

СТРУКТУРНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ ФЛОРЫ ДЕЛЬТЫ АМУ-ДАРЬИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТЕРРИТОРИИ (1944–1989 гг.)

© 2012 Г.Ю.Трофимова

Институт водных проблем Российской академии наук

Поступила 15.03.2012

В статье исследована динамика флоры дельты Аму-Дарьи. Выявлены структурные составляющие флоры, обеспечившие её структурную устойчивость и проявившие стабильность в изменяющихся условиях среды.

Ключевые слова: структурная устойчивость, стабильность, видовое богатство.

Аму-Дарья – одна из самых полноводных рек Центральной Азии. Ресурсы поверхностных вод её бассейна составляют 76 км³/год [1]. Дельта Аму-Дарьи характеризуется равнинным рельефом и относится к области интенсивного соленакопления. Ведущими экологическими факторами в дельте Аму-Дарьи принято считать водный фактор и фактор засоления. Основной составляющей водного фактора в дельте Аму-Дарьи является речной сток. Однако в результате быстрого роста безвозвратных изъятий речного стока в бассейне реки Аму-Дарьи его поступление в низовья существенно сократилось. По данным 1932–1960 гг. сток в створе у кишл. Саманбай (Чатлы), расположенного в вершине дельты, составил в среднем 61 % от притока из зоны формирования, а по данным 1961–1988 гг. – всего 28 % [1].

С начала 1960–х и до конца 1980–х гг. в низовьях Аму-Дарьи наблюдалось устойчивое увеличение среднегодовых значений минерализации речных вод. В условиях жаркого пустынного климата при малом количестве атмосферных осадков речные воды, рассеиваясь на обширном равнинном пространстве, способствовали увеличению запасов солей в почвогрунтах.

С 1980–х гг. Южное Приаралье было объявлено зоной экологического бедствия. В 1982, 1986 и 1989 г. речной сток в дельту Аму-Дарьи вообще не поступал. Среднее значение речного стока за период 1982–1989 гг. составило 5 км³/год и стало соизмеримо с величиной водоподачи в дельту из вышерасположенных областей. Опустынивание охватило территорию дельты. В экосистеме дельты Аму-Дарьи произошли нарушения её структуры и функционирования. В этих условиях было принято решение прекратить сброс речных вод Аму-Дарьи 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.

Из вышесказанного следует, что в 1980–е гг. экосистема дельты Аму-Дарьи уже не могла самостоятельно существовать и находилась в неустой-

чивом состоянии. Закон оптимальной компонентной дополнителности [3], который гласит, что «никакая экосистема не может самостоятельно существовать при искусственно созданном значительном избытке или недостатке какого-либо экологического компонента (как биотического, так и абиотического)», ограничивает временной интервал существования естественной экосистемы дельты Аму-Дарьи началом 1980–х гг.

На первом этапе нашего исследования на основе анализа гидрологических данных по гидропостам низовьев Аму-Дарьи были выделены периоды с различными средними значениями речного стока (1944–1960, 1961–1970, 1971–1977, 1978–1981, 1982–1989 гг.). При этом учитывались как стабильность поступления водных масс в дельту и направленность тренда на протяжении всего периода, так и обобщенный анализ состояния почвенного и растительного покровов дельты Аму-Дарьи по литературным источникам. Таким образом, каждый выделенный период был охарактеризован не только средним значением речного стока, но и соответствующим состоянием экосистемы дельты Аму-Дарьи.

Каждый период был рассмотрен как зона нормальной жизнедеятельности (зона оптимума) для некоторого конечного набора видов растений из 265 видов, зафиксированных в дельте Аму-Дарьи с 1947 по 1989 г. [5]. 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 %. Основу флористического списка дельты Аму-Дарьи составляют галофильные виды, связанные с различно засоленными местообитаниями. Настоящие галофиты составляют 43,4 % от флористического состава дельты.

Представленность флоры дельты Аму-Дарьи по жизненным формам была определена в соответствии с упрощенной системой жизненных форм, которая наиболее часто используется при анализе растительного покрова Каракалпакии и низовьев Аму-Дарьи. В ней выделены: деревья, кустарники, кустарнички, полукустарники, полукустарнички,

Трофимова Галина Юрьевна, н.с. лаборатории динамики наземных экосистем под влиянием водного фактора, e-mail: t_g_yu@mail.ru

травы многолетние, травы одно- и двулетние. В качестве структурных составляющих флоры дельты Аму-Дарьи автором рассматриваются следующие:

- древесно-кустарниковые виды растений (деревья + кустарники + кустарнички + полукустарники + полукустарнички);
- полудревесные виды растений (полукустарники + полукустарнички);
- древесные виды растений (деревья + кустарники + кустарнички);
- травянистые виды растений (травы однолетние + травы двулетние + травы многолетние);
- одно- и двулетние виды травянистых растений (травы однолетние + травы двулетние);
- многолетние виды травянистых растений (травы многолетние).

