

УДК 639.3.05

Канд. биол. наук В.В. ШУМАК  
 (Полесский ГУ, vshumak@yandex.ru)  
 Канд. биол. наук В.В. УС  
 (Полесский ГУ, us56@list.ru)  
 Соискатель С.В. ТОРГАНОВ  
 (СПБГАУ, I607I961@mail.ru)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА РЫБЫ В ВОДОЕМАХ КОМПЛЕКСНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Водоем комплексного назначения, рост рыбы, личинка, сеголеток

Обеспечить более полное удовлетворение потребностей населения в пищевом белке высокого качества возможно лишь при условии целенаправленного изучения и рационального использования имеющихся природных ресурсов. Необходима разработка общей стратегии хозяйственного использования таких природных ресурсов, как в частности водоемы комплексного назначения, водохранилища, пруды. Повышение эффективности использования водных ресурсов должно базироваться на гармоничном сочетании разных вариантов хозяйственной деятельности. Необходимо пересмотреть подходы к вопросам зарыбления и вылова рыбы из водоемов комплексного назначения, а также, оценить эколого-экономическую эффективность предложенных путей организации хозяйственной деятельности. Существует необходимость в мониторинге, а также краткосрочном и долгосрочном прогнозировании возможных изменений в экосистемах производственных рыбохозяйственных водоемов. Так, в водоемах комплексного назначения существуют ресурсы естественной кормовой базы, по разным причинам недоиспользуемые или малоиспользуемые ихтиофауной. В процессе изучения возможно выделение отдельных направлений и разработка путей повышения эффективности использования водоемах комплексного назначения.

Целью работы является изучение роста рыбы в водоемах комплексного назначения. Водоемы комплексного назначения, в частности водохранилища, отличаются от рыбоводных прудов рядом функциональных особенностей. Так, в водоемы комплексного назначения, водохранилища часто подается вода из мелиоративной сети. Это обуславливает наличие в ней загрязнений. То есть вода содержит достаточно много растворенных и взвешенных органических и минеральных веществ. Во время пребывания в водохранилищах вода проходит стадии биологической очистки за счет реализации природной функции самоочищения водной среды. Вода в рыбоводные пруды поступает из водных источников значительно более чистых, но в прудах подвергается загрязнению в процессе выращивания товарной рыбной продукции. Интенсификация рыбоводства в рыбных хозяйствах основывается на внесении органических и минеральных удобрений для повышения естественной кормовой базы, поддержании уровня воды в целях сохранения площадей и благоприятных условий среды, обеспечении рыбы искусственными кормами,

В научной литературе имеется ряд работ посвященных исследованиям роста рыбы. Но чаще изучался линейный рост, так как актуальным являлось установление промысловых размеров рыбы при осуществлении лова в естественных водоемах. Теоретические и практические значимые результаты были получены выдающимися учеными прошлых лет. Ф.И. Баранов посвятил множество трудов изучению теории использования рыбных запасов, где

учитывались возможности линейного роста разных видов рыб для обоснования включения их в промысел и определения промысловой меры изъятия не препятствующей восстановлению облавливаемой популяции [1]. Изучение роста рыбы как единства процесса взаимодействия внутренних и внешних факторов приводящих к изменению длины и массы особи проводилось В.В. Васнецовым [2]. Им также отмечалось, что скорость роста и ее изменение у рыб, выражающиеся в изменении характеристик роста, тесно связаны с закономерностями динамики стада рыб [3]. Особую роль сыграли исследования И.И. Шмальгаузена заложившие основу формул для расчета темпов роста в последующие периоды.

Иными словами, рост идет по принципу сложных, а не простых процентов. Поэтому удельную скорость роста вычисляют по математической формуле, учитывающей нарастание по сложным процентам:  $Cv = (\lg v_2 - \lg v_1) / 0,4343(t_2 - t_1)$ , где  $Cv$  – удельная скорость роста,  $v_2$  и  $v_1$  – значения исследуемых величин, т.е. длины или веса в начале и в конце отрезка времени, за который вычисляется удельная скорость роста (цитировано по Н.И. Чугуновой) [4].

