

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Костромской государственный университет»
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

БИОЛОГИЯ РАЗМНОЖЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

Направление подготовки/специальность: *06.03.01 Биология*

Направленность/специализация: *Экологические биотехнологии*

Квалификация выпускника: бакалавриат

**Кострома
2023**

Рабочая программа дисциплины *Биология размножения и развития* разработана в соответствии с Федеральным(и) государственным образовательным стандартом высшего образования направления подготовки 06.03.01 – Биология, приказ № 920 от 07.08.2020.

Разработал: Соколова Татьяна Леонидовна, доцент кафедры биологии и экологии, к.б.н.

Рецензенты:

Беляев Андрей Владиславович, директор департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Костромской области

ПРОГРАММА УТВЕРЖДЕНА:

Заведующий кафедрой биологии и экологии:

Сиротина М.В., д.б.н., доцент

Протокол заседания кафедры №_11__ от _20.04.2023 г.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: познакомить студентов с закономерностями размножения и развития организмов как фундаментальной основой жизненных процессов.

Задачи дисциплины:

- дать представление о биологии размножения и развития как научной дисциплине;
- познакомить с комплексом традиционных (описательный, сравнительный, исторический) и современных методов исследования различных стадий онтогенеза;
- изучить основные закономерности биологии размножения животных;
- изучить этапы онтогенеза и фазы эмбрионального развития организмов;
- изучить строение гамет в сравнении с соматическими клетками, гаметогенез и его гормональную регуляцию;
- развить представление о клеточно-молекулярных закономерностях в ходе эмбриогенеза;
- научить определять на микропрепаратах морфологические черты организации зародышей на разных стадиях;
- сформировать представление о роли факторов среды в развитии на разных этапах онтогенеза, о критических периодах развития, о воздействии техногенных факторов на эмбриогенез и онтогенез в целом;
- формирование теоретической базы для дальнейшего изучения анатомии и физиологии человека.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

освоить компетенции:

ОПК-3 способен применять знание основ эволюционной теории, использовать современные представления о структурно-функциональной организации генетической программы живых объектов и методы молекулярной биологии, генетики и биологии развития для исследования механизмов онтогенеза и филогенеза в профессиональной деятельности.

Код и содержание индикаторов компетенции:

ОПК-3.4 Использует знание основ биологии размножения и развития и ее методов для исследования механизмов онтогенеза и филогенеза в профессиональной деятельности.

Знать:

- предмет, задачи, методы исследования, место дисциплины «Биология размножения и развития» в системе биологических наук и ее роль в формировании естественнонаучного мировоззрения биолога;
- особенности размножения растений, различных классов животных;
- основные этапы онтогенеза, морфофункциональные и биохимические изменения в ходе развития различных таксономических групп организмов;
- иметь представление о клеточно-молекулярных закономерностях в ходе эмбриогенеза;
- иметь представление о роли факторов среды в развитии на разных этапах онтогенеза, о критических периодах развития, о воздействии техногенных факторов на эмбриогенез и онтогенез в целом.

Уметь:

- отличать различные стадии развития и характеризовать их;
- проводить сравнительный анализ периодов онтогенеза у представителей беспозвоночных и позвоночных животных;
- использовать знания современной биологии индивидуального развития в профессиональной деятельности.

Владеть:

- навыками микроскопирования и работы в лабораторных условиях;
- навыками использования научной терминологии при описании периодов онтогенеза

различных групп организмов.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

В учебном плане подготовки по направлению 06.03.01 *Биология*, направленность – *Экологические биотехнологии*, дисциплина «Биология размножения и развития» относится к обязательной части учебного плана, по окончании которого студенты сдают зачет, обучающиеся знакомятся с ней в 3 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина: «Зоология» (1 семестры) «Ботаника» (1, 2 семестры), «Цитология» (2 семестр).

Освоение дисциплины «Биология размножения и развития» является основой для освоения следующих дисциплин: «Генетика и селекция» (5 семестр), «Физиология человека и животных» (5, 6 семестр), «Теория эволюции» (7 семестр).

