лососевых рыб и в частности рода Salmo. В то же время становление структур и развитие функций пищеварительной системы в раннем онтогенезе черноморской кумжи изучено недостаточно.

Цель исследования - выявить особенности, а также проследить динамику развития пищеварительной системы личинок черноморского лосося (кумжи) на XII этапе личиночного периода развития.

Объектом исследования являлись личинки черноморского лосося: серия продольных срезов личинок. Возраст личинок 21 день (№5-1), 23 дня (№5-2) и 26 дней (№6-1).

Методы исследования. Применялись стандартные методы изготовления гистологических препаратов, причем были сделаны серии срезов каждой личинки. [1] Препараты исследовались на световом микроскопе МИКМЕД 1, на увеличениях 7*8 и 7*60. Измерения производились с помощью окуляра-микрометра.

На данном этапе развития у личинок лосося наблюдается рассасывание желточного мешка; кишечник полностью был проходим для пищи, хорошо сформировались все его оболочки. Наблюдалась высокая активность пищеварительных желёз, в особенности поджелудочной железы и желёз желудка. В ротовой полости наблюдается формирование зубов в виде белых треугольников. Всё это свидетельствует о том, что личинки находятся на пятом (смешанное питание) – шестом (активное питание) этапах развития.

Для личинок была характерна широкая, конусообразная глотка. На её границе с пищеводом наблюдалось сужение. Пищевод достаточно сформирован, представляет собой трубку с развитой мышечной оболочкой, в особенности широким циркулярным слоем поперечнополосатой мускулатуры. Его средняя длина 2906+-230 мкм, ширина 384+-22 мкм, средняя ширина просвета – 868+-42 мкм. В его передней части наблюдались четыре продольные складки. Слизистая пищевода была выстлана многослойным плоским неороговевающим эпителием. Главной особенностью эпителия являлась наличие большого числа бокаловидных слизистых клеток и шарообразных вкусовых почек на вентральной стороне пищевода. Это одно из доказательств активного эндогенного питания личинок. Основу слизистой оболочки составлял подслизистый слой, представленный соединительной тканью. Этот слой был окружен мощной циркулярной мускулатурой. Снаружи пищевод, был покрыт серозной оболочкой, состоящей из тонкого слоя целомического эпителия и подстилающей соединительной тканью (20-40 мкм).

Желудок личинок лосося имеет характерную для многих лососевых рыб V-образную форму. Желудок дихотомически ветвится и состоит из двух отделов: железистого и мускульного.**[4]** Железистый отдел был более крупным (542,5 мкм), содержит множество трубчатых желёз. Их секреторные отделы находились на разных уровнях, образуют как бы три этажа. Мускульный отдел был менее крупный (260,4 мкм). Желудочные ямки были гораздо глубже в мускульном отделе. Трубчатых желёз здесь было значительно меньше. Оба отдела выстланы цилиндрическим эпителием. Наблюдались отличия в строение мышечного слоя желудка и пищевода. В желудке был слабее развит циркулярный слой, но продольная мускулатура из гладких мышечных волокон была более массивной. Обнаружено обилие продольных гладких мышечных волокон, входящих в состав собственной пластинки слизистой оболочки (вместе с соединительной тканью). Мышечная оболочка была представлена гладкой мускулатурой, её клетки образовали сплошной тяж кнаружи от собственной пластинки. Серозная оболочка, покрывающая желудок, не отличалась от таковой в пищеводе.

Характерной особенностью средней кишки являлось то, что после выхода из желудка она делала изгиб кверху, в этой части она имела мощно развитую мышечную оболочку, которая несколько утончалась к спиральному клапану. Для кишки, в отличие от желудка, характерно наличие кишечных ворсинок. Эпителиальные клетки ворсинки имеют выросты - микроворсинки. Причём, кишечные ворсинки были достаточно выражены только в начальном отрезке кишки.

Задняя кишка представлена спиральным клапаном. [3] Он начинался сужением кишки, затем шло довольно значительное его расширение (средний диаметр спирального клапана 282 мкм). Средняя длина его была 2520+-170 мкм. Спиральный клапан отличим от средней кишки благодаря относительному утолщению мышечной оболочки; спиральной складке, делящей его на камеры; смене в анальном отделе кишечного эпителия на плоский, неороговевающий. В спиральном клапане насчитывается 26-27 камер, образуемых закручиванием складки слизистой оболочки.

Поджелудочная железа и железы желудка проявляют активность. Так секреторные клетки поджелудочной железы содержат зимоген. Это является ещё одним доказательством экзогенного питания личинок. Сама поджелудочного железа трубчатого строения, она граничит с печенью, но имеет самостоятельное происхождение.**[4]**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова О. В., Елецкий Ю. К. Основы гистологии с гистологической техникой./ / М. Изд-во «Медицина» 1982 г.
2. Ершова Т. С. Автореферат кандидата биологических наук. Краснодар: КГАУ, 2003, 23 с.
3. Наумов Н.П., Карташев Н. Н. Зоология позвоночных Ч 1. М Изд-во «Высшая школа» 1979 г.
4. Ромер А., Парсонс Т. Анатомия позвоночных в двух томах. Т. М. Изд-во Мир 1992. г.

