

Комилов Ф.С., Косимов И.Л.

**БАЛЫК КӨЛМӨНҮН ЭКОСИСТЕМАСЫНЫН ДИНАМИКАСЫН
ЭКСПЕРИМЕНТТӨӨ ЖАНА БОЛЖОЛДОО ИЗИЛДӨӨСҮНҮН КУРАЛЫ**

Комилов Ф.С., Косимов И.Л.

**ИНСТРУМЕНТ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИЮ И
ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ДИНАМИКИ ЭКОСИСТЕМЫ РЫБОВОДНОГО ПРУДА**

F.S. Komilov, I.L. Kosimov

**TOOL FOR RESEARCH EXPERIMENTATION AND PREDICTION OF DYNAMICS A
FISHPOND ECOSYSTEM**

УДК: 577.425/574.5 (081)

Работа посвящена описанию компьютерных сценарных экспериментов с математической моделью экосистемы рыбоводного пруда. Полученные в результате имитационных экспериментов динамика переменных модели адекватно отражают реальную картину развития экосистемы рыбоводного пруда.

Ключевые слова: модель, математическое моделирование, компьютерный эксперимент, сценарий, динамика, идентификация, верификация, экосистема, рыбоводный пруд, рыба, карп, белый толстолобик, белый амур.

The work is dedicated to the description of computer experiments scenarios with mathematical model of fishpond ecosystem. Results taken from dynamics variables simulations adequately reflect the real picture of the development of fishpond ecosystem.

Key words: model, mathematical modeling, computer experiment, scenario, dynamic, identification, verification, ecosystem, fishpond, fish, carp, silver carp, white amur.

Компьютерно-математическая модель экосистемы рыбоводного пруда, представляющая собой систему 15 нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений [1-4], реализована на языке программирования Borland Delphi-9 (рис.1), решается методом Рунге-Кутты-Мерсона с автоматическим выбором шага в интервале (0,150). Для решения общей системы определены значения 172 коэффициентов и параметров, заданы входные массивы температур и освещенностей, входные потоки азотных и фосфорных удобрений, а также входные массивы внесения кормов в рыбоводный пруд.

Идентификация и верификация модели проводились по методике, приведенной в [5]. Для настройки и проверки модели использовались экспериментальные данные по экосистеме опытного рыбоводного пруда рыбхоза имени А. Джами Таджикстана за 1986-1987гг. Модельная динамика переменных экосистемы и сравнение их кривых с натурными данными рыбоводного пруда приведены в [6].

