

УДК 626.88+577.472(282.247.4)

ВЛИЯНИЕ ЗАРЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА РЕКИ ВОЛГИ НА БИОСТОК И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЕЕ ДЕЛЬТЕ

К. В. ГОРБУНОВ

Астрыбвтуз

Падение уровня Каспия и зарегулирование стока Волги, особенно после вступления в действие Куйбышевской и Волгоградской ГЭС, оказало значительное влияние на гидрологический (термический, уровеньный) режим водоемов низовьев Волги, ее дельты и авандельты. Площадь покоев, образующихся в период весенне-летнего половодья, сократилась, изменились состав и распределение наземной и водной растительности, усилились процессы засоления почвенного покрова дельты, деградация тростниковых зарослей, в низовьях дельты распространилась растительность полупустынного характера.

В подводной части дельты — в култушной зоне и авандельте — в 1930—1941 гг. образовались многочисленные острова и на огромном пространстве перед устьями рек начался процесс заиления — обогащение грунтов частицами мелких фракций. В связи с этим произошло обогащение биогенными элементами двухсантиметрового слоя грунта предустьевой платформы дельты. Создались физиологические предпосылки для изменения растительного покрова в этой зоне. На смену водным растениям с невысокой биомассой (валлиснерия, рдесты и др.) пришли растения, способные накапливать большую биомассу, у которых корневое питание играет главную роль (сусак, чилим, рогоз, тростник). Количество биогенов в растительной биомассе новых зарослей должно было также увеличиться. Следовательно, период заиления и зарастания прибрежных мелководий култушной зоны и авандельты оказался периодом аккумуляции биогенных веществ в грунте и во вновь образовавшихся зарослях корневищных гидромакрофитов. Редкие заросли ежеголовника прямого со временем стали гуще и оказывают влияние на гидростатистические условия стока воды в авандельте, удерживая в верхней ее части массы воды во второй половине лета и осени, что способствует некоторому перераспределению водного стока в мелких и крупных протоках дельты Волги и созданию подпора.

Распределение по разным частям дельты Волги первичной продукции связано с характером образования пойменных систем, зарастанием их макрофитами и со сроками затопления. Пойменные водоемы

Волго-Ахтубинской поймы и верхней зоны дельты Волги более глубоководные по сравнению со средней и нижней зонами дельты, но период существования их менее продолжителен. В этих водоемах водные биоценозы лучше снабжаются аллохтонными веществами во время весеннего половодья; показатели напряженности первичной продукции высокие.

Наши исследования, проводимые на протяжении ряда лет, показали, что все водоемы, в которых отсутствуют заросли высших растений (протоки, открытые култуки, открытая авандельта), имеют первичную продукцию в пределах 265—549 ккал/м² в год (0,72—1,5 ккал/м² в сутки). По сравнению с данными Е. Одума (1968) по первичной продукции их продуктивность должна быть приравнена к продуктивности мезотрофных озер или пустынных ландшафтов суши. Жизнь в этих водоемах находится в большой зависимости от притока аллохтонного органического вещества из поймы Волги и водоемов дельты, заросших макрофитами. Особенно велика в этом роль поймы Волги. Водоемы, заросшие макрофитами — островные полои, култуки, прибрежье авандельты, ильмени, — имеют суммарную продукцию в пределах 785—5837 ккал/м² в год, причем главную ее часть составляет продукция макрофитов. По своей первичной суммарной продукции за год эти водоемы могут быть приравнены к эвтрофным озерам и близким к ним по продуктивности прудам первой и второй категории, дающими соответственно 70—85 кг/га рыбы.

Особенно важной и эффективной частью первичной продукции водных экосистем является та ее часть, которая образуется непосредственно в воде в результате развития микроскопического фитопланктона. Трофическая цепь, основывающаяся на этой части первичной продукции, отличается наиболее высоким экономическим коэффициентом.

