

# **СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ КАМЧАТКИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ МОРЕЙ**

Материалы V научной конференции.  
Петропавловск-Камчатский, 22-24 ноября 2004 г.

---

## **МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ И ВОЗРАСТА СОЗРЕВАНИЯ ПОПУЛЯЦИИ КЕТЫ В УСЛОВИЯХ СМЕШАННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА**

*The model of abundance dynamics and maturing age of chum population in the mixed  
reproduction conditions*

**Э.И.Ширков\*, О.М.Запорожец\*\*, Е.Э.Ширкова\***

**\*Камчатский филиал Тихоокеанского института географии (КФ ТИГ) ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский**

**\*\*Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии  
(КамчатНИРО),  
Петропавловск-Камчатский**

Модель предназначена для реализации поддержанного Программой «Биоразнообразие» Президиума РАН проекта «Разработка методических подходов и инструментальных средств экономической оценки биоразнообразия (на примере внутривидового биоразнообразия тихоокеанских лососей)». (Гос. контракт № 154/5-04).

Основой модели послужила разработанная участниками проекта концептуальная модель динамики численности и некоторых характеристик внутривидового биоразнообразия для всех видов тихоокеанских лососей (Ширкова, Ширков, 2000).

Наряду с горбушей, кета (в отличие от всех других видов дальневосточных лососей) не структурируется по длительности пресноводного периода жизни. Поэтому значительная часть алгоритмов исходной модели при моделировании жизненного цикла кеты остается невостребованной. Исходя из этого обстоятельства для кеты признано целесообразным сделать специализированную модель, которая отражала бы только наиболее важный признак фенотипического разнообразия этого вида лососей – возраст их созревания, а также влияние на динамику этого признака не только основных естественных факторов и промысла, но и крупномасштабного заводского воспроизводства кеты.

Основные задачи модели:

- выявление и приближенная количественная оценка влияния структуры популяции по возрасту созревания на устойчивость ее численности;
- приближенное прогнозирование динамики численности и отражаемой моделью структуры популяции в различных задаваемых естественных условиях ее жизни, а также при различных стратегиях промысла и заводского разведения.

Информационную базу модели составили материалы многолетних ихтиологических съемок, выполненных во время нерестового хода кеты в бассейне реки Паратунка (Восточная

Камчатка) О.М.Запорожец и Г.В.Запорожец, а также опубликованные работы КамчатНИРО и фондовые материалы КФ ТИГ ДВО РАН.

Соответственно, объектом моделирования принята популяция кеты реки Паратунка. Эта популяция составляет значительную (в отдельные годы – доминирующую) часть всего лососевого потенциала бассейна. Как и другие виды лососей, кета подвержена здесь сильному и разностороннему антропогенному воздействию, включая легальный и браконьерский промысел, а также различные формы загрязнения реки и ее эстуариев. В последнее десятилетие в бассейне реки Паратунка развивается искусственное воспроизводство кеты (Запорожец, Запорожец, 2003). Все перечисленное позволяет считать популяцию кеты реки Паратунка типичным и достаточно представительным объектом исследования для решения задач проекта.

Методологической основой работы являются системный анализ и междисциплинарный подход, а методической – разрабатываемая Санкт-Петербургским институтом информатики и автоматизации РАН технология алгоритмического имитационного моделирования. Поскольку в рамках тезисов доклада достаточное описание этой методики невозможно, мы позволим себе отослать заинтересованного читателя к ее первоисточнику (Иванищев и др., 1988) или к краткому изложению (упомянутая выше работа Ширковых).

В данной технологии моделирования алгоритмы функционирования системы - оригинала описываются ориентированным графом, дуги которого отражают переменные модели, а вершины (операторы модели) - математические или логические отношения между этими переменными. Алгоритм функционирования и развития системы-оригинала одновременно является здесь и вычислительным алгоритмом ее имитационной модели. Это позволяет отражать свойственные реальным природным и общественным процессам зависимости более сложного характера, чем те, которые описываются стандартными математическими отношениями. Используемый в данной технологии моделирования «язык алгоритмических сетей» хорошо учитывает цикличность и сетевой характер связей естественных и общественных процессов.

Представленная на рисунке алгоритмическая потоковая сеть (граф) модели описывает полный жизненный цикл популяции кеты и отражает наиболее существенные для решения задач проекта процессы этого цикла.

В левой верхней части сети представлены алгоритмы расчета текущего ОДУ популяции (переменные 200-203), а также алгоритмы процесса промысла (204-218) и естественного воспроизводства популяции (219-230).

В левой нижней части рисунка показан блок заводского воспроизводства кеты с выходными переменными (103-106), из которых первая это – выпуск заводской молоди не дифференцированной по потенциальному возрасту созревания, а последние (104-106) – выпуск молоди, которая в соответствии с ее генетической предрасположенностью, с некоторой вероятностью (169) может возвратиться на нерест в каком-то определенном возрасте (0.2, 0.3, 0.4).