4. Объем дисциплины

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических часов и виды учебной работы

| Виды учебной работы, | Очная форма | Очно-заочная | Заочная |
|--|-------------|--------------|---------|
| Общая трудоемкость в зачетных единицах | 3 з.е. | | |
| Общая трудоемкость в часах | 108 | | |
| Аудиторные занятия в часах, в том числе: | 30 | | |
| Лекции | 14 | | |
| Практические занятия | - | | |
| Лабораторные занятия | 16 | | |
| Практическая подготовка | - | | |
| Самостоятельная работа в часах | 77,75 | | |
| Форма промежуточной аттестации | Зачет 0,25 | | |

4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

| Виды учебных занятий | Очная форма | Очно-заочная | Заочная |
|----------------------|--------------|--------------|---------|
| Лекции | 14 | | |
| Практические занятия | - | | |
| Лабораторные занятий | 16 | | |
| Консультации | | | |
| Зачет/зачеты | 0,25 | | |
| Экзамен/экзамены | - | | |
| Курсовые работы | - | | |
| Курсовые проекты | - | | |
| Всего | 30,25 | | |

5 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

5.1 Тематический план учебной дисциплины

| № | Название раздела, темы | Всего з.е/час | Аудиторные занятия | | | Самостоятельная работа |
|---|----------------------------|---------------|--------------------|--------|------|------------------------|
| | | | Лекц. | Практ. | Лаб. | |
| 1 | Введение. Предмет изучения | 13 | 1 | | | 12 |

| | | | | | | |
|---|---|-------|----|--|----|-------|
| | БРиР, ее место в системе биологических наук, методология и история развития | | | | | |
| 2 | Биология размножения | 9 | 1 | | 2 | 6 |
| 3 | Индивидуальное развитие организмов. Прогенез. Оплодотворение | 30 | 4 | | 6 | 20 |
| 4 | Эмбриогенез | 30 | 6 | | 4 | 20 |
| 5 | Постэмбриональное развитие | 25,75 | 2 | | 4 | 19,75 |
| | Зачет | 0,25 | | | | 0,25 |
| | Итого: | 3/108 | 14 | | 16 | 78 |

5.2. Содержание:

Тема 1. Введение.

Предмет изучения БРиР, ее место в системе биологических наук, связь с другими науками - с цитологией, генетикой и молекулярной биологией. Прикладное значение эмбриологии. История учения об индивидуальном развитии. Вклад отечественных ученых в становление биологии индивидуального развития. Методы биологии развития - описательные, сравнительные, экспериментально-эмбриологические, цитологические, молекулярно-биологические, экологические. Каузально-аналитический метод, его сильные и слабые стороны.

Размножение организмов: половое и бесполое. Онтогенез. Периоды развития: предзародышевый, эмбриональный, постэмбриональный. Прямое и не прямое (личиночное) развитие. Взаимосвязь онтогенеза и филогенеза.

Тема 2. Индивидуальное развитие организмов. Прогенез и эмбриогенез.

Гаметогенез. Половые и соматические клетки. Изо- и гетерогамия. Яйцеклетка, ее строение и свойства. Яйцевые оболочки. Классификация яиц по количеству желтка и его распределению в цитоплазме. Морфология и физиология сперматозоидов. Микроструктура акросомного аппарата, шейки и хвоста спермия. Механизм движения жгутика спермия. Современные представления о формировании первичных половых клеток (гоноцитов) в онтогенезе.

Строение яичника млекопитающего. Оогенез, его стадии. Мейоз, профазы мейоза, цитологические и биохимические перестройки при мейозе. Биохимия оогенеза: синтез и накопление р-РНК и т-РНК; транскрипция структурных генов в оогенезе и рРНК; амплификация ДНК и образование сверхчисленных ядрышек; источники РНК и белка при разных типах оогенеза. Вителлогенез.

Строение семенника млекопитающего. Сперматогенез, его стадии. Спермиогенез. Биохимия сперматогенеза. Особенности полового цикла в связи с условиями существования животных: однократный, сезонный, непрерывный. Ритмика овуляции. Гормональная регуляция полового цикла.