Показателем напряженности жизненных процессов в водной массе может служить интенсивность деструкции органического вещества, которая выражается в ккал на 1 м² пойменного водоема за сутки. Наблюдения, проведенные в 1967—1968 гг. в разных участках дельты Волги, после некоторого усреднения полученных данных показали, что в год низкого обводнения (1967 г.) и в год более высокого затопления дельты (1968 г.) в верхней ее зоне, на полях участка Верхне-Лебяжьего, напряженность процессов деструкции была самой высокой и наблюдалась общая тенденция постепенного уменьшения среднесуточной деструкции в нижерасположенных зонах дельты Волги (табл. 1). Аналогичную закономерность распределения по полям дельты имеет и первичная продукция.

Следует отметить, что, по данным А. А. Косовой, такой же закономерности подчинено и распределение зоопланктона. Это можно объяснить тем, что аллохтонные питательные вещества, принесенные с водными массами из поймы Волги, по мере продвижения их по дельте постепенно расходуются на биологические процессы в период весенне-летнего половодья. Нижерасположенные зоны, вероятно, нуждаются в удобрении. Мысль о целесообразности внесения удобрения для Северного Каспия в районе истоков реки Бузан высказывал Ю. Ю. Марти (1972). Такое удобрение повысило бы общую продуктивность дельтовых пойменных систем.

Соотношение между валовым фотосинтезом и деструкцией показывает, что в водоемах Верхне-Лебяжьего имеют место случаи преобладания фотосинтеза над деструкцией. В нижерасположенных зонах, в пойменных водоемах в большинстве случаев деструкция выше фотосинтеза. Это свидетельствует о возрастании в таких водоемах роли

Таблица I

Усредненные показатели первичной продукции, деструкции и бактериальной продукции в пойменных водоемах различных зон

Год	Число дней	Средняя глубина, см	Фото-синтез	Деструкция	Бактериальная продукция	Фото-синтез	Деструкция	Бактериальная продукция
			ккал/м ² в сутки			ккал/м ² в сезон		
<i>Верхняя зона (Верхне-Лебяжье)</i>								
1967	28	46,6	5,20	3,3	0,135	145,5	93,2	3,76
1968	52	104,2	7,30	8,4	0,527	380,6	439,0	27,44
<i>Средняя зона (западная часть, «Кирпичный»)</i>								
1967	39	31,6	1,50	1,1	0,078	60,0	43,3	3,03
1968	57	46,2	0,90	1,0	0,233	51,1	59,8	13,29
<i>Средняя зона (восточная часть, «Ямное»)</i>								
1967	33	25,6	2,80	1,6	0,137	92,6	53,4	4,53
1968	53	53,9	3,70	2,5	0,140	194,0	132,5	7,41
<i>Нижняя зона (Трохизбинский участок)</i>								
1967	39	29,6	0,70	1,4	0,072	27,1	53,0	2,82
1968	59	36,1	3,90	1,9	0,096	231,4	112,0	5,65
<i>Нижняя зона (Обжоровский участок)</i>								
1967	40	19,0	1,10	1,8	0,163	44,9	72,8	6,53
1968	60	25,9	0,50	2,1	0,067	29,0	121,9	4,04
<i>Приморская зона</i>								
1967	365	33,3	0,50	0,70	0,207	195,4	255,4	75,73
IV—VI	91	58,8	1,90	2,50	0,598	173,0	227,6	54,39
1968	366	47,7	0,30	0,4	0,303	111,8	131,8	110,85
IV—VI	91	86,2	1,20	1,3	0,860	109,1	118,2	78,22

аллохтонного органического вещества в общем метаболизме организмов планктона. В среднем за два года (1967 и 1968) в поймах Верхне-Лебяжьего фотосинтез был больше деструкции. В поймах нижней зоны аллохтонные органические вещества обеспечивают 7,3% всего метаболизма, в култушной зоне — 21%, а в протоке Быстрой — 72,5%. Можно отметить тенденцию возрастания относительной роли аллохтонного органического вещества в воде нижерасположенных зон. Очевидно, это обусловлено относительным обилием зарослей высших водных растений, особенно в тростниковой зоне.

Представляют интерес данные об использовании суммарной солнечной радиации в первичной продукции планктона водоемов различных зон дельты Волги (табл. 2).

Как видно из табл. 2, в верхней зоне дельты Волги использование солнечной радиации при образовании первичной продукции достигает 0,10—0,13%. В других зонах дельты этот показатель не превышает сотых долей процента.