На смену промысловому океаническому лову и лову из естественных водоемов приходят марикультура и аквакультура. Теперь гораздо более востребованной становится модель массонакопления основанная на изучении изменения штучной массы особи при создании благоприятных условий выращивания товарной рыбной продукции. Предлагается проводить расчет коэффициента массонакопления  $K_m$  путем извлечения корня  $T$ -ой степени отношения конечной массы или массы  $M_T$  по истечении времени  $T$ , к начальной массе изучаемого периода  $M_0$ :

$$K_m = (M_T / M_0)^{1/T}. \quad (1)$$

Тогда расчет массы  $M_t$  в любой момент времени  $t$ , при условии, что  $1 \leq t \leq T$ , будет проводиться следующей формуле:

$$M_t = M_0 (K_m)^t. \quad (2)$$

Применение данного метода расчета темпов роста позволяет рассчитать ожидаемую среднештучную массу особи. Рыбы растут всю жизнь, но темпы роста постоянно снижаются или могут сохраняться на одном каком-то уровне в течение нескольких лет. Так, у особи, находящейся в достаточно комфортном стабильном состоянии показателей окружающей среды при сохранении постоянного физиологического уровня обмена веществ, могут наблюдаться постоянные коэффициенты массонакопления в течение достаточно длительного периода времени. Стабилизация коэффициентов массонакопления возможна в течение нескольких лет, в периоды относительно стабильного состояния или наблюдаются незначительные колебания по сезонам года, которые связаны с изменяющимися условиями окружающей среды или физиологического состояния рыбы.

Такой фактор как температура среды обитания, т.е. температура воды – является самым предпочтительным. На следующем этапе достаточно важно обеспечение дыхания рыб – наличие в воде растворенного кислорода, газовый режим, рН среды. Затем соответственно, необходимо достаточное количество корма и его доступность для питания рыб. Но особенно важно для организма личинки рыб сохранение значительного темпа весового роста на самых первых днях смешанного питания и в период полного перехода на экзогенный корм. Потеря массы имеет самую высокую оценку риска при стечении неблагоприятных факторов на этом этапе. Снижение темпов роста или полное прекращение весового прироста возможно при временном похолодании или отсутствии доступной пищи в водохранилище.

Проанализируем темпы роста карпа в водохранилище Жабер, Дрогичинского района, Брестской области, площадью 90 га (табл. 1). Материал был собран в 2002–2004 гг. За массы отсчета принимается вес личинки карпа при переходе ее на смешанное питание 8 мг [6].

Нерест карпа и выклев личинки в условиях Полесской низменности приходится на первую декаду мая в соответствии со средними многолетними значениями температуры воды. Отклонения от этих значений бывают в 2-3 дня, но к 10 мая обычно можно было обнаружить в водоеме личинку карпа.

Таблица 1. Рост сеголетка карпа в водохранилище Жабер Дрогичинского района

Месяц	Май					
Декада	1		2		3	
Дни	Км	вес, г	Км	вес, г	Км	вес, г
1		0,008	1,34928	0,010800	1,10844	0,17735
2			1,34928	0,014580	1,10844	0,19658
3			1,34928	0,019683	1,10844	0,21790
4			1,34928	0,026572	1,10844	0,24153
5			1,34928	0,035872	1,10844	0,26773
6			1,34928	0,048428	1,10844	0,29676
7			1,34928	0,065377	1,10844	0,32895
8			1,34928	0,088259	1,10844	0,36462
9			1,34928	0,119150	1,10844	0,40416
10			1,34928	0,160852	1,10844	0,44800
Месяц	Июнь					
Декада	1		2		3	
Дни	Км	вес, г	Км	вес, г	Км	вес, г
1	1,08203	0,48475	1,07177	1,06105	1,06629	2,11125
2	1,08203	0,52452	1,07177	1,13721	1,06629	2,25120
3	1,08203	0,56755	1,07177	1,21883	1,06629	2,40044
4	1,08203	0,61411	1,07177	1,30631	1,06629	2,55956
5	1,08203	0,66449	1,07177	1,40007	1,06629	2,72924
6	1,08203	0,71900	1,07177	1,50055	1,06629	2,91016
7	1,08203	0,77790	1,07177	1,60826	1,06629	3,10307
8	1,08203	0,84181	1,07177	1,72369	1,06629	3,30878
9	1,08203	0,91087	1,07177	1,84740	1,06629	3,52812
10	1,08203	0,98560	1,07177	1,98000	1,06629	3,76200
Месяц	Июль					
Декада	1		2		3	
Дни	Км	вес, г	Км	вес, г	Км	вес, г
1	1,06054	3,98975	1,05449	7,13893	1,04812	11,98628
2	1,06054	4,23129	1,05449	7,52798	1,04812	12,48227
3	1,06054	4,48746	1,05449	7,93822	1,04812	12,99878
4	1,06054	4,75913	1,05449	8,37082	1,04812	13,53667
5	1,06054	5,04725	1,05449	8,82700	1,04812	14,09681
6	1,06054	5,35281	1,05449	9,30803	1,04812	14,68014
7	1,06054	5,67687	1,05449	9,81528	1,04812	15,28760
8	1,06054	6,02055	1,05449	10,3501	1,04812	15,92019
9	1,06054	6,38504	1,05449	10,9142	1,04812	16,57897
10	1,06054	6,771600	1,05449	11,5090	1,04812	17,26500

