

Поток энергии в полифункциональных водоемах аридных регионов

Д-р биол. наук В.И. Козлов – Московский государственный университет технологий и управления
Канд. биол. наук И.Ю. Киреева – Украинский Национальный аграрный университет

Аридные земли занимают 120 млн га, на их территории проживает 300 млн человек [Жилкин и др., 2003; Кауштанов и др., 2003; Иванов, 2006]. В то же время продукционный потенциал этих земель и водоемов используется недостаточно.

На аридных территориях с длительной историей хозяйственного освоения даже при относительно малой плотности населения отмечается сильная деградация естественных экосистем. Вековые колебания климата и гидрологического режима приводили к нарушениям экологической устойчивости, что выражалось в снижении биопродуктивности земель и водоемов, уменьшении видового разнообразия растений и животных, потере местных ресурсов и ухудшении уровня жизни населения [Матишов, 2006].

Экология рассматривает любой участок земной поверхности как субстрат для жизни, арену для существования комплекса наземных и водных организмов, способных в результате взаимодействия между собой и со средой динамически развиваться, изменять биоценозы, сохраняя при этом автогенные и аллогенные связи в экосистеме.

Устойчивость экологической системы водоемов связывается с биоразнообразием гидробионтов [Федоров, Гильманов, 1989]. Однако это больше относится к естественным водоемам. При формировании искусственных гидроэкосистем, какими являются полифункциональные водоемы, чаще ставится цель максимального изъятия биопродукции всеми звеньями трофической цепи – от фито-планктофагов до хищников. Описание схемы потока энергии в экосистеме водоемов представлено на рисунке.

Биопродукционный потенциал водоемов в аридных агроландшафтах определяется наличием следующих основных факторов: солнечной радиации (освещение и температура) и органического аллохтонного (привносимого) вещества. Эти абиотические физические факторы дают некий толчок развитию гидробиоце-

нозов – цепочке кормовой базы, образующейся в водоеме: от автохтонного вещества, обогащенного микроорганизмами, фитопланктона и макрофитов (продуцентов) до зоопланктона, зообентоса и рыб (консументов 1–5 порядков). С помощью редуцентов круговорот веществ в водоеме не прекращается [Одум, 1975]. Биотические факторы возникают в водоеме из взаимоотношений между особями одного и того же вида и между особями различных видов. Антропогенные факторы иногда являются доминирующими. В результате их действия упрощается экосистема и развиваются биологические циклы, происходят различного рода загрязнения (тепловые, токсикологические, биологические), усиливаются процессы расселения гидробионтов по ирригационным и другим каналам, что приводит к ужесточению внутривидовой конкуренции и расширению паразитофауны.

Известно, что Р/Д-коэффициент (отношение продукции фитопланктона к деструкции планктона) увязывается с типом трофности водоемов и обратно пропорционален их устойчивости. С повышением уровня продуктивности водоема величина этого коэффициента растет, указывая на то, что с переходом от одного уровня трофности к другому продукционно-деструкционные процессы все больше разбалансируются. Это связано с тем, что в эвтрофных водоемах уровень продуцирования органического вещества клетками фитопланктона в среднем в 2 раза превышает процесс его разрушения. В гипертрофных водоемах фотосинтез водорослей уже в среднем в разы превышает деструкцию планктона, что явно указывает на наличие эвтрофикации и снижение устойчивости экосистемы водоема [Сокольская, 2006].

При выращивании рыб различного трофического уровня в поликультуре по органической технологии, только благодаря поступающему и образующемуся в водоеме органическому веществу, а затем фитопланктону, макрофитам, бактериям и другим организ-