Очевидно, в водоемах Волго-Ахтубинской поймы экологические условия развития фитопланктона более благоприятны, чем в нижерасположенных зонах, что связано с обеспеченностью фитопланктона биогенами.

Использование солнечной радиации в первичной продукции планктона различных зон дельты Волги

Зона дельты	1967				1968			
	число дней затопления	суммарная радиация*, ккал/м ²	первичная продукция, ккал/м ²	использование солнечной радиации, %	число дней затопления	суммарная радиация*, ккал/м ²	Первичная продукция, ккал/м ²	использование солнечной радиации, %
Верхняя	28	146 000	145,5	0,10	52	290 000	380,6	0,13
Средняя	39	203 000	60,0	0,03	57	320 000	51,1	0,02
Нижняя	39	204 000	27,1	0,01	59	330 000	231,4	0,07
Култучная	365	1 116 000	195,1	0,02	366	1 234 000	111,8	0,01

* По данным областной УГМС за соответствующие дни периода затопления.

Динамика первичной продукции во времени очень тесно связана с интенсивностью солнечной радиации и в значительной степени с концентрацией фитопланктона. Корреляционный анализ месячной суммарной радиации и величин первичной продукции на материале 84 месяцев (7 лет) позволил рассчитать коэффициент корреляции, равный 0,584, который достоверен на 99%-ном уровне ($r_{\text{мин}}=0,280$)*. Коэффициент корреляции первичной продукции с биостоком водорослей (и с концентрацией фитопланктона) за эти годы оказался равным 0,327 (уровень достоверности тот же). Однако, несмотря на положительную корреляцию, пропорциональной зависимости между этими явлениями не наблюдается. Период наивысшей активности размножения фитопланктона приходится на июнь, когда его биомасса еще далека от максимума. Наиболее высокая первичная продукция в пойменных водоемах дельты Волги (выше 7 ккал/м² день) приходится на дни с суммарной солнечной радиацией, равной 5—6 тыс. ккал/м² в день. Очевидно, увеличение интенсивности радиации сверх указанной величины вызывает известную депрессию фотосинтеза. В связи с этим некоторое затенение водной поверхности в искусственных рыбоводных водоемах (посадка деревьев по берегам и т. п.) целесообразна в условиях избытка солнечного освещения. Суточный коэффициент фитопланктона П/Б (отношение продукции к биомассе) колеблется в пределах 0,01—8,0, среднее значение 1,48.

В качестве трофической основы кормовой базы рыб в водоемах большее значение может иметь также бактериальная продукция. В табл. 1 приведены усредненные показатели бактериальной продукции, полученные по методу прямого счета с применением сокращенной формулы $P = (\ln 2) bn$ (b — средняя биомасса бактерий в водоеме; n — число генераций бактерий в сутки, определенное в воде, профильтрованной через сито из мельничного газа № 25/77, $\ln 2 = 0,693$). Принималось, что водные бактерии содержат 10% сухого вещества, в котором 55% углерода, плотность сухого вещества бактерий, по данным В. И. Романенко, Э. Г. Добрынина (1972), принимали равным 1,55.

* $r_{\text{мин}}$ берется по таблицам и зависит от числа степеней свободы ($n-2$) и уровня вероятности (Ашмарин, Воробьев, 1962).

Суточные П/Б коэффициенты бактериальной продукции в различных водоемах дельты Волги и авандельты в различные сроки колебались в пределах 0,01—5,3, соответственно число генераций в сутки колебалось от 0,018 до 7,7, а время генераций от 1300 до 3,1 ч. До 1958 г. были случаи, когда число генераций достигало 12 в сутки, а время генераций соответственно уменьшалось до 2 ч.

Доля бактериальной продукции по отношению к суммарной деструкции в различных водоемах дельты весьма различна, однако наблюдается тенденция увеличения ее в нижерасположенных зонах, что связано с повышением роли органического аллохтонного вещества, поступающего из зарослей макрофитов в воду (табл. 3).