Оплодотворение. Оплодотворение и его биологическое значение. Осеменение. Дистантное взаимодействие гамет. Акросомная реакция спермиев и ее роль в соединении гамет. Физиологическая моно- и полиспермия. Активация яйца. Кортикальная реакция. Механизмы защиты яйца от проникновения многочисленных спермиев у физиологически моноспермных животных. Сингамия. Биохимические изменения в оплодотворенном яйце-зиготе (дыхание, репликация ДНК, синтез белка).

Искусственное осеменение и его значение в медицине, рыбоводстве, птицеводстве и животноводстве. Хранение гамет. Длительность и условия сохранения яйцами и спермиями способности к оплодотворению. Экстракорпоральное оплодотворение и его значение.

Партеногенез естественный и искусственный. Андро- и гиногенез.

Тема 3. Эмбриогенез.

Дробление и бластуляция. Общая характеристика процесса дробления. Особенности деления клеток в период дробления (отсутствие роста клеток, малая продолжительность митотического цикла). Правила клеточного деления Гертвига-Сакса.

Типы дробления, их зависимость от распределения в цитоплазме желтка (полное: равномерное и неравномерное; частичное: дискоидальное и поверхностное) и от свойств цитоплазмы (радиальное, спиральное, двусимметричное).

Строение бластулы у животных с разным типом дробления. Особенности дробления и образования бластоцисты у млекопитающих.

Структура клеточного цикла в период синхронных делений дробления.

Биохимия дробления. Синтез ДНК, РНК и белков в период синхронных и асинхронных делений дробления. Смена функции материнского генома зародышевым. Интеграция зародыша в процессе дробления.

Мозаичные и регуляционные яйца, условность этой классификации, опыты по разделению и слиянию бластомеров, умерщвлению отдельных бластомеров. Эквипотенциальность ядер в процессе дробления. Эксперименты Шпемана по перемещению ядер. Опыты пересадки и инактивации ядер. Возникновение однойцовых близнецов. Полиэмбриония.

Гастрюляция. Гастрюляция как дальнейший этап онтогенеза. Различные способы гастрюляции и особенности строения гаструл у хордовых. Значение исследований А.И. Ковалевского и И.И. Мечникова в создании теории зародышевых листков. Образование двух- и трехслойного зародыша: эктодерма, энтодерма, мезодерма. Способы образования мезодермы (телобластический, энтероцельный). Производные зародышевых листков. Гастрюляция у ланцетника, амфибий рыб, птиц и млекопитающих.

Опыты маркировки. Карты презумптивных зачатков на стадии ранней гастрюлы. Морфогенетические движения (инвагинация, эпиболия, иммиграция, деляминация). Механизмы морфогенетических движений клеток (явления слияния и отталкивания клеток, неравномерность клеточных делений, направленные движения клеток). Опыты разделения и перекомбинации частей зародыша, удаление, пересадка и эксплантация.

Нейруляция, эмбриональная индукция.

Образование нервной трубки и детерминация ее отделов. Нервный гребень. Расчленение хордо-мезодермального зачатка (хорда, ооцит, сомитная ножка, боковая пластинка, париетальный и висцеральный листки и образование вторичной полости тела). Индукция нервной системы. Понятие компетенции зародышевого материала. Детерминационные процессы в пределах хордомезодермального зачатка и в материале эктодермы. Эмбриональная регуляция. Регуляционные и мозаичные яйца. Первичная эмбриональная индукция. Опыты Шпемана и Мангольд. Генетическая регуляция раннего развития. Компетенция эмбриональной ткани. Региональность индуктора. Механизмы индукции.

Провизорные органы. Гистогенез. Ограногенез. Развитие производных эктодермы, мезодермы и энтодермы. Критические периоды в развитии животных и человека.

