

**Экологическая  
эмбриология**  
**(спецкурс для магистров  
кафедры эмбриологии МГУ)**

О.П. Мелехова,  
д.б.н., вед.н.с.,  
+79153501293;  
muffs2013@gmail.com

## **Цель курса:**

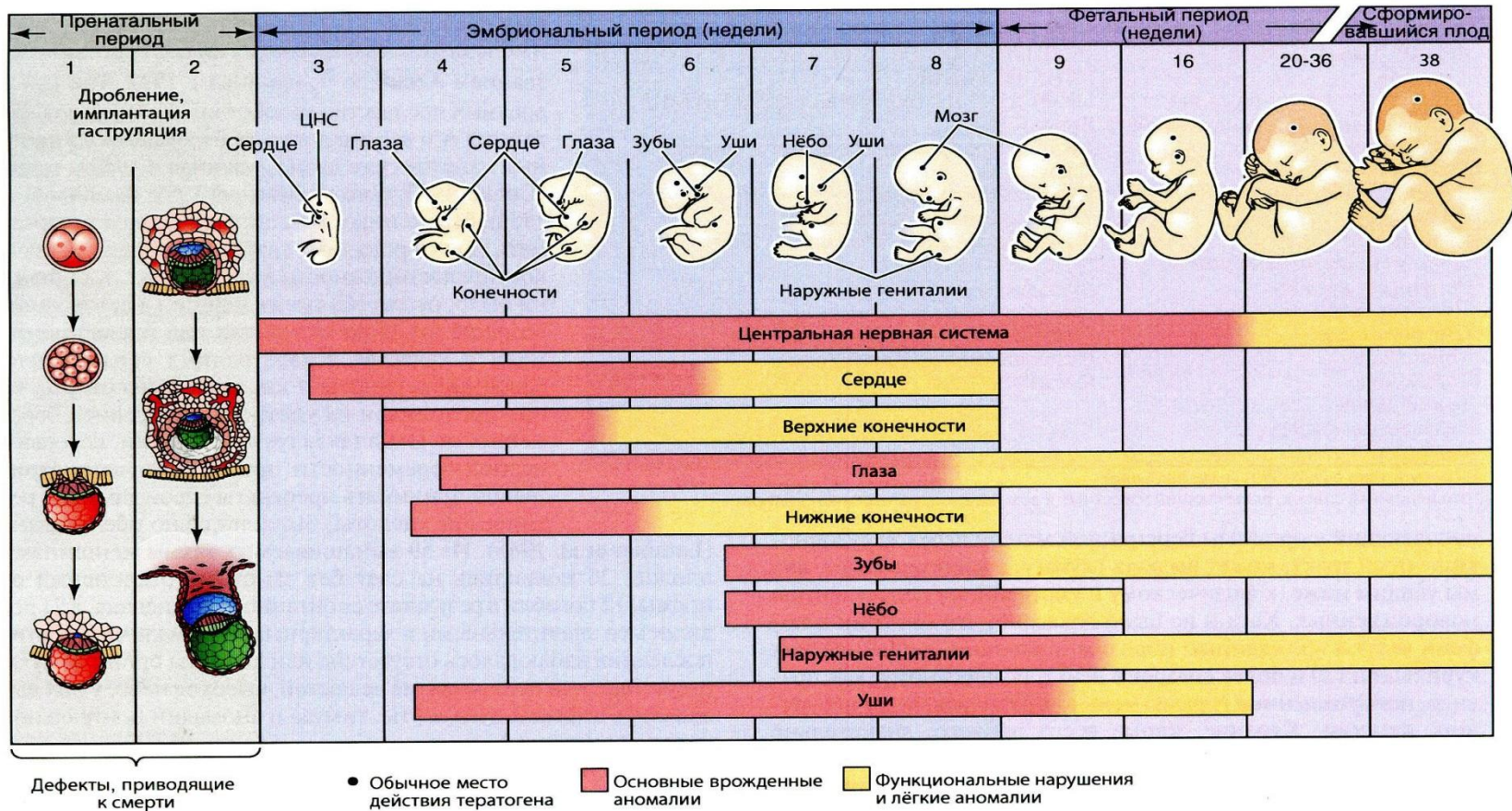
изучение закономерностей влияния окружающей среды на развитие фенотипа животных, значения гетерозиготности популяций и фенотипической пластичности в эволюционных процессах; умение использовать эмбриональные биотесты для биологического контроля природной среды и анализа биобезопасности технологических продуктов.

## Разделы курса:

1. Периодизация онтогенеза и жизненного цикла.  
Пределы толерантности в разные фазы жизненного цикла.
2. Факторы среды, влияющие на размножение, развитие и формирование пола у животных.
3. Типы и уровни адаптаций, их реализация в онтогенезе.
4. Приспособления к изменениям внешней среды в различные периоды развития..

