

УДК 551.482.243.4:591.524.12(262.81)

О НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СТОКА ВОЛГИ НА ЕЖЕГОДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БИОМАССЫ ЗООПЛАНКТОНА СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Н. А. Тимофеев

Неоднократно указывалось, что сток Волги значительно влияет на количественное развитие зоопланктона Северного Каспия (Чугунов, 1923; Лесников, Матвеева, 1959; Кун, 1965; Курашова, 1971). Были сделаны попытки дать количественные оценки связей изменения биомассы зоопланктона с некоторыми элементами стока Волги — с величиной максимального уровня половодья ($r=0,64$), со стоком минерального растворенного фосфора ($r=0,71$) и азота ($r=0,67$), со стоком органических соединений азота ($r=0,72$) и фосфора ($r=0,44$) (Лесников, Матвеева, 1959; Курашова, 1971; «Биологическая продуктивность Каспийского моря», 1974). М. С. Кун (1965) на основе графического анализа сделала вывод о том, что ранневесенний сток Волги (в марте) положительно влияет на количественное развитие зоопланктона в июне и что отмеченная Лесниковым и Матвеевой отрицательная связь со стоком Волги в половодье в период с 1955 по 1961 г. не подтвердилась, но если «по отдельным годам здесь наблюдается скорее обратная зависимость, то общая тенденция к уменьшению биомассы (зоопланктона) в связи с уменьшением стока от 1955 к 1961 г. отмечена...».

Из приведенных суждений, по нашему мнению, вытекают следующие заключения.

1. Количественных характеристик влияния тех или иных элементов стока Волги на биомассу зоопланктона Северного Каспия слишком мало, чтобы составить полное представление о том, какой из них (или группа) является ведущим (определяющим, основным) в этом плане.

2. Приводимые связи могут не отражать действительных явлений (влияния), так как, с одной стороны, большинство из приводимых численных характеристик близки по величине, а с другой стороны, многие элементы стока (паводка) взаимосвязаны и говорить о преимущественном влиянии какого-либо из них без рассмотрения всего комплекса этих элементов, трудно. Это не просто и при комплексном рассмотрении, но в этом случае можно выделить (с количественной стороны) какой-то элемент стока как наиболее эффективный параметр, характеризующий изменение биомассы зоопланктона.

3. Необходимо отдельно рассматривать ежегодные и многолетние изменения биомассы зоопланктона и факторов, их определяющих, так как коэффициент корреляции и сопутствующие ему параметрические оценки не могут быть объективными для ограниченных временных рядов и, тем более — для рядов с резко выраженными однонаправленными отклонениями за короткий период времени.

Была сделана попытка, во-первых, выделить влияние различных элементов стока Волги на ежегодные изменения биомассы зоопланктона Северного Каспия, и, во-вторых, рассмотреть это влияние в комплексном виде. Поскольку выделить ежегодные изменения строгими математическими методами при пропусках в рядах наблюдений трудно, сопоставляли ряды изменений биомассы зоопланктона и элементов стока Волги в тенденциях отклонений каждого данного года от предыдущего, а тесноту связи сравниваемых характеристик выражали числом вероятности совпадения или несовпадения этих тенденций (таблица).

Комплексность рассмотрения влияния элементов стока на изменение биомассы зоопланктона была достигнута матричной формой записи величин вероятностей, характеризующих однонаправленность или разнонаправленность влияния того или иного элемента стока на ежегодные изменения биомассы зоопланктона. Количественные изменения зоопланктона характеризовались изменением его средней биомассы в июне и августе, на западе, востоке и в среднем по Северному Каспию.

Матричная форма записи величин вероятности позволила получить и некоторые статистические характеристики, полезные именно при комплексном рассмотрении влияния различных элементов стока Волги на изменения биомассы зоопланктона Северного Каспия. Например, подсчитанные по вертикали средние абсолютные величины вероятностей могут говорить о степени влияния того или иного элемента стока Волги на изменения всей группы характеристик зоопланктона. Количество случаев связей с положительным и отрицательным знаками ($n+$ и $n-$), суммы вероятностей $P+$ и $P-$ позволяет судить о преобладании положительного или отрицательного влияния того или иного элемента стока, а отношение сумм положительных и отрицательных вероятностей — о степени этого преобладания.