Тема 4. Постэмбриональное развитие. Постэмбриональное развитие позвоночных животных: периоды раннего и позднего онтогенеза. Ранний онтогенез (рост организма, формирование пропорций и формы тела). Поздний онтогенез (периоды зрелости и старости). Периодизация постнатального периода у человека: ювенильный, пубертатный, юношеский, зрелый, пожилой, старческий, долгожительство. Возрастная периодизация ранних периодов онтогенеза. Ювенильный и пубертатный периоды – периоды раннего онтогенеза. Характеристика периодов. Группы по животным типу роста. Животные с определенным ростом (насекомые, птицы, млекопитающие, человек). Животные с неопределенным ростом (моллюски, ракообразные, рыбы, рептилии и др. животные). Метаморфоз. Реактивация процессов развития при метаморфозе под действием гормонов. Метаморфоз насекомых. Голометаболизм, гемиметаболизм и аметаболизм. Метаморфоз амфибий.

6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

| № п/п | Раздел (тема) дисциплины | Задание | Часы | Методические рекомендации по выполнению задания | Форма контроля |
|-------|--|---|-------|---|---|
| 1. | Введение. Предмет изучения БРиР, ее место в системе биологических наук, методология и история развития | 1. Изучив дополнительные источники составить конспект «Этапы развития эмбриологии» 2. Современные методы изучения БРиР | 12 | Проанализировать дополнительную литературу и интернет ресурсы | Проверка конспекта, устный опрос на зачете |
| 2 | Биология размножения | Используя схему определить формы полового размножения (полового процесса), приведите примеры организмов, для которых характерны данные формы. Заполнить таблицу «Сравнительная характеристика бесполого и полового размножения | 6 | Материалы лекции, рекомендованная литература. | Проверка таблицы, зачет |
| 3. | Индивидуальное развитие организмов. Прогенез. Оплодотворение | 1. Сделать схему Гаметогенез у высших растений. 2. Сделать схему сперматогенез и оогенез у животных. 3. Типы яйцеклеток по содержанию и характеру распределения желтка с примерами организмов | 20 | Проработать материал лекции и дополнительную литературу | Устный опрос, проверка конспекта, схем. Зачет |
| 4. | Эмбриогенез | 1. Типы бластул. 2. Сделать схему и описать типы гастрюляции. 3. Производные эктодермы, энтодермы, мезодермы, мезенхимы. 4. Понятие апоптоз | 20 | Проработать материал лекции и дополнительную литературу | Устный опрос, проверка конспекта, схем. Зачет |
| 5. | Постэмбриональное развитие | 1. Периодизация постнатального онтогенеза 2. Старость как этап онтогенеза. 3. Биологический возраст | 19,75 | Проработать материал лекции и дополнительную литературу | Устный опрос, проверка конспекта, схем. Зачет |

6.3. Тематика и задания для лабораторных занятий

1. Половые клетки. Сперматогенез, овогенез.
2. Оплодотворение. Дробление, бластуляция.
3. Гастрюляция, эмбриональные зачатки, провизорные органы.

Занятие 1. Половые клетки. Сперматогенез, овогенез.

Контрольные вопросы:

1. Что такое сперматогенез, и где он протекает? Стадии сперматогенеза.
2. Что происходит в стадии размножения и роста сперматогенеза?
3. Какие процессы имеют место в стадии созревания и формирования сперматогенеза?
4. Что характерно для стадии размножения овогенеза? Количество образующихся в

результате половых клеток.

5. Какие процессы протекают в женской половой клетке в стадии роста? Какова роль фолликулярных клеток?

6. Чем характеризуется стадия созревания оогенеза?

7. Какие отличия имеют место на разных стадиях сперматогенеза и оогенеза?

8. Какие различают структурные компоненты в сперматозоиде?

9. Что такое акросома спермия, и какую роль она играет?

10. Строение яйцеклеток.

11. Типы яйцеклеток в зависимости от содержания желтка.

Занятие 2-3. Оплодотворение. Дробление, бластуляция

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные этапы эмбрионального развития позвоночных животных. Что такое презумптивные зачатки? В результате чего они возникают?

2. Что такое дробление? В чём состоит отличие дробления зародыша от митотического деления соматической клетки?