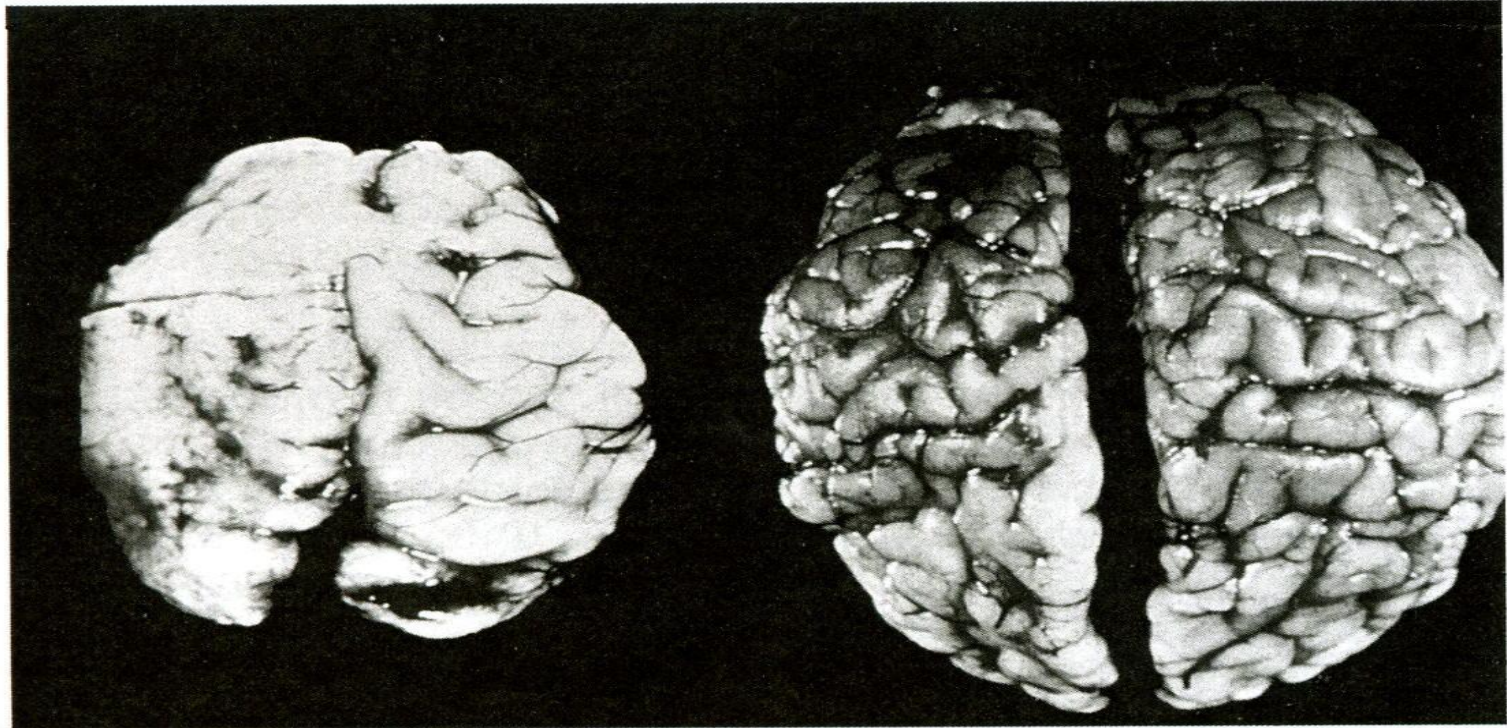
## **Структура курса:**

5. Современная техногенная среда обитания и процессы индивидуального развития дробления.
6. Критические периоды развития. Уровни регуляции клеточной дифференцировки.
7. Стресс как адаптационный синдром. Эффекты регуляции размножения.
8. Механизмы чувствительности эмбриональных клеток.
9. Особенности репродукции животных и растений на урбанизированных территориях. Понятие о биобезопасности. Направления скрининга риска, принятые в международной практике. Принципы эмбриомониторинга.



**Рисунок 21. 11**

Периоды (недели беременности) и степени чувствительности эмбриональных органов (по Moore, Persaud 1993).