Те же величины, подсчитанные по горизонталям, характеризуют степень и направленность влияния всех рассматриваемых элементов стока Волги на конкретную характеристику зоопланктона.

Все исходные данные и сведения относительно количественных изменений зоопланктона Северного Каспия и их причин взяты из работ Чугунова (1923), Лесникова, Матвеевой (1959), Кун (1967), Курашовой (1971).

Большое количество числовых характеристик связей позволило группировать их по тем или иным признакам. Лучший результат, как видно из таблицы, дала территориальная и сезонная группировка. Этот факт говорит о том, что в большинстве случаев ежегодные изменения основных элементов стока Волги вызывают однонаправленные изменения основных групп зоопланктона Северного Каспия; ранее было установлено, что это же происходит и с многолетними изменениями (Тимофеев, 1972).

Из таблицы видно, что лишь в очень немногих случаях вероятности совпадения или несовпадения тенденций достигает 80%. Тем не менее почти для каждой характеристики зоопланктона можно подобрать параметр стока, на 70—80% определяющий ее ежегодные изменения (см. таблицу). Так, изменение биомассы копепоид на западе в июне в 78% случаев связано отрицательно с ранним началом половодья и положительно — со скоростью спада паводковой волны, кладоцер — в 78% случаев — со скоростью подъема паводковой волны и т. д. Подробнее конкретные связи рассматривать, видимо, не стоит, так как в таблице все они охарактеризованы. Прокомментируем действие каждого параметра стока на все группы зоопланктона. Наибольший интерес при этом представляет ранжирование параметров стока по их действию на зоопланктон.

Район	Зоопланктон	№ п/п	Сток Вол							
			в марте	за год	величина	начало	конец	продолжи- тельность	пик	
									величина	дата
			1	2	2	4	5	6	7	8
Северный Каспий	Июнь									
	Копеподы	1	-61	-65	-70	-65			-61	50
	Кладоцеры	2	-65	-56	50	-57			50	-72
	Коловратки	3	-56	50	50	50			50	50
	Всего	4	-65	50	50	+56			50	-66
	Копеподы	5	+55	-70	-74	-64			-69	50
	Кладоцеры	6	-74	-59	-64	-55			-56	-56
	Коловратки	7	+55	-59	-64	-59			-64	-59
	Всего	8	-55	-70	-75	50			-74	50
	Копеподы	9	50	-65	-70	-70			-70	50
	Кладоцеры	10	-61	50	50	-57			+56	-65
	Коловратки	11	-70	50	+57	50			+57	-65
	Всего	12	50	+57	50	50			50	-57
Северный Каспий	Август									
	Копеподы	13	+64	-64	-75	-60	-70	-74	-56	-67
	Кладоцеры	14	+64	-55	-55	50	-70	-55	-55	+56
	Коловратки	15	+59	50	-65	+55	-67	+56	-70	-55
	Всего	16	+80	50	-60	+60	-64	50	50	50
	Копеподы	17	-56	-67	-56	-61	50	-60	-67	50
	Кладоцеры	18	-61	-56	+55	50	50	+55	-67	50
	Коловратки	19	+56	-72	-72	-56	50	-61	-72	+56
	Всего	20	-56	-61	+56	-56	+61	+56	-67	-60
	Копеподы	21	+60	-68	-65	-64	-64	-77	-64	-56
	Кладоцеры	22	+55	+55	50	+55	-61	+56	-56	-56
	Коловратки	23	50	50	-64	-59	-56	-55	+55	-64
	Всего	24	+59	-60	-60	-64	-70	-64	+55	-60
	$ \bar{P} _{1-24}$	25	59,9	58,7	60,7	57,2	61,1	59,9	60,0	56,8
	n+	26	10	2	3	4	1	4	4	2
	n-	27	11	15	15	13	8	7	15	14
	$\Sigma P+$	28	607	112	168	226	61	223	223	112
	$\bar{P}+$	29	60,7	56,0	56,0	56,6	61,0	55,8	55,8	56,0
	$\Sigma P-$	30	680	947	989	847	522	446	968	851
	$\bar{P}-$	31	61,8	63,1	65,9	65,2	65,2	63,8	64,5	60,8
	$\Sigma P \pm / \Sigma P \pm$	32	-1,1	-8,4	-5,9	-3,7	-8,6	-2,0	-4,3	-7,6