Таблица 3

Суммарная первичная продукция планктона, деструкция и бактериальная продукция в разных зонах дельты Волги в 1967 и 1968 гг. (в млрд. ккал на зону в год)

Зона дельты Волги	Загаживаемая площадь, км ²	Число дней затопления	Фотосинтез, млрд. ккал на зону	Деструкция, млрд. ккал на зону	Бактериальная продукция		
					млрд. ккал на зону	% к первичной продукции	% к деструкции
1967							
Верхняя	740	28	108	68	2,80	2,60	4,12
Средняя	530	36	43	27	2,10	4,88	7,76
Нижняя	930	40	32	57	4,02	12,60	7,05
Приморская	1820	365	356	463	138,00	38,80	29,80
Вся дельта	4020	—	539	615	147,00	27,30	23,90
1968							
Верхняя	1210	52	461	531	33,30	7,23	6,27
Средняя	755	55	102	76	7,46	7,30	9,82
Нижняя	1260	60	179	149	7,19	4,02	4,78
Приморская	2220	366	248	291	246,30	99,30	84,40
Вся дельта	5445	—	990	1047	294,25	29,80	28,20

Роль бактериальной продукции по сравнению с первичной также увеличивается от верхних участков к нижним и особенно велика в приморской зоне, где в отдельные годы она может быть почти равна первичной продукции.

Изучение участия различных физиологических групп бактерий показало, что во всех водоемах господствует аэробный процесс; в водной массе экономический коэффициент отличается относительно высокими показателями. Менее экономно используется энергия в бентических комплексах, формирующихся на основе аэробной трансформации клетчатки. Самый низкий выход биологической продукции приурочен к анаэробным биоценозам.

Характер господствующих бактериальных комплексов и интенсивность потока энергии в бактериальном звене получают отражение в биологической продуктивности всего биоценоза. Наиболее экономно используется энергия в планктонных комплексах, где бактерии трансформируют растворенные органические вещества при высоком коэффициенте использования энергии; выход биологической продукции относительно

высок. В этих комплексах многие виды животных способны в короткие отрезки времени давать сильные вспышки развития. Менее экономично используется энергия в бентических комплексах, формирующихся на основе аэробной трансформации клетчатки. Этим комплексам свойствен умеренный и растянутый во времени выход биологической продукции. Самый низкий выход биологической продукции приурочен к анаэробным биоценозам, в которых использование клетчатки бактериями протекает при весьма низком экономическом коэффициенте. По-видимому, в истинно анаэробных условиях продукция животных равна нулю.

Как изменится продукционная способность водоемов дельты Волги после введения в строй вододелителя?

Как известно, работа вододелителя гарантируется при высоте половодья 276 см по Астраханской рейке и попуске 24 тыс. м³/с. При этом будет создана полойная система во всех зонах восточной части дельты и будет удовлетворительно затоплена приморская зона в западной части дельты. В сумме это составит 3980 км². Можно подсчитать, что если напряженность процессов первичного продуцирования и ход бактериальной продукции будут соответствовать приведенным выше данным, то следует ожидать, что суммарная первичная и бактериальная продукция на площади всей дельты Волги несколько превысят показатели, характерные для 1967 г., но будут ниже показателей 1968 г.

Способность водоемов обеспечивать воспроизводство запасов промысловых рыб, по-видимому, зависит от степени развития их трофической базы, поэтому после введения в действие вододелителя нет основания ожидать урожаев молоди рыб, превышающих те, которые имели место в 1968 г. на площади всей дельты. Для повышения трофической основы необходимо искать пути активного на нее воздействия, возможно, путем внесения удобрений в верховьях реки Бузан. Этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Интегральным показателем хода биологических процессов в водоемах дельты может служить биосток — суммарная биомасса организмов, проносимых через створ проточного водоема в единицу времени.

Постоянный сток живых организмов в протоках дельты Волги является своеобразным компонентом биогеоценоза, постоянно движущимся в сторону моря под действием течения реки. Биосток характеризует продуктивность биологических процессов в бассейне Волги в данный период. Уловы промысловых, особенно полупроходных, рыб являются отдаленным во времени следствием условий воспроизводства и ската молоди рыб.