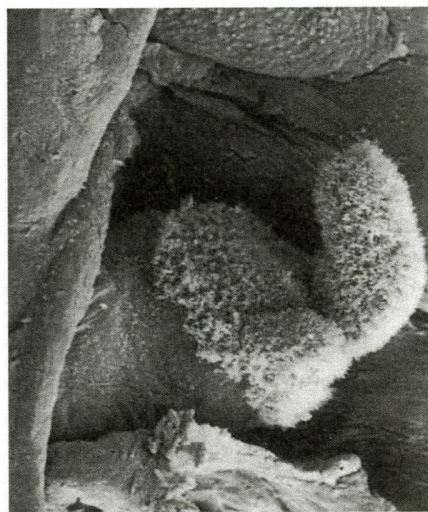


### **Рисунок 21. 12**

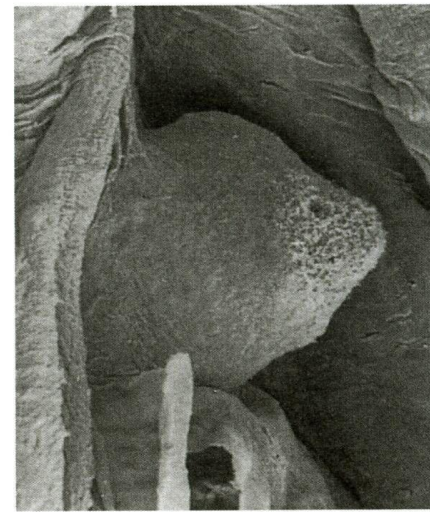
Сравнение головного мозга младенца с фетальным алкогольным синдромом (FAS) — слева и нормального младенца (того же возраста) — справа. Головной мозг младенца с FAS меньше, а мозговые извилины заполнены глиальными клетками, мигрирующими наверх (фото S. Clarren).

**Рисунок 22.2**

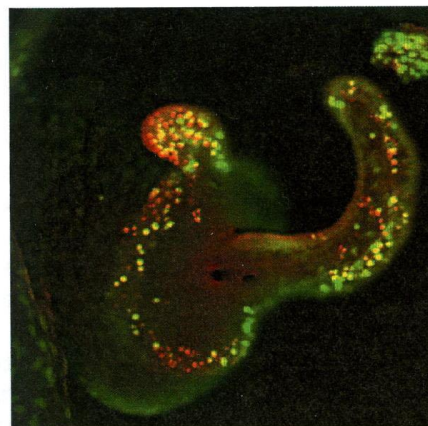
Симбиоз у кальмара *Euprymna*. А, Б — Зачаток органа свечения 3-суточного ювенильного кальмара *E. scolopes* (Микрофотография, полученная с помощью сканирующего электронного микроскопа). А — Орган свечения у неинфицированного ювенильного кальмара. Б — Орган свечения ювенильного кальмара, инфицированного симбиотическими бактериями *V. fischeri*. Очевидна регрессия эпителия. В — Индуцированный бактериями апоптоз показан с помощью окрашивания акридин-оранжевым через 12 часов после инфицирования ювенильного кальмара бактериями. Яркозеленые области — места апоптоза. Г — Орган свечения кальмара, выращенного в отсутствие *V. fischeri*. Места апоптоза не видны. (По Montgomery, McFall-Ngai 1995).



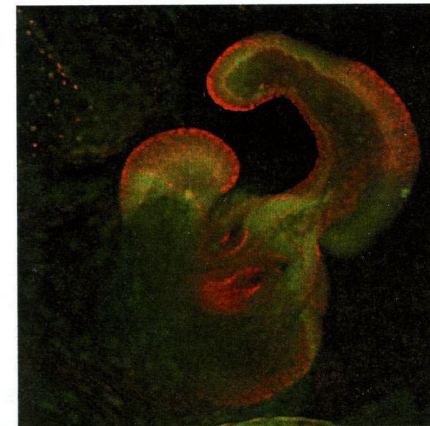
(А)



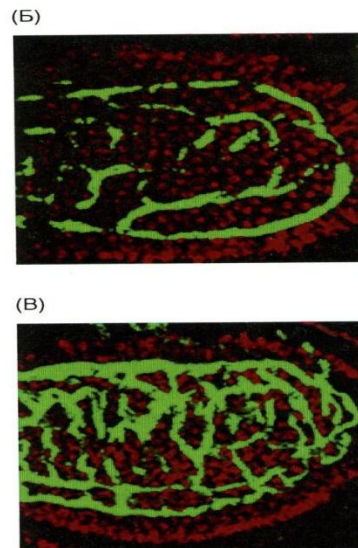
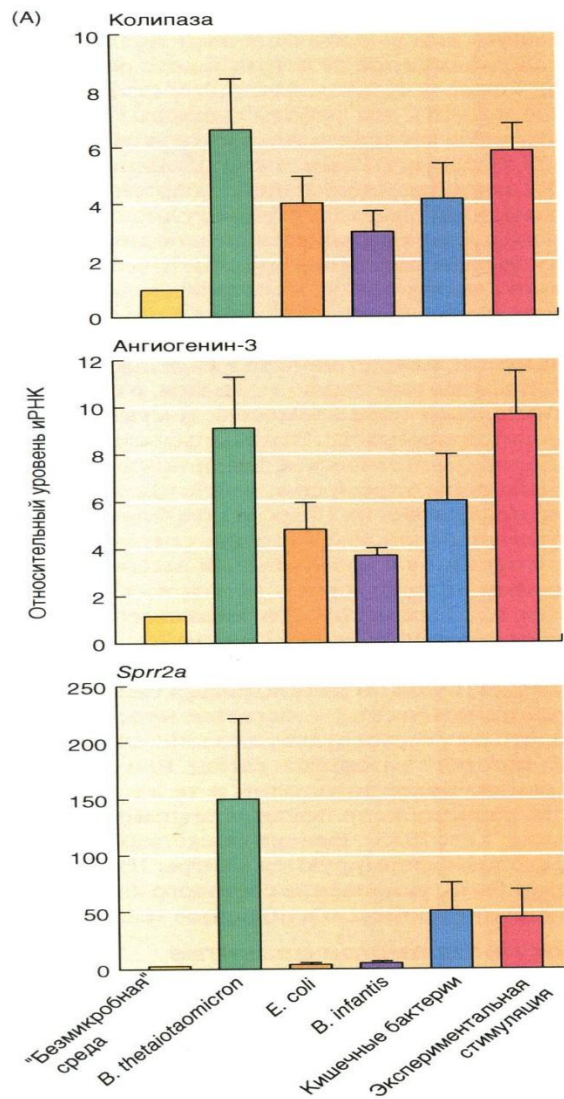
(Б)