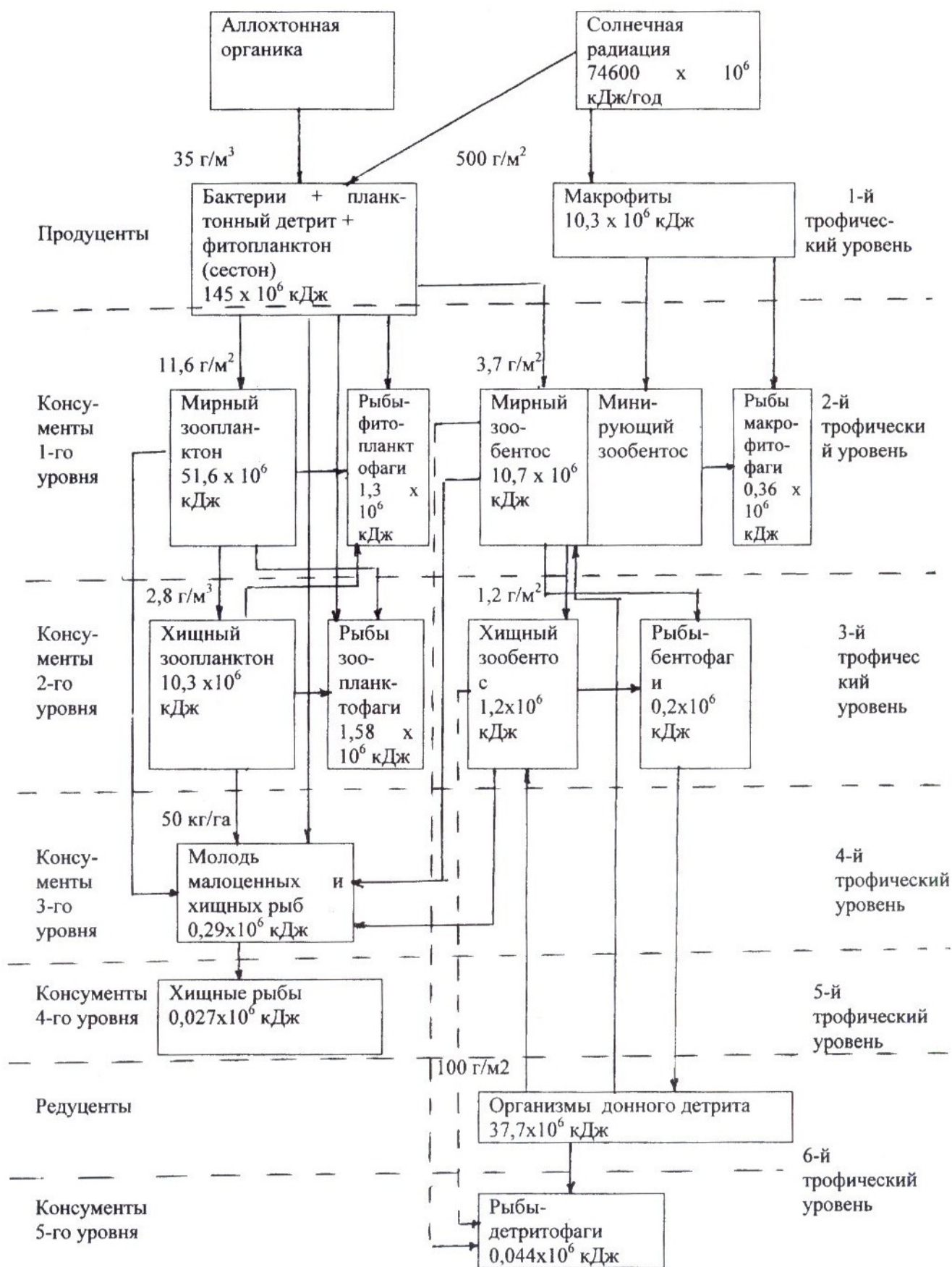


Схема направления потоков энергии при реализации биопродукционного потенциала рыбами разного трофического уровня, вселяемыми в полифункциональные водоемы. Стрелки идут от пищи к потребителю, от добычи – к жертве. Над прямоугольниками указана биомасса, внутри них – энергия (кДж)

Таблица 1

Поток энергии в модельном полифункциональном водоеме и исходные расчетные данные по кормовой базе

Компоненты экосистемы	$\times 10^6$ кДж/га	Биомасса	Р/В-коэфф.	Продукция, кг/га	Выедаемость, %	Кормовой коэфф.
Солнечная энергия	74 600	-	-	-	-	-
Сестон	145,0	35 г/м ³	100	3500	70	40
Макрофиты	10,3	500 г/м ²	1,1	5500	80	50
Мирный зоопланктон	51,6	11,6 г/м ³	20,0			
Хищный зоопланктон	10,3	2,8 г/м ³	20,0	4000	70	7
Мирный зообентос	10,7	3,7 г/м ²	6,0			
Хищный зообентос	1,2	1,2 г/м ²	6,0	840	70	6
Малоценная рыба	0,29	50 кг/га	2,0	100	80	10
Донный детрит	37,7	100 г/м ²	1,3	1300	50	45