К концу июля возможно достижение массы 17-20 г при достаточно устойчивых метеоусловиях, сохранении благоприятных для роста температур и хорошей естественной кормовой базе. Поимка 20 г экземпляров сеголетка карпа отмечалась каждый год в конце июля в период 2002-2004 гг. Но при достаточно теплом августе и сентябре еще гарантирован высокий прирост массы сеголетков карпа (табл. 2).

Таблица 2. Рост сеголетка карпа в водохранилище Жабер во второй половине вегетационного сезона

Месяц	Август					
Декада	1		2		3	
Дни	Км	вес, г	Км	вес, г	Км	вес, г
1	1,03422	17,85580	1,02658	24,81355	1,01839	31,99811
2	1,03422	18,46682	1,02658	25,47319	1,01839	32,58685
3	1,03422	19,09875	1,02658	26,15036	1,01839	33,18643
4	1,03422	19,75231	1,02658	26,84553	1,01839	33,79704
5	1,03422	20,42822	1,02658	27,55918	1,01839	34,41889
6	1,03422	21,12727	1,02658	28,29180	1,01839	35,05217
7	1,03422	21,85024	1,02658	29,04390	1,01839	35,69711
8	1,03422	22,59795	1,02658	29,81599	1,01839	36,35391
9	1,03422	23,37124	1,02658	30,60861	1,01839	37,02280
10	1,03422	24,17100	1,02658	31,42230	1,01839	37,70400
Месяц	Сентябрь					
Декада	1		2		3	
Дни	Км	вес, г	Км	вес, г	Км	вес, г
1	1,00957	38,06508	1,00489	41,67283	1,00296	43,66889
2	1,00957	38,42961	1,00489	41,87665	1,00296	43,79816
3	1,00957	38,79763	1,00489	42,08146	1,00296	43,92781
4	1,00957	39,16918	1,00489	42,28728	1,00296	44,05785
5	1,00957	39,54429	1,00489	42,49410	1,00296	44,18827
6	1,00957	39,92299	1,00489	42,70194	1,00296	44,31908
7	1,00957	40,30531	1,00489	42,91079	1,00296	44,45028
8	1,00957	40,69130	1,00489	43,12067	1,00296	44,58186
9	1,00957	41,08098	1,00489	43,33157	1,00296	44,71384
10	1,00957	41,47440	1,00489	43,54350	1,00296	44,84620
Месяц	Октябрь					
Декада	1		2		3	
Дни	Км	вес, г	Км	вес, г	Км	вес, г
1	1,00099	44,88464	1,00099	45,34510	1,00010	45,75457
2	1,00099	44,92932	1,00099	45,39024	1,00010	45,75915
3	1,00099	44,97405	1,00099	45,43543	1,00010	45,76372
4	1,00099	45,01882	1,00099	45,48066	1,00010	45,76829
5	1,00099	45,06364	1,00099	45,52594	1,00010	45,77287
6	1,00099	45,10850	1,00099	45,57126	1,00010	45,77744
7	1,00099	45,15341	1,00099	45,61663	1,00010	45,78202
8	1,00099	45,19836	1,00099	45,66204	1,00010	45,78660
9	1,00099	45,24336	1,00099	45,70750	1,00010	45,79117
10	1,00099	45,28840	1,00099	45,75300	1,00010	45,79575

Достижение осенью среднештучной массы в 45 г было вполне доступно для сеголетков карпа при реализации среднегодовых значений температуры воды или их превышении. Рост сеголетка карпа зимой не отмечался, выловленные в марте-апреле следующего года годовалые особи имели массу тоже около 45 г.

При изучении щуки ситуация с ростом заметно отличается (табл. 3). За массу отсчета принимается вес личинки щуки при переходе ее на смешанное питание 12 мг [6].