(В)



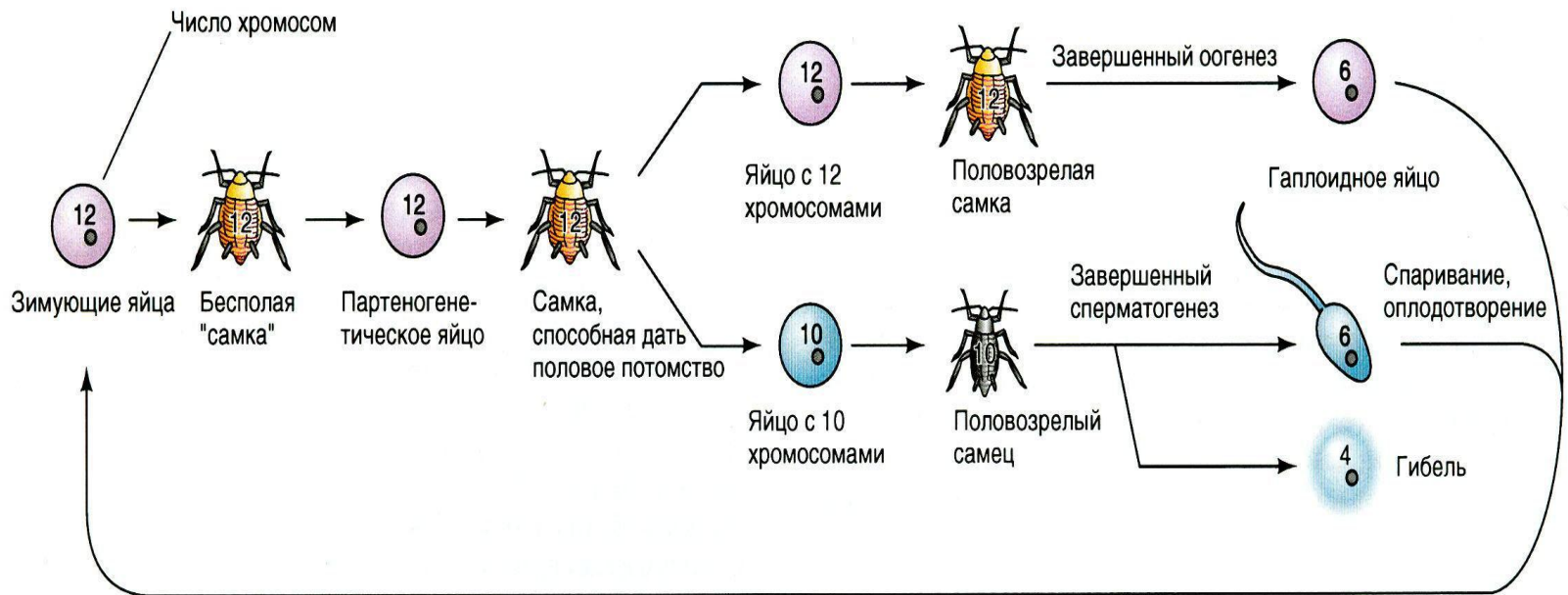
(Г)