Обозначим через T – число видов (видовое богатство) древесно-кустарниковых растений в каждом из выделенных временных периодов, через T_1 – видовое богатство полудревесных растений, через T_2 – видовое богатство древесных растений, так что $T = T_1 + T_2$. Обозначим через H – видовое богатство травянистых растений в каждом из выделенных временных периодов, через H_1 – видовое богатство одно- и двулетних травянистых растений, через H_2 – видовое богатство многолетних травянистых растений, так что $H = H_1 + H_2$. Видовое богатство растений экосистемы дельты Аму-Дарьи каждого периода можно представить в виде суммы $T + H$. Структурные составляющие видового богатства растений дельты каждого периода

связаны следующим соотношением: $\frac{T}{H} = \frac{T_1}{T_2}$.

Данная формула является структурным инвариантом [4] и не зависит от числа видов растений в экосистеме дельты Аму-Дарьи разных периодов и тем более от численности каждого вида. Неизменность инварианта на протяжении 1947–1981 гг. свидетельствует о структурной устойчивости видового богатства растений экосистемы дельты Аму-Дарьи. Покажем, что структурной устойчивости видового богатства растений соответствуют конкурентные колебания и колебания сосуществования между структурными составляющими (см. рис. 1-2).

Из рис. 1 следует, что кривые зависимостей видового богатства древесных растений и видового богатства полудревесных растений по разным периодам демонстрируют колебания сосуществования. Из рис. 2 следует, что кривые зависимостей видового богатства одно- и двулетних травянистых растений и видового богатства многолетних травянистых растений по разным периодам демонстрируют конкурентные колебания. Следовательно, структурная устойчивость видового богатства растений дельты Аму-Дарьи по разным периодам

обеспечивалась за счёт действия механизмов конкуренции и сосуществования между структурными составляющими. Таким образом, впервые структурная устойчивость видового богатства растений наземной экосистемы была подтверждена законом конгруэнтного притяжения Михайловского [2, 3], сформулированного для водных экосистем: «...система, взаимодействие в которой сводится лишь к отталкиванию (принцип конкурентного исключения Гаузе) не может быть устойчивой и обречена на гибель. Для её стабилизации должны существовать и противоположные силы (принцип сосуществования)».

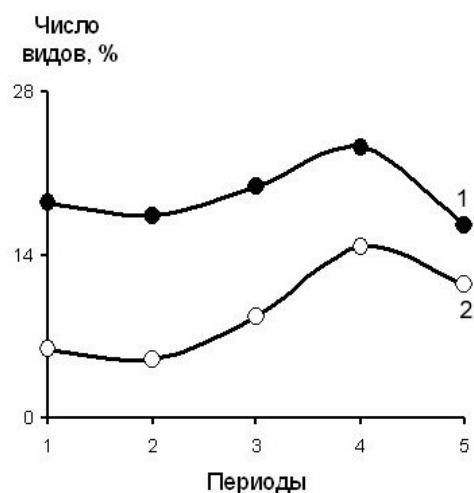


Рис. 1. Динамика видового богатства полудревесных растений и видового богатства древесных растений по данным 1947–1989 гг.: 1 – T_2 ; 2 – T_1 .

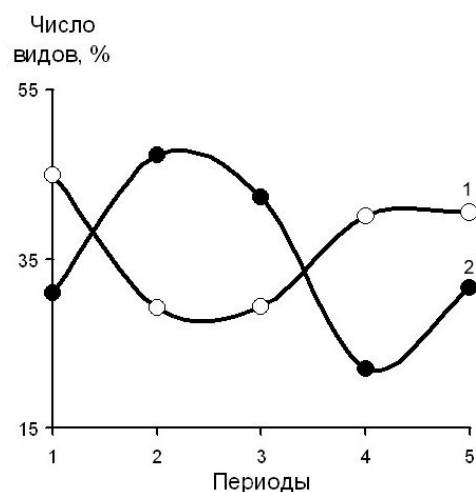


Рис. 2. Динамика видового богатства одно- и двулетних травянистых растений и видового богатства многолетних травянистых растений по данным 1947–1989 гг.: 1 – H_1 ; 2 – H_2 .