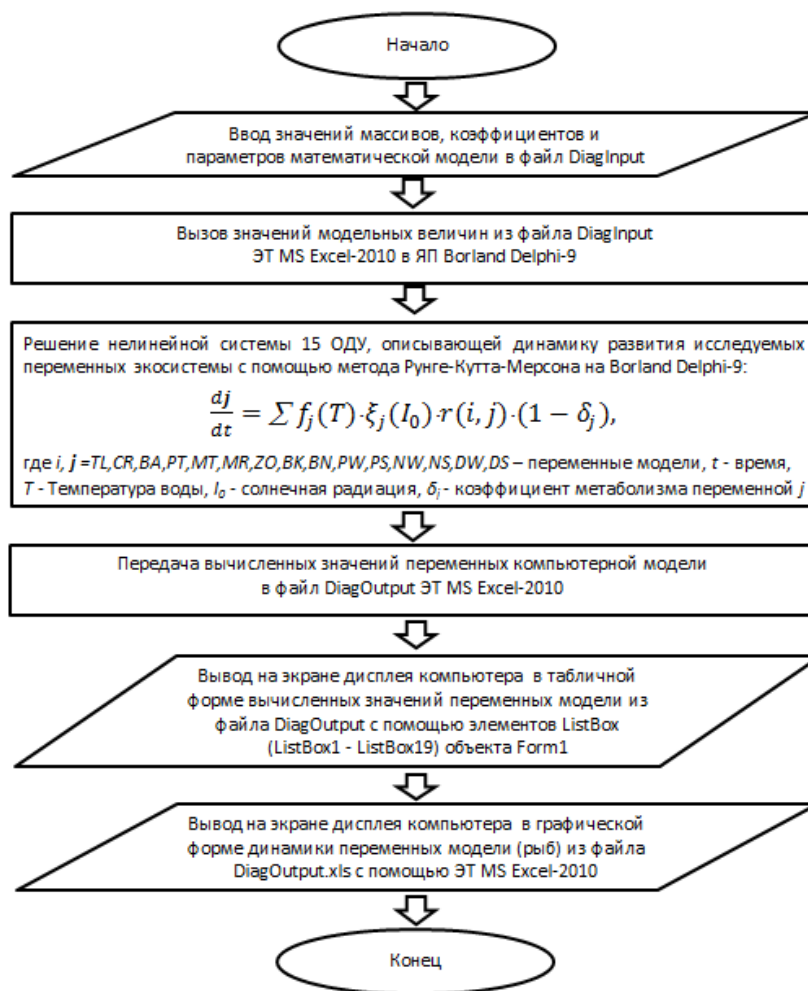


Рис. 1.

На компьютере разыграны 23 климатических и управленческих сценарных вариантов динамики развития переменных (биомасса в г/м³) модельной экосистемы.

Первые 4 сценарии (1-4) отражали динамику переменных экосистемы в условиях более холодного и более теплого сезонов, а также сезонов при большей и при меньшей освещенности. Четыре последующих сценариев (5-8) были посвящены увеличению и уменьшению (на 25% от исходного) внесения кормовых растений для белого амура и дози-

ровки искусственного корма для карпа. Сценарии 9-14 имитировали динамику экосистемы в условиях

Полученные компьютерные результаты показывали, что все это мало отразилось на динамике экосистемы. Основная причина, по-видимому, в том, что при таких вариантах развития экосистемы почти все массивы солнечных радиаций и водных температур, используемые в модели, благоприятно влияют на рост и развитие водорослей и высших водных растений пруда. Видимо летом, в условиях континентального климата солнечная радиация и температура не лимитируют рост фитопланктона и макрофитов, что в конечном итоге сказывается на концентрации рыбной популяции.

Только в одном случае, при одновременном увеличении на 25% дозы и азотных и фосфорных удобрений (14-й сценарий), фосфор являлся

различных режимов внесения азотных и фосфорных удобрений.

лимитирующим фактором для роста микроорганизмов и высших водных растений в течение всего сезона, а азот – во второй его половине. Такой ход развития процесса наиболее сильно влиял на динамику экосистемы в целом. С одной стороны, хуже развивалась естественная кормовая база – ниже уровень концентрации фитопланктона, ниже максимумы зоопланктона, бактерии и бентоса. С другой стороны, заметно прибавились концентрации тростника, фосфора, азота и детрита седиментов. Конечные концентрации рыб к концу сезона достигли значений – 30,34 г/м³, 96,13 г/м³ и 219,1 г/м³ для белого амура, карпа и белого толстолобика, соответственно (рис. 2).

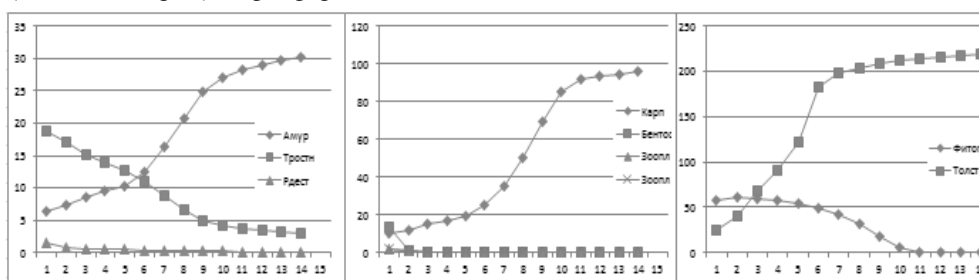


Рис. 2.

Сценарий 15 (рис. 3) демонстрирует развитие экосистемы с одним видом рыб – белым амуром. В силу отсутствия белого толстолобика в пруду концентрации фитопланктона и зоопланктона в течение всего сезона стабильно увеличивались, а тростника и рдеста медленно убывала. Бактерии и бентос устойчиво удерживали свои концентрации. Концентрация

белого амура в конце сезона составила 20,54 г/м³, что соответствует сбору урожая в 1643 кг. Это намного ниже исходного варианта. Отсюда можно заключить, что рост рыб в пруду в значительной степени являются независимыми. Более того, их совместная деятельность может положительно повлиять на их общее развитие.