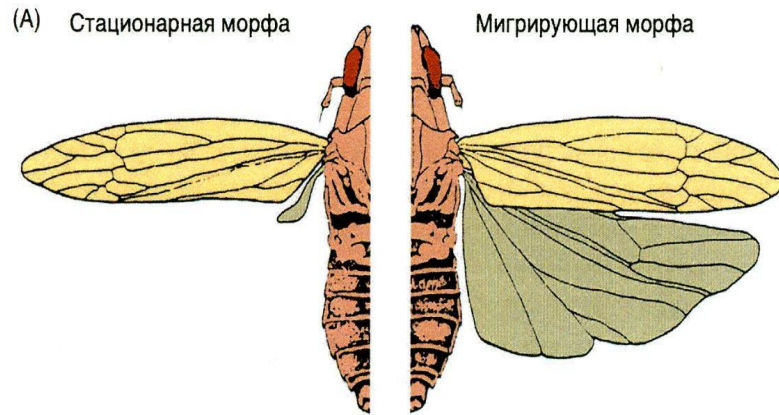


**Рисунок 22.4**

Специфичность ответа генома хозяина на различные бактерии. А — Мыши, выращенные в “безмикробной” среде, были либо оставлены такими же, либо инокулированы одним или более видами бактерий. Спустя 10 дней была выделена кишечная РНК и исследована методом микроэрея. У мышей, выращенных в “безмикробных” условиях, обнаружена очень слабая экспрессия генов, кодирующих колипазу, ангиогенин-3 или белок *sprr2a*. Несколько различных бактерий—*Bacteroides thetaiotaomicron*, *E. coli*, *Bifidobacterium infantis* или ассортимент бактерий, собранных от мышей, выращенных в обычной среде, могут индуцировать гены колипазы или ангиогенина-3. *B. thetaiotaomicron*, очевидно, целиком отвечает за 205-кратное повышение экспрессии *sprr2a*, по сравнению с “безмикробными” животными. (По Hooper et al., 2001.) Б — Конфокально-микроскопический препарат капиллярного русла ворсинки кишечника мыши (срез), выросшей за 6 недель в безмикробной среде (срез), выросшей за 6 недель в безмикробной среде и затем зараженной обычными микроорганизмами кишечника за 10 суток до исследования. Видна полностью сформированная капиллярная сеть. (А — по Hooper et al. 2001; Б, В — по Stappenbeck et al. 2002; фото предоставлены J. L. Gordon).

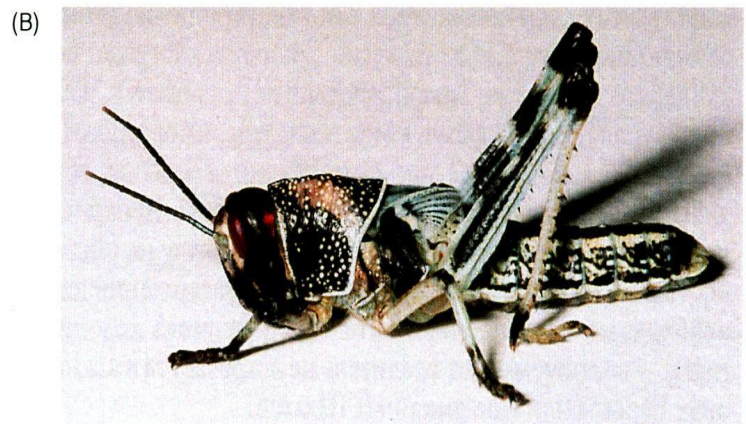
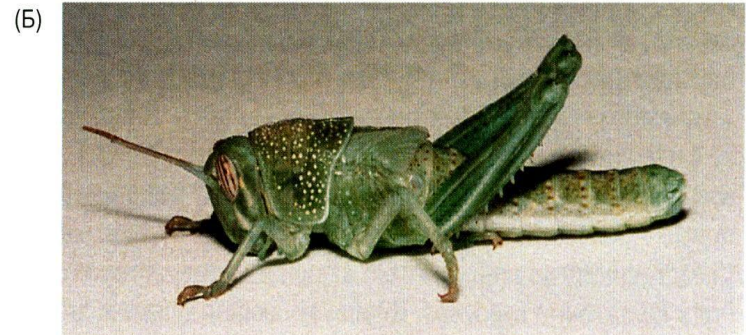