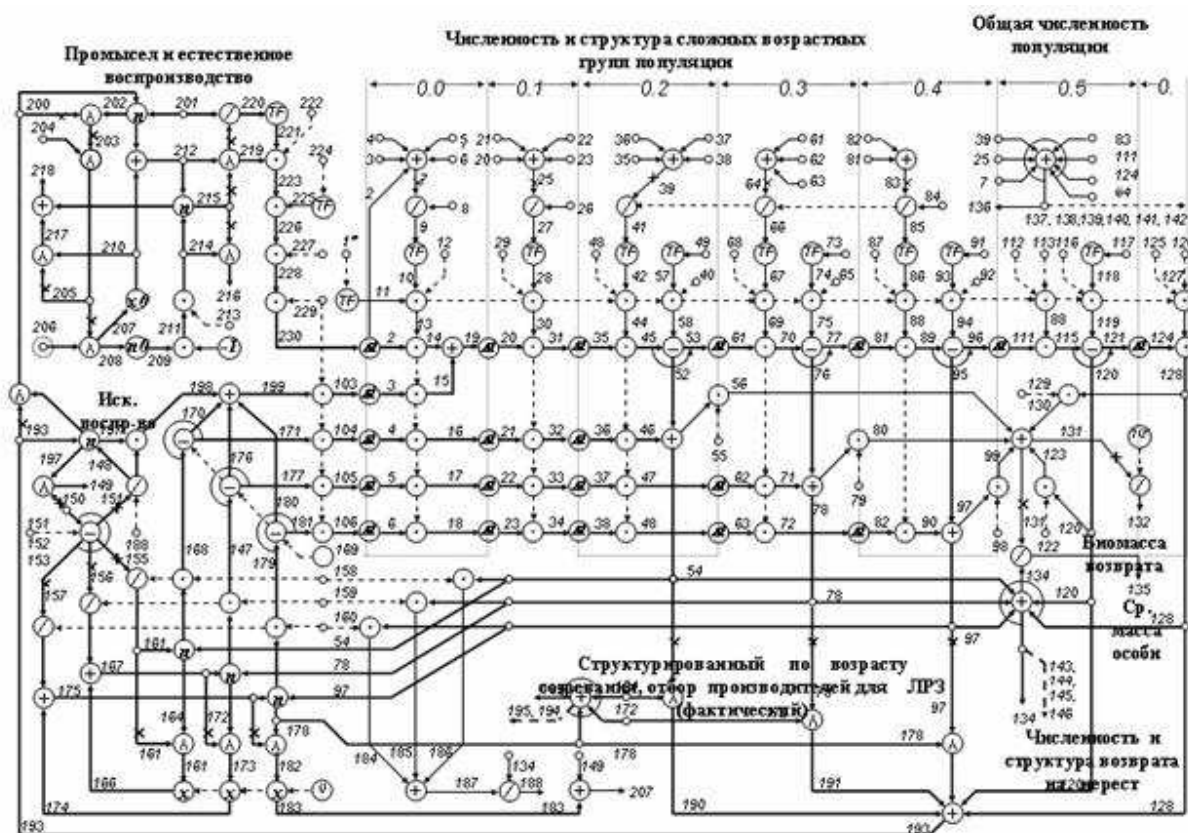
Упомянутые выше выходные переменные алгоритмов естественного (230) и искусственного воспроизводства (103-106) образуют в дальнейшем пять горизонтальных потоков сети (2-6), которые дифференцируют всех, живущих в данном временном периоде

особей популяции по происхождению (естественное, искусственное, смешанное) и отражают их выживание и созревание в этом периоде по каждой возрастной группе.

Среднегодовые значения последних характеристик динамики популяции корректируются в текущем временном периоде воздействием двух наиболее важных (Островский, Семенченко, 2002) естественных факторов – температуры поверхности воды ( $t^\circ$ ) и плотности популяции в районе нагула. Временной шаг модели – 1 год. Это воздействие показано на сети вертикальными потоками соответствующей информации по каждой возрастной группе. Для удобства чтения сети пространство алгоритмов изменения численности и структуры по каждой возрастной группе популяции выделено на рисунке пунктиром с обозначением возраста группы. Начиная с возраста 0.2, в каждой возрастной группе происходит созревание части особей (в группе 0.6 – всех особей) которые в правой нижней части рисунка образуют пять вертикальных потоков возврата на нерест (100, 191, 97, 120, 128). Сумма этих потоков (193) замыкает цикл популяции в данном временном периоде. При этом не созревшие в текущем году особи первых пяти возрастных групп переходят в следующую возрастную группу, а шестилетки заканчивают свой жизненный цикл.

Всего в модели 210 переменных, из которых около трети – входные (задаваемые). Основные выходные переменные модели:

- общая численность и возрастная структура популяции (136 и 137-142);
- численность и возрастная структура нерестовой части популяции (134 и 143-146);
- масса нерестовой части популяции в целом (131) и по каждой возрастной группе;
- объем промыслового изъятия в текущем периоде (218).



## Алгоритмическая сеть модели динамики численности и возраста созревания популяции кеты смешанного воспроизводства

В докладе представлены результаты проведенных на модели вычислительных экспериментов, которые на базе имеющихся в распоряжении авторов данных о фактической динамике отражаемых моделью характеристик популяции за последние десять лет позволяют судить о влиянии изменения структуры популяции по возрасту созревания на устойчивость ее промыслового запаса.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Запорожец О.М., Запорожец Г.В. 2003. Состояние популяции тихоокеанских лососей реки Паратунка (Восточная Камчатка) к началу XXI века // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Докл. III науч. конф. Петропавловск-Камчатский: Изд.-во КамчатНИРО. С.55-67.

Иванищев В.В., Михайлов В.В., Тубольцева В.В. 1988. Инженерная экология. Л.: Наука. 145 с.

Островский В.И., Семенченко Н.Н. 2002. Межгодовая изменчивость поклатной нерки *Oncorhynchus nerka* озера Курильское (Камчатка) в связи с влиянием внешних факторов // Биол. моря, Т.28. №1. С.40-46.

Ширкова Е.Э., Ширков Э.И. 2000. Имитационная модель динамики численности и биологического разнообразия тихоокеанских лососей // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Матер. науч. конф. Петропавловск-Камчатский. Изд.-во Госкамчатэкологии. С.98-104.