поводье														
подъем		спад		продолжи- тельность залива- ния 50%	сток									
сутки	см/сутки	сутки	см/сутки		P-PO ₄	взвешен- ных ве- ществ	$\bar{P}$	n+	n-	ΣP^+	$\bar{P}^+$	ΣP^-	$\bar{P}^-$	$\Sigma P^{\pm}/\Sigma P^{\mp}$
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
50	-56	-65	+78	-67	50	-57	61,2	1	9	78	78,0	567	63,0	-7,3
50	-70	50	-56	-56	+60	-67	57,6	1	8	60	60,0	489	61,1	-8,2
50	+56	+56	50	50	-60	+56	52,6	3	2	168	56,0	116	58,0	+1,4
+70	-61	+57	50	-56	+56	+61	57,5	5	4	300	60,0	248	62,0	-1,2
-55	-65	-65	+76	+60	-55	-77	64,2	3	9	191	63,6	594	66,0	-3,1
50	-59	-60	-55	50	50	-70	58,3	0	10	0	0	608	60,8	-∞
+55	-74	-64	+73	-64	+55	-76	63,2	4	9	238	58,5	583	64,8	-2,4
-55	-64	-64	+72	-74	+55	-70	63,7	2	9	127	63,5	601	66,6	-4,7
50	-64	-64	+74	-70	50	-72	63,0	1	8	74	74,0	545	68,1	-7,4
50	-65	50	-56	-66	50	-62	56,8	1	7	56	56,0	432	61,7	-7,7
+56	50	+56	-55	-56	50	50	55,5	4	4	226	56,5	246	61,5	-1,1
+62	-61	+56	50	50	50	-56	53,8	3	3	175	58,3	174	58,0	1,0
+56	-55	-73	+64	-70	-59	-71	64,7	3	12	184	61,3	787	65,6	-4,3
+56	+56	-61	-56	-60	+55	50	56,9	5	8	287	57,4	466	58,2	-1,6
+55	-64	50	-55	-60	-70	-58	59,3	3	10	169	56,3	620	62,0	-3,7
+60	50	-56	50	-57	-60	50	56,5	3	5	200	66,7	297	59,4	-1,5
-56	-56	-61	-61	-61	-72	-61	59,7	0	13	0	0	795	61,2	-∞
50	-56	+56	-73	50	-56	+61	57,1	4	6	227	56,8	379	63,2	-1,7
-67	50	-61	-56	-67	-78	-78	63,5	2	11	112	56,0	740	67,3	-6,6
50	-56	+56	-67	50	-61	50	57,5	4	8	229	57,2	484	60,5	-2,1
+56	-65	-78	+65	-67	+60	-71	65,0	4	11	241	60,2	734	66,7	-3,0
+68	-55	-60	-57	50	+55	+57	56,4	7	6	401	57,3	345	57,5	+1,2
+68	-78	-67	50	-55	50	-60	58,8	2	9	123	61,5	559	62,1	-4,5
+59	-64	-82	+68	-64	+65	-70	64,3	5	10	306	61,2	658	65,8	-2,2
56,4	60,4	61,0	61,1	59,5	58,0	62,5								
12	2	6	8	1	8	4								
4	19	15	11	17	9	16								
721	112	337	570	60	461	235								
60,1	56,0	56,2	71,2	60,0	57,6	58,8								
233	1188	976	647	1070	582	1067								
58,2	62,5	65,1	58,8	62,9	64,6	66,6								
+3,1	-10,6	-2,9	-1,1	-17,8	-1,3	-4,5								

Анализируя численные характеристики связей, мы имели в виду, что сток Волги может влиять на количественное развитие зоопланктона Северного Каспия в основном через вынос в море волжского детрита и живого фитопланктона, через влияние на количественное развитие фитопланктона Северного Каспия и через скорость потока волжских вод. Понятно, что чем интенсивнее развивается половодье, т. е. чем больше скорость подъема и спада паводковой волны, тем быстрее и в большем количестве волжские воды выносятся в Средний Каспий, что лишает акваторию Северного Каспия (особенно его восточную часть) их положительного влияния.