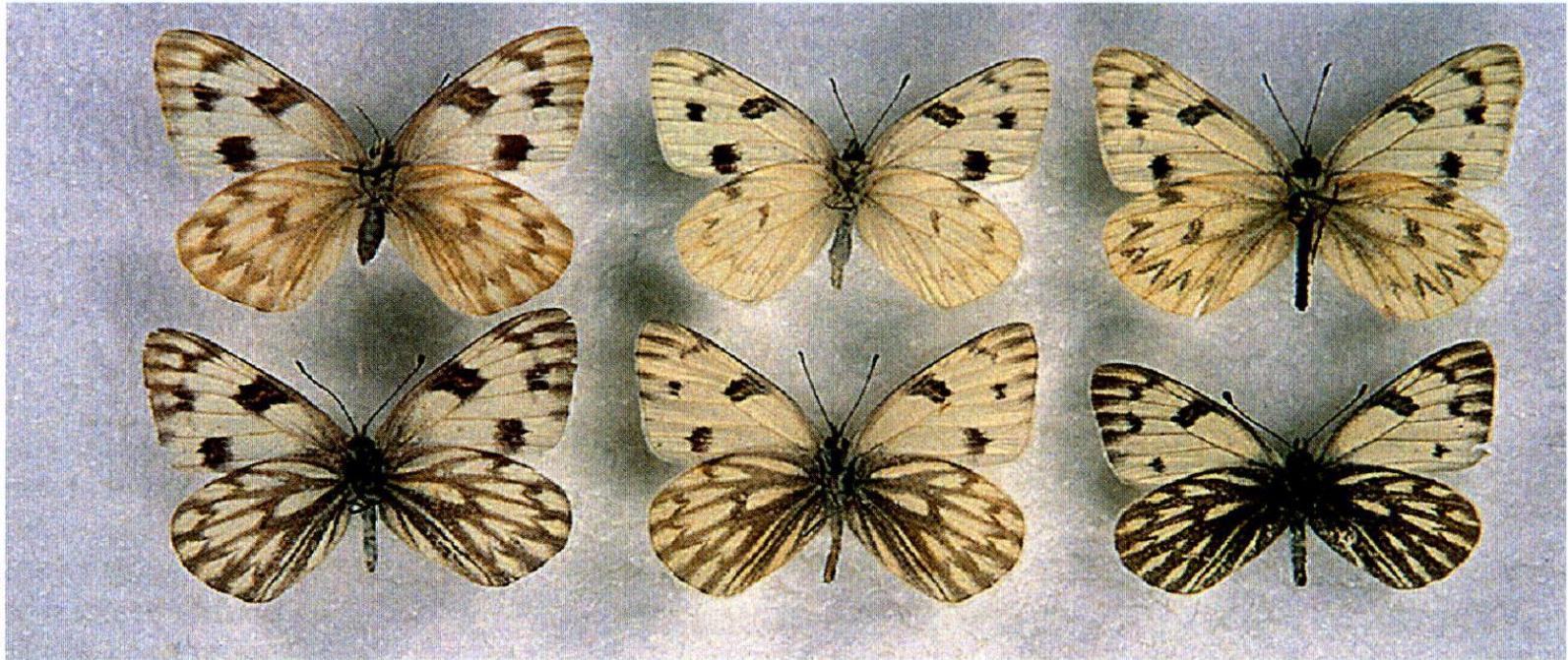




### Рисунок 22.6

Полифении у дельфацид и саранчи, индуцированные плотностью популяции. А — Схема, на которой представлены короткокрылая (слева) и длиннокрылая (справа) формы дельфациды *Prokelisia marginata*. Длиннокрылая мигрирующая морфа — превосходный летун, короткокрылая морфа не летает. Б, В — Изменения, индуцированные плотностью у саранчи *Schistocerca gregaria*. Б — Морфа, существующая при низкой плотности; для нее характерна зеленая пигментация и миниатюрные крылья. В — Морфа “черной саранчи” при высокой плотности; у нее новая пигментация, развитые ноги и крылья. (А — по Denno et al., 1985; Б, В — по Towfik et al. 1999; фото предоставлено S.Tanaka).





### Рисунок 22.7

Полифенические вариации у бабочек *Pontia* (*Pieridae*) В верхнем ряду представлены летние морфы: *P. protodice* самка (слева) и самец (в центре); *P. occidentalis* самец (справа). Нижний ряд, весенние морфы: *P. protodice* самка (слева) и самец (в центре); *P. occidentalis* самец (справа). (Фото предоставлено Т. Valente).



**Рисунок 3. 3**

Две морфы европейской бабочки *Araschnia levana*. Летняя морфа представлена наверху, весенняя морфа — внизу. У этой бабочки фенотипические различия обусловлены влиянием продолжительности дня и температуры на развитие личинок (фото Н. F. Nijhout).

(A)