Для расчета биостока были использованы наши многолетние определения концентрации бактериопланктона и фитопланктона, материалы гидробиолога Астраханского заповедника А. А. Косовой по зоопланктону, данные гидролога Астраханского заповедника А. В. Москаленко, а также различные литературные источники. Суммированные материалы обработаны математически.

В табл. 4 приведен годовой биосток протока Быстрой. Основными компонентами биостока являются бактерии, водоросли и зоопланктон.

После вспышки в первые годы зарегулирования стока у Волгограда наблюдалась общая тенденция к снижению суммарного биостока. К 1969 г. он уменьшился на 60%. При этом биосток бактерий сократился на 68%, зоопланктона — на 94%, биосток водорослей возрос на 49%, но в последние годы возникла тенденция к его сокращению.

Влияние общего стока воды на биосток. После зарегулирования стока у Волгограда в маловодные годы (менее 220 км³ в год в русле Волги) биосток был низким (1964, 1967). Продуктивные по

Биосток протока Быстрой в створе № 3

Год	Характеристика года	Жидкий сток, км ³		Годовой биосток, т				Средняя годовая концентрация биомассы организмов, г/м ³
		у Волгограда	Быстрой	водоросли	бактерии	зоопланктон	весь биосток	
1958	Многоводный	290,0	3,784	1016	5081	1955	8 052	2,128
1959	Маловодный	225,6	3,154	2396	8964	249	11 609	3,681
1960	»	200,0	3,031	1800	3646	152	5 598	1,846
1961	Средний	228,6	3,268	1957	6778	434	9 169	2,806
1962	»	243,4	3,377	3830	5017	778	9 625	2,850
1963	Многоводный	258,6	3,735	1760	2676	234	4 670	1,250
1964	Маловодный	216,4	2,983	1747	1758	72	3 577	1,199
1965	»	224,92	2,790	1530	1689	212	3 431	1,230
1966	Многоводный	295,95	3,246	9100	1755	1371	12 226	3,766
1967	Маловодный	180,61	2,496	1527	675	198	2 400	0,962
1968	»	221,89	2,680	1180	1069	282	2 531	0,944
1969	»	221,37	2,800	1516	1584	123	3 223	1,151

Примечание. Маловодные годы — менее 228 км³ в год. По стоку у Волгограда 1966 г. — самый многоводный, а по стоку протоки Быстрой — средний. Разница в оценке водности объясняется существенным перераспределением стока между мелкими, средними и крупными водотоками дельты Волги, зависящим от общего объема водного стока и зарастания макрофитами устьевых пространств дельты.

биостоку годы (1966, 1961, 1959, 1962) имели высокую годовую водность. Регрессия выразилась уравнением

$$y = -8,54 + 0,0636x;$$

$$\bar{s}_{yx} = \pm 3,05; r_{xy} = 0,593; r^2 = 0,352,$$

где x — общая водность лет по стоку у Волгограда, км³;

y — биосток протока Быстрой, тыс. т/год;

s_{yx} — стандартная ошибка регрессии;

r_{xy} — коэффициент корреляции.

Оптимальным по водному стоку реки Быстрой в этот период был 1966 г., а за период половодья (апрель, май, июнь) — 1959, 1960, 1961 и 1962 гг., имевшие относительно высокую водность в половодье (35—48% общегодового стока). Влияние отклонения величины водного стока от объема оптимального водного стока 1966 г. на величину годового биостока характеризуется следующим уравнением регрессии:

$$y = 10,90 - 15,22x;$$

$$\bar{s}_{yx} = \pm 0,79; r_{xy} = -0,979; r^2 = 0,96,$$

где x — отклонение объема водного стока протоки Быстрой от оптимального, км³.

Водный сток 1966 г. у Волгограда составил около 295 км³ в год.

Наибольшие показатели биостока водорослей и зоопланктона отмечены в годы с расходом воды у Волгограда в пределах 225,6—295,9 км³ в год (по протоку Быстрой — 3—3,4 км³ в год). Биосток бактерий был максимальным в 1959, 1961 и 1962 гг. при водности этих лет у Волгограда между 225—245 км³. Высокие показатели биостока бактерий в эти годы объясняются «эффектом затопления» чаши Волгоградского водохранилища. Все продуктивные годы отличались высокой водностью в

половодье: от 35 до 48% за половодье (IV—VI) к общему годовому водному стоку, т. е. не менее 142 км³.