Из таблицы следует, что увеличение стока в марте почти во всех случаях вызывает уменьшение биомассы зоопланктона в июне, а на востоке и в августе и увеличение ее на западе в августе. Таким образом, вывод Кун (1965) о положительном влиянии увеличения стока Волги в марте на биомассу зоопланктона в июне не подтверждается. Различие действия этого фактора в июне и августе проявляется настолько четко, что не может быть случайным. Однако обосновать его мы пока не можем. Тем не менее, величины вероятностей позволяют говорить о возможности по величине мартовского стока Волги предсказывать тенденции изменения биомассы зоопланктона в августе в западной части моря или в целом по Северному Каспию.

Характеристики связей ежегодных изменений биомассы зоопланктона с величиной паводка Волги показывают, что вывод Лесникова и Матвеевой (1959) об отрицательном влиянии увеличения стока Волги в половодье на количественное развитие зоопланктона во всех случаях подтверждается только для копепоид, а для других групп — на востоке в июне и в большинстве случаев в августе. Изменения биомассы кладоцер, коловраток и суммарной биомассы бентоса в июне на западе и по Северному Каспию в целом не связаны с величиной паводка Волги. В то же время из концепции Лесникова и Матвеевой следует, что при увеличении паводка биомасса зоопланктона уменьшается в основном из-за размывания продуктивной зоны усиливающимся потоком волжских вод и выносом зоопланктона в Средний Каспий. Понятно, что этот эффект не закономерен для восточной части моря, где прямой поток волжских вод почти отсутствует, и августовского планктона, развивающегося вне прямого влияния паводковых вод. Наши же расчеты показали, по существу, обратную картину, т. е. отсутствие влияния величины волжского паводка в июне на западе (за исключением копепоид) и отрицательные связи в июне на востоке и в августе — по всему району.

Не подтвердилось и мнение Кун (1965) о том, что увеличение стока в половодье положительно влияет на количественное развитие зоопланктона. Отсутствие связей в июне на западе можно, видимо, объяснить нейтрализующим действием положительных и отрицательных черт половодья. Отрицательные же связи на востоке в июне и по всему району в августе можно объяснить только тем, что положительное влияние паводка Волги в этом случае невелико и перекрывается действием других факторов.

Начало паводка Волги, как показывают величины вероятностей (положительными считались отклонения в сторону более раннего паводка), в большинстве случаев не оказывает значительного влияния на ежегодные изменения биомасс зоопланктона. Со времени же окончания половодья (естественно, что влияние его может сказываться на биомассе зоопланктона только в августе) связь между этими изменениями на западе оказалась отрицательной. На востоке эта связь не проявляется. Связь (отрицательная) изменения биомасс зоопланктона с величиной пика половодья наиболее четкой оказалась как раз на востоке. Время

наступления максимальных уровней половодья, очевидно, не играет существенной роли в развитии зоопланктона, но преобладает отрицательное влияние раннего пика.

Как и предполагалось, длительность подъема воды в половодье и меньшая его скорость положительно влияют на количественное развитие зоопланктона. Влияние спада здесь во многих случаях обратное.

Сколько-нибудь заметной положительной связи количественного развития зоопланктона со стоком минерального фосфора в ежегодном аспекте обнаружено не было. Довольно четко проявляются отрицательные связи между развитием зоопланктона и стоком взвешенных веществ. Очевидно, роль органического вещества, выносимого волжскими водами в половодье со взвезями, в питании зоопланктона невелика по сравнению с фитопланктоном Северного Каспия.

Ранжирование элементов паводка по их абсолютному влиянию на все рассматриваемые группы зоопланктона (по средним абсолютным величинам вероятностей) позволило поставить на первые места сток взвешенных веществ, конец половодья, интенсивность спада и подъема паводковой волны и величину стока Волги в половодье (гр. 25); по положительному влиянию — скорость спада половодья и продолжительность подъема воды (гр. 29); по отрицательному влиянию — сток взвешенных веществ, величину половодья, конец половодья и продолжительность спада паводковой волны (гр. 31). По преобладанию отрицательного влияния, как и предполагалось, первое место занимает скорость подъема паводковой волны (гр. 27, 32).