МОДЕЛИ ХАОТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Герасименко О.А., Федоров А.Я.
Российский государственный университет, Москва
Тульский государственный педагогический университет, Тула

Рассмотрим некоторые модели детерминированных систем с хаотическим поведением обсудим их значения для биологии [1-3]. В экспериментах изучалось движение в слое жидкости в сосуде, который подогревали снизу. При большой разности температур DT между верхним холодным и нижнем горячим слоями жидкости стационарное конвективное движение исчезает и наблюдается переход к хаотическому движению (неустойчивость Бенара). Этот процесс моделируется системами автономных нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка. Аналитическое исследование позволяет найти количественные характеристики хаотического движения, которое возникает при изменении внешнего управляющего параметра. Первой математической моделью с хаотическим поведением была система уравнений, предложенная Лоренцем в метеорологии для предсказания погоды.

В основе этой модели лежат представления о связи потоков воздуха в атмосфере с разностью температур ее различных слоев. Можно использовать этот же подход для описания подогреваемой снизу жидкости в эксперименте. Модель Лоренца имеет вид:

$$\dot{X} = - s X - s Y$$
$$\dot{Y} = r X - Y - X Z \qquad (1)$$
$$\dot{Z} = X Y - b Z$$

где: s, b – безразмерные константы, r – управляющий параметр, пропорциональный разности температур. Переменная X – количество циркулирующей жидкости, Y – соответствует разности температур между восходящими и нисходящими потоками, Z – пропорциональна отклонению вертикального профиля температуры от равновесного значения.

В этой модели переменные могут проявлять хаотическое поведение при повышении разности температур , когда значение управляющего параметра r_c превышает критическое значение. С ростом r в колебаниях появляются нерегулярные хаотические всплески. В трехмерной модели Лоренца (1) траектория в фазовом пространстве может быть вычислена на ПЭВМ. При этом может быть показан пример такой траектории, полученной при r = 2, σ = 10, b = 8/3. Траектория притягивается к ограниченной области в фазовом пространстве. Малые изменения начальных условий ведут к тому, что новое решение быстро отклоняется от прежнего. Такое поведение системы носит название странного аттрактора. Область аттрактора в фазовом пространстве ограничена, но может иметь сложную структуру. Сам аттрактор образуется из движения одной траектории, которая должна пройти через каждую точку фазового пространства. При этом, первоначально близкие точки аттрактора через большое время удаляются на конечное расстояние. Уравнения Лоренца являются базовой моделью для объяснения хаотического поведения системы при изменении управляющих параметров. Возможность установления хаоса в биологических системах можно рассматривать примером появления хаотических сердцебиений при определенной частоте стимулирующих импульсов.

Динамика популяций в замкнутой среде обладает хаотическими свойствами. Если численность популяции мала и в данный момент времени зависит от ее численности в предыдущие моменты времени, то динамика популяции описывается дискретным способом с помощью логистического уравнения [4] . Численность популяции x после n последовательных поколений меняется в соответствии с разностными уравнениями:

$$x_{n+1} = f\mathrm{r}(x_n) = r x_n (1 - x_n) \qquad (2)$$

где : n – целое число, $f\mathrm{r}$ - нелинейная функция.

Функция $x_{n+1} = f\mathrm{r}(x_n)$, полученная при итерации $x_1, x_2, \ldots, x_n, \ldots$ демонстрирует сложное поведение. Для $f\mathrm{r}(x_n)$ могут наблюдаться разнообразные режимы: Монотонное и колебательное приближение к состоянию равновесия, устойчивые колебания, квазистохастическое поведение (хаос). В уравнении (2) при $r < 3$ численность популяции стремиться к устойчивому состоянию равновесия. При росте r происходит бифуркация: устойчивое равновесие переходит в устойчивые циклы. Если r превышает критическое значение $r > r_c$ = 3.5699…, то происходит хаотизация решения и колебания становятся беспорядочными. Величина r_c=3.570 характеризует порог хаотизации системы. Последовательные значения r, при которых число устойчивых периодических точек удваивается и становится равным 2^n , меняется в соответствии с выражением:

$$r_n = r_c - const\, \delta^{-n} \qquad (3)$$

где : δ = 4.669 ….. ≈ 4.670 (константа Фейгенбаума).

Эта константа имеет универсальный характер, присущий поведению многих экологических природных систем, т.е. происходит удвоение цикла перед наступлением хаоса. Общие закономерности перехода от порядка к хаосу обнаружены на множествах Мандельброта. Рассмотрим простую последовательность комплексных чисел :

$$z_{n+1} = f\mathrm{r}(x_n) = z_n^2 + c \qquad (4)$$

где : z_n , c – числа и параметр. Уравнение (4) сводится к логистическому (2). Известны примеры множеств (легочные альвеолы, изрезанные листья) определенной структуры. Они состоят из хаотически сложенных мелких деталей. При этом эти множества сохраняют в совокупности специфические контуры. Имитация на компьютере сложной фрактальной формы позволяет воспроизвести ее образование по законам хаоса. Хаотическое поведение является отражением закономерностей динамической организации сложных систем. Предложенные модели детерминированного хаоса представляют правила хаотизации. Ясно, что изучение роли хаоса в природе и биологических системах только начинается. Общий результат состоит в том, что поведение детерминированных систем всегда рассматривалось в качестве предсказуемых, однако при определенных параметрах они обнаруживают хаотические свойства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рубин А.Б. Биофизика. / М.: из – во «Университет». 1999. Т.1.С.106 – 116.

2. Данилов Ю.А. Лекции по нелинейной динамике. /М.: из – во « Постмаркет». 2001. с.189.

3. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. /М.: из – во «Мир». 1990.С. 12 – 20.

4. Смит Дж. М. Модели в экологии./ М.: из – во «Мир». 1976. с. 181.