Влияние сроков и длительности затопления полей на биосток. Путем построения корреляции между биостоком и длительностью затопления от его начала до 1 июня было получено следующее уравнение регрессии:

$$y = -3,95 + 0,38x; \quad \bar{s}_{yx} = 2,357;$$
$$r_{xy} = 0,783; \quad r^2 = 0,61,$$

где x — число дней затопления от начала до 1 июня;
 y — суммарный биосток протоки Быстрой.

Годы с более ранним затоплением (1958, 1959, 1961, 1962, 1966) оказались и более продуктивными до биостока. Обнаружилась достоверная связь с длительностью затопления в ранний период — до 1/VI. При этом, по данным за 12 лет, коэффициент корреляции $r_{xy} = 0,783$, $r^2 = 0,61$ ($r_{\text{мин}} 95\% = 0,589$, $r_{\text{мин}} 99\% = 0,708$). Как видно, значимость корреляций вполне достоверна.

Проведенный анализ фактических условий биостока за ряд лет после зарегулирования течения реки показывает, что для обеспечения высокой продуктивности пойменных систем объем водного стока в год должен быть не менее 220 км³, а в три месяца половодья не менее 142 км³.

Температурный режим и биосток. Если сопоставить процесс весеннего потепления с временем и темпом затопления и с величиной биостока, то может быть получен очень важный вывод. Для этого рассчитана корреляция между величиной биостока и соответствием даты затопления полей и наступлением периода биологически активных температур воздуха (+10°С). Регрессия выразилась уравнением

$$y = 10,03 + 0,363x;$$
$$\bar{s}_{yx} = \pm 2,65; \quad r_{xy} = 0,713; \quad r^2 = 0,51,$$

где x — запаздывание начала затопления от наступления активных температур воздуха весной; число дней со знаком минус — опаздывание;
 y — биосток протоки Быстрой, тыс. т в год.

Затопление полей опережает установление активных температур воды в протоке. Этот процесс может быть выражен уравнением

$$y = 6,12 + 0,26x;$$
$$\bar{s}_{yx} = \pm 2,73; \quad r_{xy} = 0,696; \quad r^2 = 0,48.$$

где $\pm x$ — опережение или запаздывание затопления от наступления активных температур в воде протока, дни;
 y — биосток, тыс. т в год.

Более раннее наступление затопления полей, соответствующее темпам наступления весны, благоприятствует более высоким показателям биостока. И наоборот, в годы, когда затопление пойменных площадей запаздывает, наблюдается малый биосток. Соответствие наступления теплой весны срокам затопления полей (1959, 1961, 1962, 1966 гг.) обеспечивает высокие показатели биостока.

Приведенные данные свидетельствуют о важности весенних попусков и их соответствии конкретным срокам развития весны в данный год, т. е. их своевременности.

Биогенные элементы и биосток. Между биостоком и различными формами биогенных элементов обнаруживается то более, то менее отчетливая корреляционная связь. Так, коэффициенты корреляции

между данными Л. А. Барсуковой (1971) по стоку биогенов у Астрахани в период с 1958 по 1969 гг. и нашими показателями биостока в протоке Быстрой (т. е. на 70 км ниже) оказались следующими: для соединений валового фосфора $r_{xy}=0,570$ (по таблицам находим, что $r_{мин}$ для 12 пар случаев на уровне 95%-ной вероятности соответствует 0,589), т. е. обнаруживается близкая к достоверности связь; для минерального фосфора $r_{xy}=0,566$ — связь недостоверна; для аммонийного азота $r_{xy}=0,592$ — на 95%-ном уровне вероятности связь вполне достоверна. Между стоком кремния и суммарным биостоком $r_{xy}=0,479$ — т. е. связь недостоверна, хотя между биостоком диатомовых водорослей и стоком кремния $r_{xy}=0,677$, т. е. имеется вполне достоверная связь.