Оценка совокупного действия всех рассматриваемых элементов паводка на отдельные группы зоопланктона (гр. 16—23) показала также преобладание отрицательного влияния (гр. 17, 18, 23). В наибольшей мере комплексному воздействию стока Волги (по абсолютной величине) подвержены копеподы на западе в августе, на востоке в июне, коловратки на востоке в июне и августе. Все или почти все элементы паводка отрицательно влияют на изменение биомасс: на востоке — кладоцер в июне и копепод в августе; на западе и по Северному Каспию в целом — копепод и кладоцер в июне. В наибольшей степени этому влиянию подвержены копеподы Северного Каспия в июне и августе (гр. 22).

Выводы

1. Сопоставление тенденций ежегодных изменений биомасс зоопланктона Северного Каспия и различных элементов стока Волги в половодье позволило получить эффективные числовые оценки связей этих изменений, дающих возможность предсказывать тенденцию изменения биомассы какой-либо группы или вида зоопланктона в отдельных районах или по всему Северному Каспию в июне и августе.

2. Матричная форма записи величин вероятностей, характеризующих процент совпадения или несовпадения тенденций, позволила выполнить ранжирование элементов стока по величине их абсолютного, положительного и отрицательного влияния на изменение биомасс всего комплекса рассматриваемых видов и групп зоопланктона, а также ранжирование видов и групп зоопланктона по величине воздействия на них всех рассматриваемых элементов стока Волги.

3. В значительном большинстве случаев связи ежегодных изменений биомасс зоопланктона Северного Каспия и различных элементов стока Волги оказались отрицательными.

4. Наиболее четко выраженное отрицательное влияние на изменение биомасс зоопланктона Северного Каспия оказывает увеличение скорости подъема паводковой волны.

5. В наибольшей степени отрицательному влиянию паводка Волги подвержены копеподы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Кун М. С. Планктон Каспийского моря в условиях зарегулирования стока Волги. В кн. «Изменение биологических комплексов Каспийского моря за последние десятилетия» М., «Наука», 1965, с. 54—98.

Курашова Е. К. Состояние зоопланктона Северного Каспия за период с 1962 по 1967 г. Труды КаспНИРХ, 1971, т. 26, с. 83—99.

Лесников Л. А., Р. П. Матвеева. О характере влияния волжского стока на зоопланктон Северного Каспия. Труды ВНИРО, 1959, т. 38, вып. 1, с. 161—203.

Тимофеев Н. А. О влиянии абиотических условий на зоопланктон Северного Каспия. Труды ВНИРО, 1972, т. 87, с. 51—58.

Чугунов Н. Л. Опыт количественного исследования продуктивности донной фауны в Северном Каспии и типичных водоемах дельты Волги. Труды Астраханской ихтиологической лаборатории, 1923, т. 5, вып. 1, с. 4—36.

On some results of investigations of the influence of the Volga runoff on annual fluctuations in the biomass of zooplankton from the North Caspian Sea

N. A. Timofeev

SUMMARY

The comparison of trends showing annual fluctuations in the biomass of zooplankton from the North Caspian Sea and elements of the Volga runoff in high water has resulted in effective evaluation of the relationship between the fluctuations which makes it possible to predict trends in fluctuations in a group or species of zooplankton in certain areas or all over the North Caspian Sea in June and August.

The matrix form of registration of probability values which characterize the percentage of agreement or disagreement among trends allows for ranging elements of the Volga runoff according to the values of the their absolute, positive or negative effects on fluctuations in the biomass of the whole complex of the species and groups of zooplankton under consideration as well as for ranging species and groups of zooplankton according to the extent of influence inflicted by all elements of the Volga runoff. In most cases the relationships of annual fluctuations in the biomass of zooplankton and runoff elements have been found to be negative. The most distinct negative effect on changes in the biomass of zooplankton of the North Caspian Sea inflicts acceleration of the speed of rise of the flood wave and copepods are most drastically affected by the Volga flood.