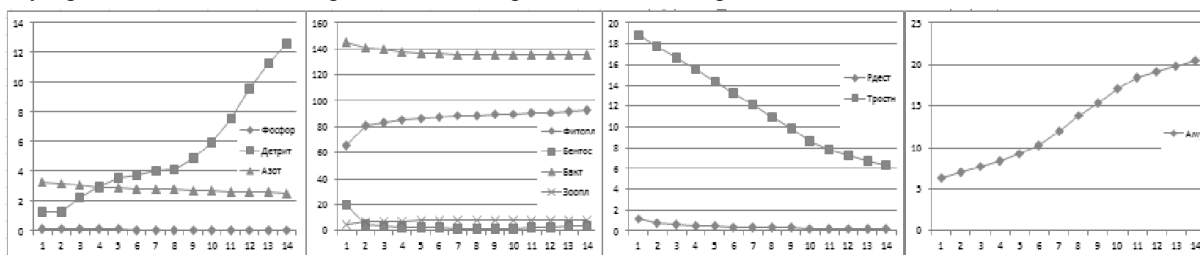


Рис. 3.

Сценарии 16-18 по аналогии со сценарием 15 имитировали динамику экосистемы с одним или двумя видами рыб, а сценарии 19-21 посвящены её развитию в условиях уменьшенной (в 2 раза) посадки рыб, соответственно $CR : = CR/2$, $TL : = TL/2$, $BA : = BA/2$, где CR – карп, TL – толстолобик, BA – белый амур.

Полученные результаты указывали на то, что пять первых случаев развития экосистемы совсем не выгодны для выращивания рыб. Последний случай (рис. 4, справа) может подходить для выращивания карпа и белого толстолобика, а белый амур в этом случае, будет чувствовать себя угнетенным. По всей видимости, исходный вариант посадки рыб является более оптимальным.

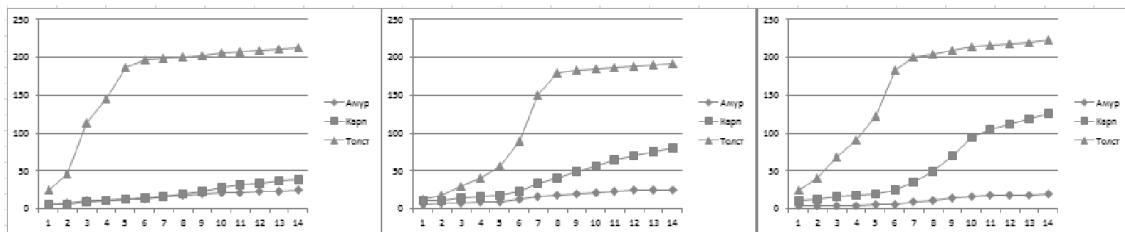


Рис. 4.

Прогнозированию развития экосистемы в условиях удвоенной посадки белого амура ($BA:=BA*2$, 1250 *шт/га*) посвящен сценарий 22. В этом случае (рис. 5а), конечная концентрация белого амура 39,87 $г/м^3$ (3190 кг), карпа – 76,41 $г/м^3$ (8863 кг), а белого толстолобика – 210,5 $г/м^3$ (22731 кг). Хотя концентрация белого амура в данном случае была больше, тем не менее, средний вес карпа и белого толстолобика к концу сезона, относительно исходного варианта, понизился.

Последний 23-й сценарий предполагал развитие экосистемы рыбоводного пруда в условиях полуторной посадки белого амура ($BA:=BA*1.5$, 938 *шт/га*). К очень большому удивлению, неожиданно конечные концентрации рыб к концу сезона достигли невероятных значений – 41,59 $г/м^3$ (3327 кг), 126,4 $г/м^3$ (14662 кг) и 220,1 $г/м^3$ (23765 кг) для белого амура, карпа и белого толстолобика, соответственно (рис. 5 б).

