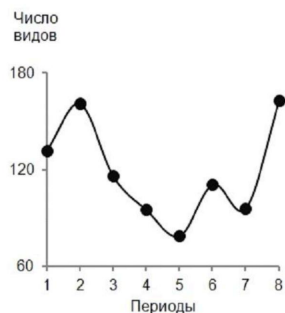


Рис. 2. Динамика видового богатства растений дельты Амударьи

Выделение временных периодов позволило упростить профили графиков сложноизрезанных функций межгодовой изменчивости объемов речного стока и межгодовой изменчивости минерализации речных вод, без ущерба для понимания процессов, происходивших в экосистеме дельты Амударьи, в частности во флоре дельты на протяжении 1944–2000 годов (рис. 2 и 4).

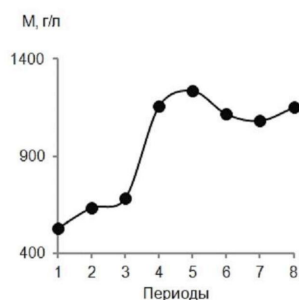


Рис. 3. Динамика средней многолетней минерализации речных вод (створ Саманбай):
М – минерализация в г/л

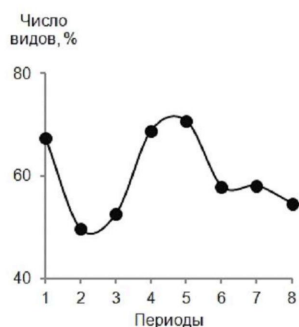


Рис. 4. Динамика числа галофитов и солеустойчивых эфемеров и эфемероидов в дельте Амударьи

Рассмотрим динамику структурных составляющих флоры дельты Амударьи по вы-

деленным временным периодам (рис. 5–6). В качестве структурных составляющих флоры дельты были выделены древесные, полудревесные и травянистые виды растений в соответствии с упрощенной системой жизненных форм, которая наиболее часто используется при анализе растительного покрова низовьев Амударьи. Простота поведения структурных составляющих флоры (рис. 5–6) подтверждает известный факт из теории самоорганизации, что сложные системы могут вести себя просто [1].

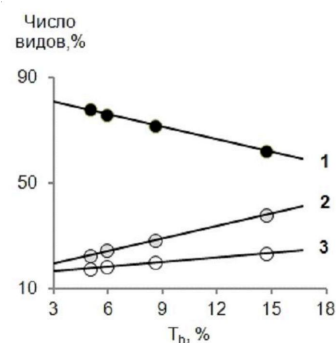


Рис. 5. Линейные тренды по данным 1947–1981 гг.:
1 – *H*; 2 – (*T*+*T_h*); 3 – *T*

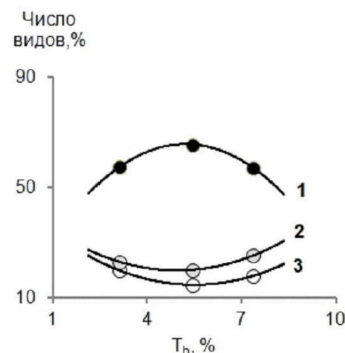


Рис. 6. Полиномиальные тренды по данным 1990–2000 гг.: 1 – *H*; 2 – (*T*+*T_h*); 3 – *T*

Автором ранее было установлено [6], что структурные составляющие флоры дельты Амударьи по выделенным временным периодам 1947–1981 гг. (рис. 5) связаны формулой:

$$\frac{H}{T + T_h} = \frac{T}{T_h},$$

где *T* – число древесных видов растений в периоде; *T_h* – число полудревесных видов растений в периоде; *H* – число травянистых видов растений в периоде.