Таблица 3. Рост сеголетка щуки в водохранилище Жабер Дрогичинского района

Месяц	Апрель					
Декада	1		2		3	
Дни	Км	вес, г	Км	вес, г	Км	вес, г
1	—	0,012	1,34928	0,01619	1,10844	0,26602
2	—	—	1,34928	0,02184	1,10844	0,29487
3	—	—	1,34928	0,02947	1,10844	0,32685
4	—	—	1,34928	0,03977	1,10844	0,36230
5	—	—	1,34928	0,05366	1,10844	0,40159
6	—	—	1,34928	0,07241	1,10844	0,44515
7	—	—	1,34928	0,09770	1,10844	0,49342
8	—	—	1,34928	0,13182	1,10844	0,54693
9	—	—	1,34928	0,17787	1,10844	0,60625
10	—	—	1,34928	0,24000	1,10844	0,67200
Месяц	Май					
Декада	1		2		3	
Дни	Км	вес, г	Км	вес, г	Км	вес, г
1	1,08203	0,72712	1,07177	1,58622	1,06629	3,15621
2	1,08203	0,78678	1,07177	1,70007	1,06629	3,36544
3	1,08203	0,85132	1,07177	1,82209	1,06629	3,58854
4	1,08203	0,92116	1,07177	1,95287	1,06629	3,82642
5	1,08203	0,99673	1,07177	2,09303	1,06629	4,08007
6	1,08203	1,07850	1,07177	2,24326	1,06629	4,35054
7	1,08203	1,16698	1,07177	2,40426	1,06629	4,63894
8	1,08203	1,26272	1,07177	2,57683	1,06629	4,94646
9	1,08203	1,36631	1,07177	2,76177	1,06629	5,27436
10	1,08203	1,47840	1,07177	2,96000	1,06629	5,62400
Месяц	Июнь					
Декада	1		2		3	
Дни	Км	вес, г	Км	вес, г	Км	вес, г
1	1,06054	5,96023	1,05449	10,67150	1,04138	17,91173
2	1,06054	6,32107	1,05449	11,25305	1,04138	18,65291
3	1,06054	6,70375	1,05449	11,86630	1,04138	19,42477
4	1,06054	7,10960	1,05449	12,51296	1,04138	20,22856
5	1,06054	7,54002	1,05449	13,19487	1,04138	21,06561
6	1,06054	7,99649	1,05449	13,91393	1,04138	21,93730
7	1,06054	8,48061	1,05449	14,67218	1,04138	22,84506
8	1,06054	8,99403	1,05449	15,47176	1,04138	23,79038
9	1,06054	9,53853	1,05449	16,31490	1,04138	24,77482
10	1,06054	10,1160	1,05449	17,20400	1,04138	25,80000

Принимая значения темпа роста соответственно сравнимые с карпом можно отметить ряд преимуществ. Во-первых, более ранний нерест предоставляет преимущества в расширении диапазона комфортных для щуки температур, продление периода активного роста. Во-вторых, к моменту

массового выклева личинки карповых рыб, щука имеет уже штучную массу в 1,5 г и переходит на хищничество.

По отмеченным коэффициентам массонакопления на ранних этапах развития рост щуки и карпа вполне сопоставим. Но при реализации потенциала роста большое значение имеет так называемая стартовая масса или масса личинки перешедшей на смешанное питание. По истечении возраста в один месяц среднештучная масса сеголетка карпа достигала всего 1 г, тогда как, сеголеток щуки уже был около 1,5 г.

Достаточная кормовая база обеспечивает высокие темпы роста во второй половине лета и осенью, что связано с приростом массы изучаемых организмов рыбы. Снижение коэффициента при сравнимых температурах обосновывается увеличением размеров растущих организмов. С понижением температуры воды снижается скорость обменных процессов, что также приводит к медленному снижению коэффициентов массонакопления. В природной среде отмечается снижение коэффициента массонакопления у рыб достигающих зрелого возраста обусловленного видовыми особенностями, замедлением физиологических процессов. Изучаемые объекты находятся в возрасте сеголетка, и поэтому большее влияние оказывают температура и условия обитания. К концу сентября среднештучная масса сеголетков щуки достигала 136 г.

Осенью рост щуки продолжался, отмечалось постоянное изменение штучной массы, что подтверждалось ловом щуки в ноябре и в декабре, когда отмечалась среднештучная масса около 163 г.

Пойманные сеголетки щуки в водохранилище Жабер в декабре 2002–2004 гг. имели среднештучную массу свыше 162 г. Но к февралю, что соответствует скорее возрасту годовиков, отмечалась среднештучная масса в 171 г.

Рассчитанные коэффициенты массонакопления по зимовке карпа составили 1,0, то есть организм сеголетка за время зимовки не очень изменился по массе, но по структуре тела, конечно, произошли изменения, но это обширная тема для изучения и будет рассматриваться в другой работе.