Проверим справедливость нашего вывода на примере видового богатства травянистых растений дельты Аму-Дарьи и его структурного инварианта $\frac{\min(H_1, H_2)}{\max(H_1, H_2)} \approx \frac{2}{3}$ [4]. Эта формула оставалась неизменной на протяжении 1947–1981 гг. Следовательно, видовое богатство травянистых растений

экосистемы дельты Аму-Дарьи обладало структурной устойчивостью на протяжении 1947–1981 гг. Покажем, что структурной устойчивости видового богатства травянистых растений дельты Аму-Дарьи также соответствуют конкурентные колебания и колебания сосуществования между структурными составляющими H_1 и структурными составляющими H_2 .

Определим структурные составляющие H_1 и структурные составляющие H_2 , учитывая влияние фактора засоления на видовое богатство травянистых растений дельты Аму-Дарьи. Сначала все виды травянистых растений в каждом периоде поделим на две группы: группу видов трав, являющихся либо травянистыми галофитами, либо солеустойчивыми эфемерами и эфемероидами, и группу остальных видов трав. Выделенные группы обозначим через M_1 и M_2 в соответствии с порядком выделения. В каждой группе каждого периода определим число видов одно- и двулетних трав и обозначим его через $H_1(M_i), i = 1, 2$, и число видов многолетних трав, которое обозначим через $H_2(M_i), i = 1, 2$. На рис. 3-4 отражена динамика $H_1(M_i), i = 1, 2$ и $H_2(M_i), i = 1, 2$ по разным периодам в виде конкурентных колебаний и колебаний сосуществования.

Следовательно, структурная устойчивость видового богатства растений дельты Аму-Дарьи и видового богатства травянистых растений, в частности, по разным периодам обеспечивалась за счёт действия механизмов конкуренции и сосуществования между структурными составляющими. Другими словами, из существования структурной устойчивости (структурного инварианта) следует, что взаимодействие структурных составляющих сводится к сумме конкурентных колебаний и колебаний сосуществования.

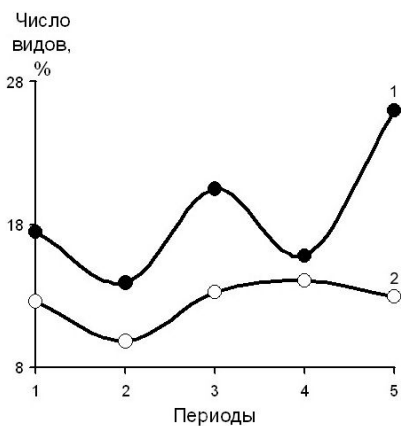


Рис. 3. Динамика видового богатства многолетних травянистых растений группы M_1 и видового богатства одно- и двулетних травянистых растений группы M_2 по данным 1947–1989 гг.: 1 – $H_2(M_1)$; 2 – $H_1(M_2)$.

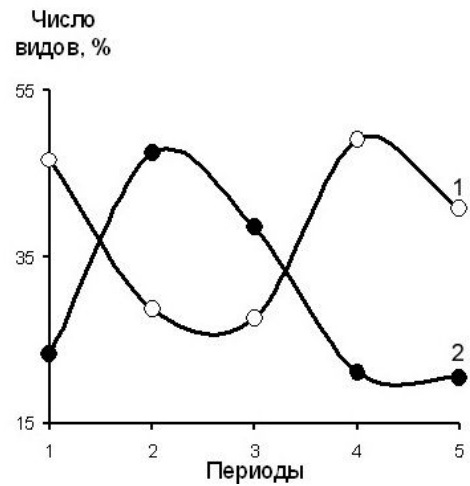


Рис. 4. Динамика видового богатства одно- и двулетних травянистых растений группы M_1 и видового богатства многолетних травянистых растений группы M_2 по данным 1947–1989 гг.: 1 – $H_1(M_1)$; 2 – $H_2(M_2)$.

Исследуем относительную динамику структурных составляющих флоры дельты Аму-Дарьи по выделенным временным периодам, считая, что изменения числа видов растений, не превышающие 10 % по отношению к аналогичным показателям предыдущего периода, являются незначительными. Это позволит нам выявить структурные составляющие флоры дельты, проявившие стабильность, т.е. сохранившие число своих видов в изменяющихся условиях среды, а также выявить связь между структурной устойчивостью и стабильностью.