Формула является структурным инвариантом, однако для периода 1982–1989 гг. она не верна. Из рисунка 6 следует, что структура флоры дельты Амударьи на протяжении 1990–2000 гг. подчиняется структурному инварианту, отличному от приведенного выше. Следовательно, структура флоры 1982–1989 гг. может быть охарактеризована как неустойчивая. На протяжении этого периода экосистемой дельты Амударьи был выбран один из возможных вариантов развития [1], реализованный, в частности, в виде новой структуры флоры, адаптированной к данным экологическим условиям. Следовательно, 1982–1989 гг. следует рассматривать как бифуркационный период.

В результате исследования были установлены трансформации в экосистеме дельты Амударьи, обусловленные изменениями речного стока, поступавшего в дельту Амударьи через створ Саманбай, а именно:

1. Сокращение объема среднего многолетнего стока более чем на 60 % в 1971–1977 гг. по отношению к аналогичному показателю условно-естественного периода 1944–1960 гг. обусловило смену гидроморфного пойменно-дельтового почвообразовательного процесса автоморфным почвообразовательным процессом.

2. Сокращение объема среднего многолетнего стока более чем на 70 % в 1978–1981 гг. по отношению к аналогичному показателю условно-естественного периода оказалось критическим для флоры экосистемы дельты Амударьи. Адаптационные возможности структурных составляющих флоры, направленные на сохранение структурно-функциональной организации экосистемы дельты Амударьи, оказались полностью исчерпанными. Изменения в структуре флоры стали необратимыми.

3. Сокращение объема среднего многолетнего стока на 90 % в 1982–1989 гг. по отношению к аналогичному показателю условно-естественного периода оказалось критическим для самой экосистемы дельты Амударьи. Экосистема не могла «самостоятельно существовать при искусственно созданном значительном... недостатке... экологического компонента» в рамках прежней структурно-функциональной организации [4, с. 156]. На протяжении периода 1982–1989 гг. была разрушена прежняя структура экосистемы дельты Амударьи.

4. В 1990–2000 гг. объем среднего многолетнего стока, поступавшего в дельту Амударьи, увеличился до 16,4 км³/год, что составляет одну треть от аналогичного показателя условно-естественного периода. Несмотря на стабильно высокую среднюю многолетнюю минерализацию речных вод, автоморфный почвообразовательный процесс на большей территории дельты, в ней на протяжении 1990–2000 гг. было зарегистрировано 193 вида растений, что на 46 % больше аналогичного показателя условно-естественного периода 1947–1960 годов. Следовательно, новая структура флоры, сформировавшаяся в экосистеме дельты Амударьи, успешно продемонстрировала адаптированность к новым экологическим условиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малинецкий, Г. Г. Нелинейная динамика и хаос / Г. Г. Малинецкий, А. Б. Потапов. – М. : КомКнига, 2009. – 240 с.
2. Рафиков, А. И. Снижение уровня Аральского моря и изменение природных условий низовьев Амударьи / А. И. Рафиков, Г. Ф. Тетюхин. – Ташкент : Изд-во ФАН, 1981. – 200 с.
3. Рогов, М. М. Гидрология устьевой области Амударьи. Тр. гос. океанографического ин-та / М. М. Рогов, С. С. Ходкин, С. К. Ревина. – М. : Моск. отд-ние гидрометеоздата, 1968. – Вып. 94. – 268 с.
4. Розенберг, Г. С. Теоретическая и прикладная экология / Г. С. Розенберг, Ф. Н. Рянский. – Нижневартовск : Изд-во Нижневарт. пед. ин-та, 2005. – Вып. 9. – 292 с.
5. Трофимова, Г. Ю. Влияние речного стока Амударьи на количество кормовых видов в ее дельте (1944–1989 гг.) / Г. Ю. Трофимова // География и природные ресурсы. – 2008. – № 1. – С. 169–174.
6. Трофимова, Г. Ю. Структурные инварианты видового богатства растений / Г. Ю. Трофимова // ДАН. – 2009. – Т. 26, № 3. – С. 427–429.
7. Хакимов, Ф. И. Почвенно-мелиоративные условия опустынивающихся дельт / Ф. И. Хакимов. – Пушино, 1989. – 220 с.