Рассчитанные коэффициенты массонакопления по росту сеголетка щуки в зимний период составили 1,00049, то есть особи питались, имели проросты массы.

Рассчитанные по предложенной методике коэффициенты массонакопления или превышают 1,0, если есть прирост массы, или ниже 1,0, если прирост массы отсутствует. За 1,0 принимается растущий организм рыбы.

При организации рационального природопользования необходимо предусмотреть раннее получение потомства карпа. Получение потомства карпа рекомендуется проводить в конце марта, организовать подращивание в управляемых условиях инкубаторов в апреле-мае, и выпускать в естественную среду малька среднештучной массой свыше 5 г в конце мая. В таком случае, мальки щуки не смогут питаться посадочным материалом, более крупные размеры карпа обеспечивают ему безопасность от молоди щуки. При повышении температуры воды карп будет иметь приоритет в росте, как более теплолюбивый вид. При сопоставимых коэффициентах массонакопления у двух видов, карп имеет возможность более полно реализовать свой потенциал роста за более длительный вегетационный период. Более крупные размеры карпа к концу вегетационного сезона, 300 г и более позволяют ему более полно потреблять крупные формы зообентоса менее доступные для мелкой сорной рыбы и мелкого сеголетка карпа. При наличии крупного карпа в водохранилище «Жабер» отмечалось потребление им моллюсков, до 10% массы пищевого комка, активное рыхление ложа водоема в поисках хирономид на более глубоком уровне, что вызывало повышение эффективности использования естественной кормовой базы. Повышалось потребление водной растительности с 3,4% от массы пищевого комка у 40 г сеголетков карпа, до 8,7% у 300 г особей.

Посадка малька карпа с плотность 1000 шт. на га обеспечит выход около 80%, так как, кроме крупного хищника и рыбоядных птиц естественных врагов в водоеме не будет. Проведение кормления зерноотходами и отходами пищевого производства в объеме 200-250 кг/га обеспечит необходимое количество корма для реализации потенциальных возможностей массонакопления карпа. Это позволит получить при промысловом лове только 50%, до 150 кг товарного карпа с 1 га водной площади.

Таким образом, из всего вышесказанного можно сделать следующие выводы. Так, темп роста щуки и карпа на ранних стадиях развития сравним, но щука имеет более длительный период благоприятных для роста температур в климатических условиях Полесской низменности, III зоне рыбоводства. Щука даже зимой продолжала расти, хотя темп роста значительно ниже, чем при комфортных температурах 16-18°C.

В качестве рекомендаций можно предложить рыбному хозяйству наладить раннее получение и подращивание молоди карпа с целью зарыбления водохранилищ и других водоемов комплексного назначения в III зоне рыбоводства. Получение потомства карпа проводить в конце марта, организовать подращивание в управляемых условиях инкубаторов, и выпускать в естественную среду малька среднештучной массой около 5 г. Организовать подкормку зерноотходами, отходами пищевых производств. В течение одного вегетационного периода будет возможно получение товарной продукции карпа сеголетка весом более 350 г. Что позволит получить при промысловом лове до 150 кг/га товарного карпа, при вылове только 50% выживших сеголетков из водоемов комплексного назначения.

#### Литература

1. Баранов Ф.И. Теория рыболовства // Избранные труды. - Т.3. - М.: Пищ. промышленность, 1971. – 304 с.
2. Васнецов В. В. О закономерностях роста рыб. Очерки по общим вопросам ихтиологии / Под науч. ред. Е. Н. Павловского. - М.-Л.: АН СССР, 1953. – С. 218-226.
3. Васнецов В. В. Рост рыб как адаптация: Бюлл. Московск. общ. испыт. прир. - №1. -1947.
4. Чугунова Н. И. Руководство по изучению возраста и роста рыб: Методическое пособие по ихтиологии. - М.: АН СССР, 1959. – 164 с.
5. Шмальгаузен И.И. Определение основных понятий и методика исследования роста // Рост животных. - М.-Л.: Биомедгиз, 1935. - С. 10-16.
6. Рыжков Л.П., Кучко Т.Ю., Дзюбук И.М. Основы рыбоводства: Учебник. – СПб.: Лань, 2011. – 528 с.
7. Гарлов П.Е., Рыбалова Н.Б., Бугримов Б.С. Биотехника заводского воспроизводства популяций рыб // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2011. - № 24.– С. 128 – 130.