3. Какой тип дробления и какие борозды дробления у ланцетника?

4. Строение бластулы ланцетника, презумптивные зачатки.

5. Как протекает дробление у амфибий? Как это отражается на строении бластулы?

Презумптивные зачатки бластулы.

6. Какой тип дробления у рыб и птиц? Какие преобладают борозды дробления?

7. Строение бластулы у рыб и птиц. Презумптивные зачатки бластулы.

8. Особенности дробления зиготы у млекопитающих и человека.

Занятие 3-5. Гастрюляция, нейруляция, эмбриональные зачатки, провизорные органы

Контрольные вопросы:

1. Определение понятия гастрюляция, типы гастрюляции.

2. Гастрюляция у ланцетника.

3. Дифференцировка мезодермы.

4. Гастрюляция у амфибий.

5. Гастрюляция у рыб.

6. Гастрюляция у птиц, млекопитающих и человека.

7. Чем характеризуется нейруляция?

8. Определение понятия "провизорные органы", их виды.

9. Образование желточного мешка у рыб, его значение.

10. Образование и значение амниона, серозной оболочки, желточного мешка у птиц.

11. Провизорные органы у млекопитающих и человека. Хорион, плацента.

Занятие 6-8. Развитие ланцетника, амфибий, птиц, млекопитающих

Контрольные вопросы:

1. Дайте характеристику процесса дробления и его механизмов.

2. Что такое гастрюляция? Каковы ее механизмы?

3. Сформулируйте положения теории о трех зародышевых листках.

4. Опишите процесс формирования осевых органов.

5. Охарактеризуйте процессы дробления, гастрюляции и нейруляции ланцетника.

6. Дайте характеристику процесса дробления амфибий. Объясните, каким образом строение яйцеклетки определяет тип дробления.

7. Охарактеризуйте процесс гастрюляции амфибий.

8. Какие особенности характерны для нейрулы амфибий?

9. Охарактеризуйте процессы метаморфоза амфибий и его механизмы.

10. Какие животные относятся к группе амниот?

11. Какой тип дробления характерен для птиц. Каковы его особенности?

12. Каким образом осуществляется у птиц гастрюляция?

13. Каким образом осуществляется у птиц нейруляция?

14. Какие мезодермальные зачатки обособляются в ходе нейруляции?

15. Дайте общую характеристику эмбриогенеза млекопитающих.

16. Опишите основные этапы развития плацентарных млекопитающих.

17. Каковы особенности дробления и бластуляции у млекопитающих.

18. Как проходит гастрюляция у млекопитающих?
19. Каковы особенности нейруляции и закладка осевых органов у млекопитающих.

7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная:

Гистология, цитология и эмбриология : учеб. для студ. мед. вузов / под ред. Ю. И. Афанасьева [и др.]. - Изд. 6-е, перераб. и доп. - М. : Медицина, 2004. - 768 с. : ил. - (Учебная литература для студентов медицинских вузов). - Предм. указ.: с. 745-757. - ISBN 5-225-04858-7 : 1700.00 – 1 экз.

Гистология, цитология и эмбриология : Учеб. для студ. мед. вузов / Под ред. Ю. И. Афанасьева, Н. А. Юриной. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Медицина, 2001. - 744 с. : ил. – 4 экз.

Голиченков, В. А. Эмбриология : Учеб. для студ. - М. : Академия, 2004. - 224 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование). - (Естественные науки). - Библиогр.: с. 214-215. - ISBN 5-7695-1168-0 : 172.48. – 30 экз.

Лабораторные занятия по курсу гистологии, цитологии и эмбриологии : Учеб. пособие для студ. мед. вузов / Под ред. Ю. И. Афанасьева, А. Н. Яцковского. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Медицина, 2004. - 328 с. : ил. - (Учебная литература для студентов медицинских вузов). - ISBN 5-225-04525-1 : 697.76. – 5 экз.