Весьма показательно, что между стоком минеральных биогенных элементов и биостоком в одном и том же створе протока Быстрой (данные за 8 лет) достоверной связи не обнаружено. Для фосфора и кремния отмечена отрицательная тенденция.

Подобное несоответствие объясняется тем, что именно в мелководных районах дельты происходит наиболее активная реализация запаса биогенных элементов — идет их активное потребление быстро размножающимся фитопланктоном, поэтому первоначальный запас биогенов в русле Волги у Астрахани для некоторых биогенов дает положительную корреляцию с биостоком, определенным в нижерасположенном створе. Когда в низовье биогены поглощаются, корреляция исчезает.

Автохтонное и аллохтонное органическое вещество и биосток. Интересно установить зависимость между валовой первичной продукцией в воде протока и энергией аллохтонного органического вещества биостока.

На основании данных по валовой первичной продукции и деструкции в воде, по их разности можно учесть долю энергии, приходящуюся на аллохтонное органическое вещество, использованное в биологических процессах. С помощью корреляционного анализа можно установить тесноту связи с биостоком как валовой первичной продукции, так и аллохтонного органического вещества и на этом основании судить о значении автохтонного и аллохтонного органического вещества в жизни биоценоза протока Быстрой. Ранее были взяты результаты определений за 1960, 1962, 1963 и 1964 гг. (48 месяцев наблюдений) и соответствующие данные по месячному биостоку в эти же годы. Впоследствии к ним присоединили материалы за 1967, 1968 и 1969 гг.

В первые четыре года вычисление корреляции между ежемесячным биостоком и первичной продукцией показало, хотя и слабую, но математически достоверную для 48 месяцев наблюдений положительную связь: коэффициент корреляции $r_{xy}=+0,311$ (при $r_{мин}$ на уровне 95%-ной вероятности +0,285). Однако, когда к ранее проведенным наблюдениям были присоединены данные трех более поздних лет — 1967, 1968 и 1969 гг., то величина коэффициента корреляции уменьшилась для 48 месяцев наблюдений до $r_{xy}=+0,183$ (при $r_{мин}$ на уровне 95%-ной вероятности 0,215), т. е. стала недостоверной.

Вычисление корреляции между ежемесячной деструкцией за счет аллохтонного органического вещества и ежемесячным биостоком в течение первого периода и после присоединения данных за 1967, 1968 и 1969 гг. показала достоверную связь — в первом случае $r_{xy}=+0,686$, во втором $r_{xy}=+0,413$ (при $r_{мин}$ на уровне 95%-ной вероятности соответственно +0,285 и 0,215). Такой результат показывает, что между биостоком и первичной продукцией, с одной стороны, и биостоком и содержанием аллохтонного органического вещества — с другой, существует зависимость. Более тесная связь отмечена между биостоком и количеством

аллохтонного органического вещества, т. е. в биологической продуктивности водного потока низовьев Волги большую роль играет аллохтонное органическое вещество.

Очевидно, всю систему водоемов Волго-Ахтубинской поймы, дельты Волги, авандельты и Северного Каспия надо рассматривать как единый биом, связь между отдельными частями которого обуславливает биологическую и промысловую продуктивность всего Волго-Каспийского района. Трофические ресурсы Волго-Ахтубинской поймы и дельты необходимо рассматривать комплексно, в частности оберегать от все возрастающего обвалования пойменные пространства и сохранять заросли тростника в низовьях дельты как источник органического вещества, составляющего существенную часть структуры энергетического обеспечения биоценозов водоемов.

Биосток и уловы полупроходных промысловых рыб. Биосток за 10 лет сравнивали с уловами по Астраханскому экономическому району на 3 и 4-й годы после нереста (табл. 5). Для 10 пар случаев корреляция достоверна на уровне 95%-ной вероятности при $r_{\text{мин}} = 0,632$.