Данные относительной динамики структурных составляющих флоры дельты Аму-Дарьи отражены в табл. Из них следует, что стабильность в условиях изменяющегося гидрологического режима территории была выявлена у древесно-кустарниковых растений на протяжении 1947–1981 гг.; многолетних травянистых галофитов и солеустойчивых эфемеров и эфемероидов на протяжении 1947–1977 гг.; одно- и двулетних травянистых растений из группы остальных видов трав на протяжении 1947–1977 гг.

Таблица. Изменения в структурных составляющих флоры дельты Аму-Дарьи по отношению к аналогичным показателям предыдущего периода: (+) – положительные изменения, (–) – отрицательные изменения, (0) – отсутствие изменений.

Периоды	1961-1970	1971-1977	1978-1981	1982-1989
$T + H$	+	–	–	–
T	0	0	0	–
H	+	–	–	0
$H_1(M_1)$	–	–	+	–
$H_2(M_1)$	0	0	–	+
$H_1(M_2)$	0	0	–	–
$H_2(M_2)$	+	–	–	0

Покажем, что стабильность является более «слабой» характеристикой структурно-функциональной организации экосистемы, чем структурная устойчивость. Например, из структурной устойчивости видового богатства растений $T + H$ экосистемы дельты Аму-Дарьи следует стабильность видового богатства древесно-кустарниковых растений T . Из структурной устойчивости видового богатства травянистых растений H экосистемы дельты Аму-Дарьи следует стабильность видового богатства многолетних травянистых галофитов и солеустойчивых эфемеров и эфемероидов $H_2(M_1)$, а также стабильность видового богатства одно- и двулетних травянистых растений из группы остальных видов трав $H_1(M_2)$. Следовательно, структурная устойчивость флоры дельты Аму-Дарьи или её части влечет за собой стабильность хотя бы одной её структурной составляющей.

С другой стороны, нестабильность флоры дельты Аму-Дарьи или её части в условиях изменяющегося гидрологического режима территории не является препятствием для существования структурной устойчивости (структурного инварианта). Например, динамика видового богатства растений $T + H$ экосистемы дельты Аму-Дарьи не отличается стабильностью, но обладает структурной устойчивостью. Динамика видового богатства травянистых растений H экосистемы дельты Аму-Дарьи также

нестабильна, но при этом также обладает структурной устойчивостью. Это означает, что экосистема адаптируется к изменяющимся условиям среды, варьируя число своих видов растений в сторону увеличения/уменьшения, но сохраняя при этом структурную устойчивость.

Результаты, полученные в ходе исследования, позволяют дополнить наши представления о структурно-функциональной организации экосистемы дельты Аму-Дарьи и её трансформациях в условиях изменяющегося гидрологического режима территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Георгиевский, В.Ю.* Ресурсы поверхностных вод бассейна Аму-Дарьи и их изменения: материалы научно-координационных совещаний / В.Ю. Георгиевский, Т.И. Владимирова // Мониторинг природной среды в бассейне Аральского моря. СПб.: Гидрометеоиздат, 1991. С.52-58.
2. *Михайловский Г.Е.* Описание и оценка состояний планктонных сообществ. М.: Наука, 1988. 214 с.
3. *Розенберг, Г.С.* Теоретическая и прикладная экология: вып. 9 / Г.С. Розенберг, Ф.Н. Рянский. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. пед. ин-та, 2005. 292 с.
4. *Трофимова, Г.Ю.* Структурные инварианты видового богатства растений // ДАН. 2009. Т. 26, № 3. С.427-429.
5. *Трофимова Г.Ю.* Эколого-географическая база данных Южного Приаралья. М.: РАСХН, 2003. 60 с.

STRUCTURAL STABILITY AND STABILITY OF FLORA OF THE AMU-DARYA DELTA IN THE CONDITIONS OF THE CHANGING HYDROLOGICAL REGIME OF TERRITORY (1944-1989)

© 2012 G.Yu.Trofimova

Water Problems Institute of Russian Academy of Sciences

Dynamics of flora of the Amu-Darya delta are investigated in article. Structural stability of flora of the Amu-Darya delta is defined. Structural components of the flora which have shown stability in changing conditions of environment are defined.

Key words: structural stability, stability, species richness.