Лабораторные занятия по курсу гистологии, цитологии и эмбриологии : [учеб. для студ. мед. спец. вузов] / под ред. Ю. И. Афанасьева. - М. : Высш. школа, 1990. - 399 с. : ил. - ISBN 5-06-001025-2 : 1.20. – 46 экз.

Новиков А.И. Руководство к лабораторным занятиям по гистологии с основами эмбриологии : [учеб. пособие для студ. пед. ин-тов по биол. спец.]. - М. : Просвещение, 1984. - 168 с. : ил. - Библиогр.: с. 167. - 0.50. – 97 экз.

б) дополнительная:

Антипчук Ю. П. Гистология с основами эмбриологии : [учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по биол. спец.] : допущено М-вом просвещения СССР. - М. : Просвещение, 1983. - 240 с., [4] л. ил. : ил. - Библиогр.: с. 239. - 0.80. – 74 экз.

Белоусов, Л.В. Основы общей эмбриологии : Учебник. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МГУ, 1993. - 304 с. : ил. - ISBN 5-211-02474-5 : 600.00 – 3 экз.

Брусилковский А.И. Жизнь до рождения: Эмбриология человека. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Знание, 1991. - 224 с. - ЕН, ОПД. - ISBN 5-07-000688-6 : 0.90. – 2 экз.

Васильев Ю.Г. Цитология, гистология, эмбриология : [учебник] : допущено М-вом сельского хоз-ва. - СПб. : Лань, 2009. - 575, [1] с. + 1 опт. диск. : ил. - (Ветеринарная медицина) (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 568-570. - ISBN 978-5-8114-0899-3 : 752.84. – 1 экз.

Гилберт, С. Биология развития : В 3-х тт.: Пер.с англ. Т.3. - М. : Мир, 1995. - 352 с. - Библиогр. в конце каждой главы. - ISBN 5-03-001833-6 : 117.00. – 2 экз.

Гистология, цитология и эмбриология : учеб. для студ. мед. вузов / под ред. Ю. И. Афанасьева [и др.]. - Изд. 6-е, перераб. и доп. - М. : Медицина, 2004. - 768 с. : ил. - (Учебная литература для студентов медицинских вузов). - Предм. указ.: с. 745-757. - ISBN 5-225-04858-7 : 1700.00. – 1 экз.

Кауфман З.С. Эмбриология рыб : [монография]. - М. : Агропромиздат, 1990. - 271, [1] с. : ил. - Библиогр.: с. 256-262. - Предметный указ.: с. 263-270. - ISBN 5-10-000979-9 : 3.70. – 1 экз.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Информационно-справочный ресурс по биологии – [www. Cell Biology.ru](http://www.CellBiology.ru)

Сетевое информационное издание о современной биологии – www.biomolecula.ru

<http://chembaby.com> – Эмбриология МГУ.

<http://docplayer.ru/31398432-Biologiya-razmnozheniya-i-razvitiya.html>

<http://histol.ru/atlas/epithelia.htm> - Атлас микрофотографий по гистологии.

<https://www.zin.ru/projects/neuromorphology/collection.html?id=30> – Атлас по морфологии нервной системы животных. Учебно-демонстрационная коллекция гистологических препаратов Кафедры гистологии и эмбриологии им. проф. А.Г. Кнорре СПбГПМУ

Электронные библиотечные системы:

1. ЭБС «ZnaniUM.COM» <http://znanium.com>

2. «Лань» <https://e.lanbook.com>

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

| | | |
|---|---|--|
| Аудитория для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Специализированная мебель; рабочее место преподавателя; мультимедийный проектор; персональный компьютер; доска меловая, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий. | Windows XP по лицензии OEM Software (поставщик ООО «Системный интегратор», договор № 22 ГК от 16.12.2016 г.); Свободно распространяемое программное обеспечение: LibreOffice (тип лицензии - GNU LGPL v3+) |
|---|---|--|

Лабораторные занятия проводятся в аудитории, оснащенной современным оборудованием и приборами: биноклярные микроскопы, биноклярные лупы и др., наборы микропрепаратов по эмбриологии; муляжи с развитием различных организмов.