REFERENCES

1. Malinetskiy G.G., Potapov A.B. *Nelineynaya dinamika i kaos* [Nonlinear Dynamics and Chaos]. Moscow, KomKniga Publ., 2009. 240 p.
2. Rafikov A.I., Tetyukhin G.F. *Snizhenie urovnya Aralskogo morya i izmenenie*

prirodnikh usloviy nizov'ev Amu-Daryi [Decrease of the Aral Sea Level and Change of Natural Conditions in the Lower Amu Darya]. Tashkent, FAN Publ., 1981. 200 p.

3. Rogov M.M., Khodkin S.S., Revina S.K. *Gidrologiya ust'evoy oblasti Amu-Daryi* [Hydrology of the Amu Darya's Mouth's Area]. *Tr. gos. okeanograficheskogo in-ta*. Moscow, Mosk. otd-nie gidrometeoizdata Publ., 1968, iss. 94. 268 p.

4. Rozenberg G.S., Ryanskiy F.N. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* [Theoretical and Applied Ecology]. Nizhnevartovsk, Izd-vo Nizhnevart. ped. in-ta, 2005, iss. 9. 292 p.

5. Trofimova G.Yu. *Vliyanie rechnogo stoka Amu-Daryi na kolichestvo kormovykh vidov v ee delte* (1944-1989 gg.) [Influence of the Amu Darya's River Flow on the Number of Fodder Species in Its Delta (1944-1989)]. *Geografiya i prirodnye resursy*, 2008, no. 1, pp. 169-174.

6. Trofimova G.Yu. *Strukturnye invarianty vidovogo bogatstva rasteniy* [Structural Invariants of Plant Species Richness]. *Doklady akademii nauk*, 2009, vol. 26, no. 3, pp. 427-429.

7. Khakimov F.I. *Pochvenno-meliorativnye usloviya opustynivayushchikhsya delt* [Soil-Amelioration Conditions in Decertified Deltas]. Pushchino, 1989. 220 p.

TRANSFORMATIONS IN TERRESTRIAL ECOSYSTEM OF THE AMU DARYA DELTA UNDER THE INFLUENCE OF RIVER FLOW CHANGES

Trofimova Galina Yuryevna

Researcher, Laboratory of Dynamics of Terrestrial Ecosystems
Under the Influence of Water Factor, Water Problems Institute
of Russian Academy of Sciences
t_g_yu@mail.ru
Gubkina St., 3, 119333 Moscow, Russian Federation

Abstract. The vigorous water economic activities carried out from the middle of 1950 in the basin of Amu Darya river have led to sharp reduction of river flow in its delta. The environment of Southern Priaralje has essentially changed. In the 1980s, the southern basin of Aral Sea was declared to be the zone of ecological disaster. The analysis of hydrological data (1944–2000) at different locations of the Amu Darya delta made it possible to detect and characterize a succession of periods with different mean values of the river flow. Each period was studied as the zone of normal vital activity (the optimum zone) for a finite subset of plant species from the set of all species found in the Amu Darya delta in 1947–2000. Dynamics of ecosystem components of the Amu Darya delta has been investigated. Hydromorphic soil formation process had replaced the automorphic process (1971–1977). The relations between the elements of the rich structure of plant species in the Amu Darya delta (1947–1981) have been described by equation. Irreversible changes had occurred in the composition and structure of the flora of the Amu Darya's ecosystem (1977–1981). Bifurcation period (1982–1989) has been established. A new state of Amu Darya's delta ecosystem (1990–2000) has been established on the basis of dynamics of the structural components of flora. The richness of plant species in the ecosystem of the Amu Darya delta in this period increased by 46 % compared to the conventionally natural period before the year 1960. The relations between the elements of the plant species richness structure in the Amu Darya delta have been changed.

Key words: ecosystem of the Amu Darya delta, river flow, species richness, structural invariant, bifurcation period.