Таблица 2

Состав рыб разного трофического уровня и энергетический потенциал получения рыбопродукции в модельном полифункциональном водоеме

Трофический уровень	Вид рыб	Рыбопродуктивность, кг/га	Энергетическая значимость, $\times 10^6$ кДж/га
I	Белый амур	88,0	0,36
I	Белый толстолобик	283,0	1,35
I-II	Пестрый толстолобик	291,25	1,61
II-III	Карп	49,0	0,2
IV	Щука	8,0	0,027
V-I	Линь	13,0	0,044
Итого	-	722,25	3,59

мам, создается продукция, которая, в конечном итоге, дает товарную рыбу. Рыбопродуктивность в таких водоемах за счет зарыбления может составить 8,4 ц/га. Как образуется такая величина, можно увидеть на рисунке, где представлена модель водоема.

Солнечное излучение в аридной зоне по месяцам составляет от 1047 кДж/м² в сутки в декабре до 2933 кДж/м² в сутки в июне и июле. В целом расчетное значение достигает 74 600 $\times 10^6$ кДж/га в год.

При расчетах принималось, что биомасса сестона (бактериопланктон + фитопланктон + плавающий детрит) выедаются на 70 %, при этом остаток в 14 000 т распределяется следующим образом: 40 % – для белого толстолобика (5600 т), 15 % потребляется пестрым толстолобиком (210 т) и столько же – организмами зоопланктона, зообентоса, сорными рыбами и т.д. За счет потребления этого вида корма рыбопродуктивность по белому толстолобику достигла 140 кг/га, по пестрому – 5,25 кг/га. При энергетических расчетах учитывалось, что 1 ккал равна 4,17 кДж. При массе белого толстолобика 500–800 г его энергетическая значимость составляла 4795,5 кДж/кг [Иванова, 2003]. Для пестрого толстолобика она равнялась 5135,4 кДж/кг; для белого амура – 4132,5; карпа – 4003,2; линя – 3419,4; для щуки – 3461,1 кДж/кг.

Энергетическая ценность компонентов кормовой базы составляла (кДж в 1 г): макрофиты – 1,87; фитопланктон (сестон) – 4,17; зоопланктон – 9,2; зообентос – 12,9; детрит – 2,9; сорная рыба – 2,92.

Для расчетов по растительоядным рыбам учитывался в основном белый амур, по детритофагам – линь, а по хищникам – щука.

При расчетах по зообентосу при средней сезонной биомассе 20 г/м² выедаемость принималась равной 70 %. Остаток – 14 г/м² – распределялся между мирным зоопланктоном (11,6 г/м²) и хищным зоопланктоном (2,8 г/м²). От биомассы 14 г/м³ считали, что 50 % ее потреблено пестрым толстолобиком. Остальная биомасса распределялась среди факультативных зоопланктофагов – 10 %, или 1000 кг/га для белого толстолобика, 5 % – хищному зоопланктону и зообентосу и 5 % – малоценным рыбам.

При расчетах по зообентосу при общей среднесезонной биомассе 14 г/м² общая доля хищного зообентоса составляла 10 %.

При выедаемости 70 % на долю бентофага карпа отнесена $\frac{1}{2}$ часть (4,9 г/м²). Остальные организмы бентоса выедались малоценными рыбами (15 %) и хищным бентосом (5 %). При общей продукции 840 кг/га на долю карпа пришлось 588 кг (табл. 1).

Приведенные упрощенные приблизительные расчеты потенциальной рыбопродуктивности в полифункциональных водоемах за счет зарыбления показали реальную возможность получения 722 кг/га товарной рыбы – двухлетков. При этом по видам данная рыбопродукция распределилась следующим образом: за счет сестона и зоопланктона может быть получено 283 кг/га белого и 291 кг/га пестрого толстолобиков, 88 кг/га белого амура и около 50 кг/га бентофага карпа и других рыб (табл. 2).



Kozlov V.I., Kireyeva I.Yu.

The energy flow in multifunctional water bodies of arid regions

The aim of artificial water ecosystems is the maximal possible withdrawal of bioproduction of all links of trophic chain – from phytoplanktophagous fish to predators. The article presents the scheme of directions of energy flows appearing in water ecosystems when realizing surplus production from introduced fishes at different trophic levels.

Guesstimates of fish productivity of such water bodies are about 722 kg per ha of commodity two-years (including 283 kg of silver carp and 291 kg of spotted silver carp, 88 kg of grass carp, about 50 kg of carp and other fishes).