Таблица 5

Величина коэффициентов корреляции между биостоком за половодье (апрель, май, июнь) и отдельно за июнь и промысловыми уловами воблы и сазана

Рыба	Год после нереста	Коэффициент корреляции		Рыба	Год после нереста	Коэффициент корреляции	
		уловы и биосток за половодье	уловы и биосток за июнь			уловы и биосток за половодье	уловы и биосток за июнь
Вобла	3-й	0,882	0,880	Вобла	4-й	0,738	0,592
Сазан	3-й	0,698	0,836	Сазан	4-й	0,587	0,404

Как видно из табл. 5, здесь обнаруживается весьма тесная корреляционная связь, которая объясняется тем, что биосток действительно является чувствительным интегральным показателем продуктивности биологических процессов в пойменных водоемах дельты Волги. От этих процессов зависит и ежегодная урожайность молоди полупроходных рыб.

Выводы

1. Биосток может служить одним из интегральных показателей продуктивности биологических процессов, которые происходили в бассейне Волги, ее пойме и дельте в определенный период времени. После некоторого увеличения суммарного биостока в первые годы зарегулирования Волги в последующем наблюдается общая тенденция к снижению его показателей.

2. Нам представляется возможным использовать полученные регрессии для предварительного прогнозирования промысловых уловов воблы и сазана по заранее измеренному биостоку. Так, по биостоку за половодье 1969 г. можно было определить уловы воблы и сазана в 1971 г. В соответствии с прогнозом по биостоку за три месяца половодья 1969 г. улов воблы в 1971 г. должен был составить 146 тыс. ц (пределы стан-

дартного отклонения регрессии 124—168 тыс. ц), улов сазана — 17 тыс. ц (14,4—20,8 тыс. ц); в соответствии с прогнозом по биостоку за июнь соответственно 134,9 тыс. ц и 16,33 тыс. ц. Фактический улов в 1971 г. составил: воibly 168,9 тыс. ц, сазана 23,0 тыс. ц. Отсюда видно, что фактические уловы почти укладываются в пределах стандартного отклонения регрессии. При этом прогноз по трем месяцам половодья оказался ближе к фактическим уловам, чем соответствующий прогноз по биостоку лишь одного июня.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Сарсукова Л. А. Многолетний биогенный сток р. Волги у г. Астрахани. — «Труды КаспНИИРХа», 1971, т. 26, с. 42—53.

Катунин Д. Н. Заливание волжской дельты в условиях работы Волго-Камского каскада гидроэлектростанций. — «Труды КаспНИИРХа», 1971, т. 26, с. 35—41.

Коблицкая А. Ф. Особенности биологии молоди рыбы в восточной и западной частях низовьев дельты Волги. — «Труды Астраханского заповедника», 1970, вып. 13, с. 254—309.

Косова А. А. Состав и распределение зоопланктона и бентоса в западной части низовьев дельты Волги. — «Труды Астраханского заповедника», 1958, вып. 4, с. 159—194.

Косова А. А. Сезонные изменения планктона и бентоса на полях нижней зоны дельты Волги. — «Труды Всесоюзного гидробиологического общества», 1960, т. 10, с. 102—135.

Косова А. А. Зоопланктон западной части низовьев дельты Волги в период регулирования стока. — В кн.: Изменение биологических комплексов Каспийского моря за последние десятилетия. М., 1965, с. 98—137.

Марти Ю. Ю. Как умножить биологические ресурсы Каспия. — «Природа», 1972, № 12, с. 28—39.

Москаленко А. В. Изменения гидрологического режима водоемов дельты в связи с зарегулированием стока реки Волги. Первая конференция по изучению водоемов бассейна Волги. Куйбышев, 1971, с. 68—73.

Одум Е. Экология. М., Изд-во «Просвещение», 1968, с. 1—168.

Романенко В. И. и Добрынин Э. Г. Определение удельного веса сухих бактериальных клеток. — «Информ. бюлл.» № 16, 1972, с. 6—8.

SUMMARY

Results of long-term studies on microbiology and hydrobiology of water reservoirs in the Volga delta are presented. Primary production and microbial activity in different delta zones are assessed. Analysis of significance of allochthonous organic matter allows for considering the whole system of reservoirs in the Volga-Akhtubinsk flood plain, delta, avan-delta and the Northern Caspian as a single biom, with the interrelation of its separate components governing the biological and commercial productivity of the whole Volga — Caspian region.