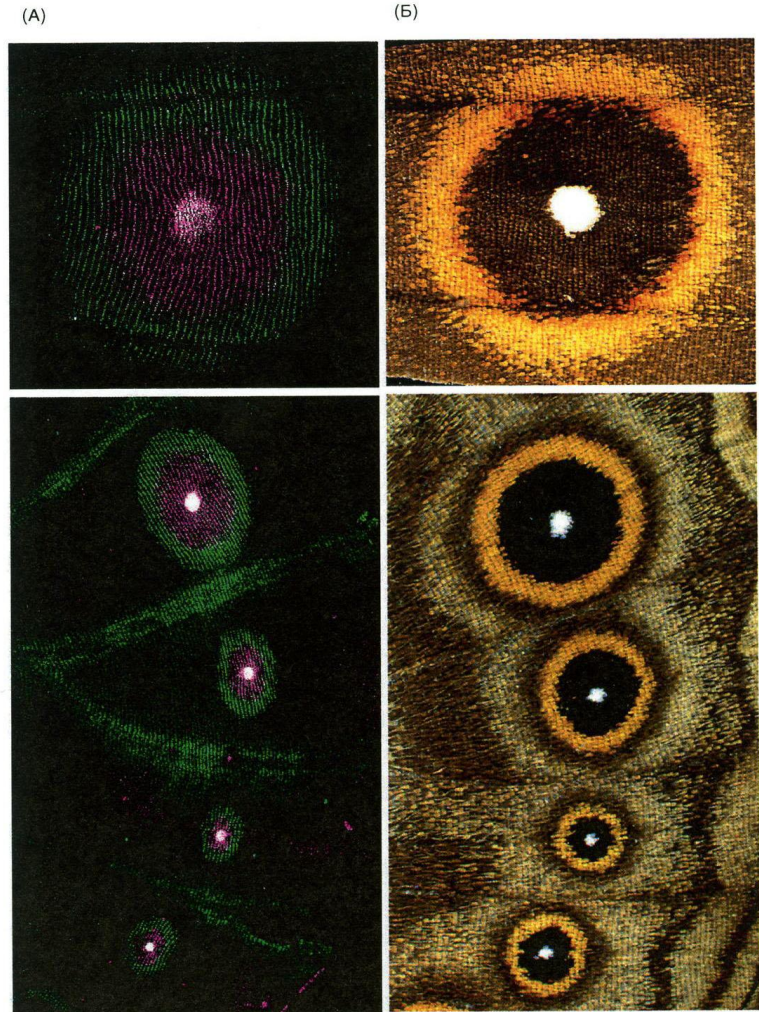
(Б)

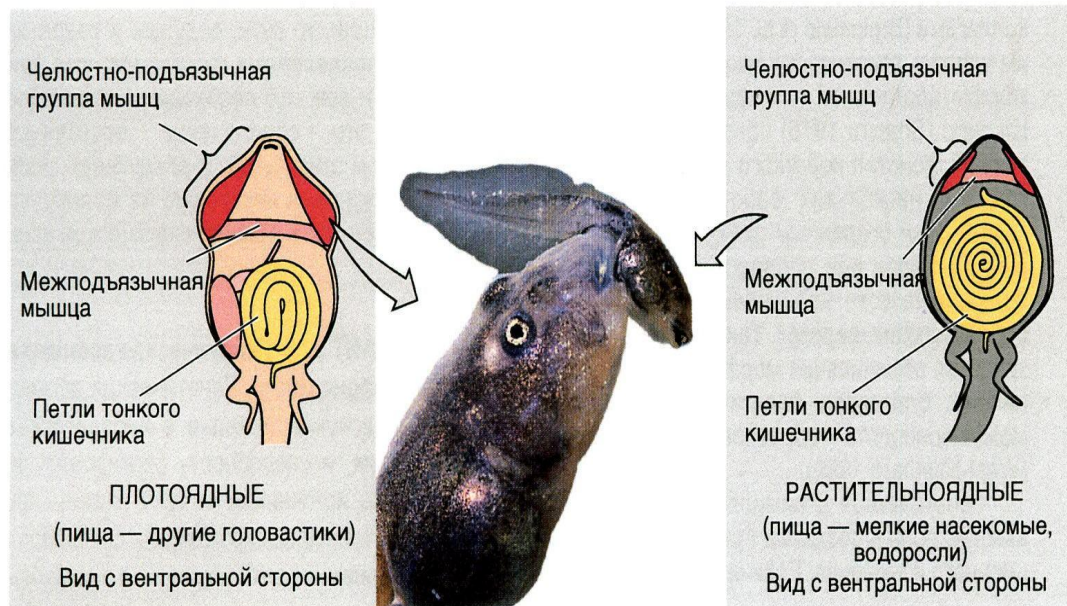
**Рисунок 3. 4**

Две морфы *Nemoria arizonaria*. А — Гусеницы, выводящиеся весной, едят серёжки (цветки) дуба и образующая у них кутикула очень похожа на эти серёжки. Б — Гусеницы, выводящиеся летом (когда цветение уже закончилось), едят дубовые листья. У этих гусениц кутикула напоминает молодые побеги дуба. Фото Е. Greene.

**Рисунок 22.9**

Белки *Distal-less* и *Spalt* определяют концентрические области, соответствующие кольцам пятен на крыльях бабочек. А — Транскрипционные факторы *Distal-less* (пурпурный), *Spalt* (зеленый) и их перекрывание (белый) определяют области распространяющегося имагинального диска крыла, которым соответствуют окрашенные чешуйки взрослого. Б — Часть вентрального заднего крыла взрослой *Vicyclus* с четырьмя из семи пятен и большое вентральное пятно переднего крыла (По Brunetti et al. 2001; фото предоставлены S.Paddock и S.B.Carroll).