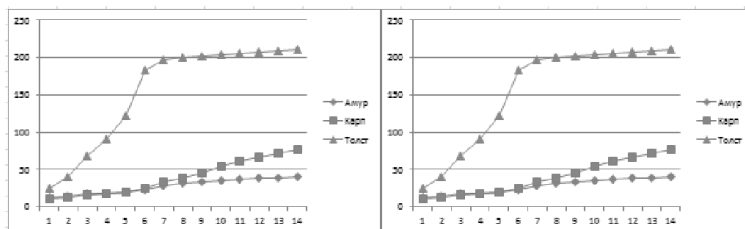


Рис. 5 а, б.

Карп с точностью до килограмма повторял результат исходного варианта развития экосистемы рыбоводного пруда, белый толстолобик очень близко подошел и к исходному варианту, и к своим экспериментальным выловам, а белый амур не только превысил результата исходного варианта, но и перешагнул свой экспериментальный вылов за 1986 года на целых 735 кг (рис. 6).

Все остальные переменные остались почти такими же, как в исходном варианте. Отсюда можно заключить, что при посадке рыб в экосистеме количество годовиков белого амура, по-видимому, надо увеличивать в полтора раза.

Литература:

1. Комилов, Ф.С. Концептуальное моделирование экосистемы макрофитно-рыбоводного пруда / Ф.С. Комилов, И.Л. Косимов // Вест. Тадж. нац. ун-та. Сер. Естественных наук. – 2012. – № 1/3 (85). – С. 58-66.
2. Комилов, Ф.С. Жизненный цикл макрофитов: описание протекающих процессов, математическое моделирование/Ф.С. Комилов, И.Л. Косимов // Вест. Тадж. нац. ун-та. Сер. Естественных наук. – 2012. – № 1/3 (85). – С. 42-47.
3. Комилов, Ф. С. Имитационное моделирование рыбной популяции экосистемы пруда / Ф.С. Комилов, И.Л. Косимов // Изв. АН РТ. Отд-ние физ.мат., хим., геол. и техн. наук. – 2013. – № 2 (151). – С. 52-64.
4. Комилов, Ф.С. Математическое моделирование экосистемы макрофитно-рыбоводного пруда с белым амуром / Ф.С. Комилов, И.Л. Косимов // Вест. Тадж. гос. пед. ун-та. им. С. Айни. Сер. Ест.-мат. наук и мет. их обуч-я. – 2013. – № 5 (54). – С. 109-115.
5. Комилов Ф.С. Математическое моделирование экосистем водохранилищ. / Ф.С. Комилов, В.П. Пархоменко. – М.: ВЦ РАН, «Сообщение по прикладной математике», 2003. – 51с.
6. Комилов, Ф.С. Программирование математической модели экосистемы рыбоводного пруда и проведение над ней компьютерных экспериментов / Ф.С. Комилов, И.Л. Косимов // Вест. Тадж. нац. ун-та. Сер. Естественных наук. – 2014. – № 1/1 (126). – С. 17-27.

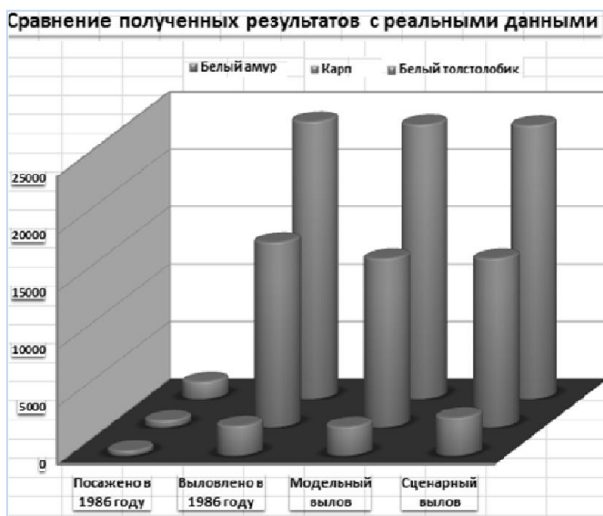


Рис. 6.

Рецензент: к.ф.-м.н. Джумаев Э.Х.