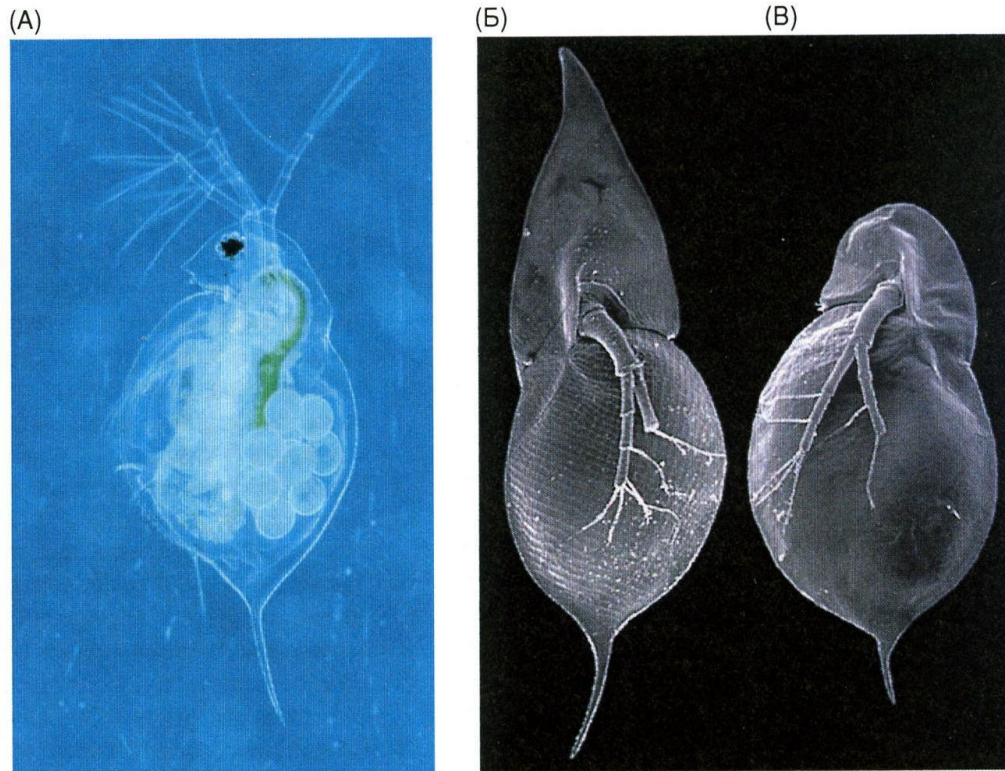




**Рисунок 22.13**

Полифения у головастика жабы-лопатонога, *Scaphiopus couchii*. Типичная морфа всеядна, обычная пища — насекомые и водоросли. Однако в условиях быстрого высыхания пруда образуется плотоядная (каннибалическая) морфа. У нее более широкий рот, сильнее развиты мышцы челюстей, а кишечник модифицирован в соответствии с плотоядным рационом. На центральной фотографии представлен каннибалический головастик, пожирающий более мелкого собрата. (Фото — © Thomas Wiewandt; рисунок R. Ruibel).

мональной сигнальной системой, выделяющей кортикотропин (Denver et al. 1998; Denver 1999). Обе морфы могут быть получены с помощью особого пищевого рациона головастика: ускоренное развитие плотоядных головастика происходит быстрее за счет тироксина, который они получают из поедаемых собратьев. Этот и другие известные случаи полифении характеризуются одной общей особенностью — изменения в развитии контролируются эндокринной системой. Обычно некий чувствительный аппарат регистрирует изменения и посылает нервный сигнал, регулирующий выделение гормона. Затем гормоны могут изменить экспрессию генов координированным и относительно быстрым способом.



**Рисунок 22.16**

Полифения, индуцированная хищником у *Daphnia*. А — *Daphnia* представлены только самками, продуцирующими яйца (они видны на снимке) партеногенетически. Б, В — Индуцированная хищником (Б) и нормальная (В) морфы одного и того же клона дафний (сканирующая электронная микроскопия). (А — по R. Tollrian; Б, В — от A. A. Agrawal).



(А)



(Б)

**Рисунок 22.20**

Озерная форель, 4 недели после вылупления. А — Нормальная личинка с золотисто-желтым желточным мешком. Б — У личинки, обработанной диоксаном, желточный мешок голубой. Он раздут от воды и несет многочисленные признаки кровоизлияний. Такие рыбы характеризуются замедленным ростом, а также аномалиями строения сердца и лицевой части головы. (Фото—R. E. Peterson).

## Литература:

### Основная:

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. / Под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. М.: Academia, 2007, 2008, 2009 (1е, 2е, 3е изд.).
2. Озернюк Н.Д. Механизмы адаптаций. М.: Наука, 1992.
3. Токин Б.П. Общая эмбриология. М.: Высш.шк., 1987.

## **Литература:**

4. Мелехова О.П. Свободнорадикальные процессы в эпигеномной регуляции развития. М.: Наука, 2010.
5. Гилберт С. Биология развития. Перевод 7го издания. М.: 2010г.

## **Дополнительная:**

6. Иванова-Казас О.М., Кричинская Е.Б. Курс сравнительной эмбриологии беспозвоночных животных. Л.: Изд-во ЛГУ, 1988.