



**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
БОТАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В.Л. КОМАРОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

УТВЕРЖДЕНО

на заседании Ученого совета БИН РАН
протокол № 8 от 14 апреля 2025 года

Директор БИН РАН

Д.О.Н.,

Д.В. Гельтман



Рабочая программа факультативной дисциплины
«ЭМБРИОЛОГИЯ И РЕПРОДУКЦИЯ РАСТЕНИЙ»

программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

научная специальность:
1.5.9 Ботаника

Санкт-Петербург

2025

Составители рабочей программы:

Виноградова Галина Юрьевна, к.б.н., ст. науч. сотр. лаб. эмбриологии и репродуктивной биологии БИН.РАН,

Титова Галина Евгеньевна, к.б.н., зав. лаб. эмбриологии и репродуктивной биологии БИН.РАН.

ДИСЦИПЛИНА «ЭМБРИОЛОГИЯ И РЕПРОДУКЦИЯ РАСТЕНИЙ»

научные специальности:

1.5.9 Ботаника

1.5.15 Экология

1.5.18 Микология

1.5.21 Физиология и биохимия растений

Курс: 2, 3 курс

Трудоёмкость в ЗЕТ - 3

Трудоёмкость в часах - 108

ПРЕДИСЛОВИЕ

Рабочая программа дисциплины «Эмбриология и репродукция растений» разработана и составлена на основании Федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, в соответствии с учебными планами подготовки аспирантов в БИН РАН по научным специальностям 1.5.9 Ботаника, 1.5.15 Экология, 1.5.18 Микология, 1.5.21 Физиология и биохимия растений.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели изучения дисциплины «Эмбриология и репродукция растений»

– Освоение аспирантами базовых теоретических и практических знаний по эмбриологии цветковых растений: структурно-функциональная организация репродуктивных структур (пыльника, пыльцевого зерна, семязачатка, зародышевого мешка, семени, зародыша, эндосперма), морфогенетические корреляции в их развитии, закономерности и механизмы регуляции основных эмбриологических процессов (микро- и мегаспорогенез, микро- и мегагаметофитогенез, оплодотворение, эмбрио- и эндоспермогенез) и явлений (апомиксис, полиэмбриония, цитоплазматическая мужская стерильность, гибридизация и др.), основы репродуктивной биологии (биология цветения и опыления, прорастания, семенная продуктивность, репродуктивный успех), экологической, популяционной и экспериментальной эмбриологии.

– Получение представлений о значении эмбриологических признаков для решения вопросов систематики и филогении растений, а также об использовании эмбриологических данных в генетико-селекционных работах, экологических

мониторингах, включая возобновление растительных сообществ.

– Познание основных подходов и методов к изучению репродукции растений; приобретение умений и навыков в этой области.

– Ознакомление со спектром современных научных проблем эмбриологии растений, перспективами их изучения и возможными путями их решения.

Задачи дисциплины:

– дать аспирантами теоретические и практические знания в области изучения эмбриологии и репродуктивной биологии растений;

– сформировать у аспирантов способность самостоятельно решать на современном уровне задачи в области эмбриологии растений;

– подготовить аспирантов к использованию полученных знаний при осуществлении собственных исследований.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Учебная дисциплина «Эмбриология и репродукция растений» является факультативной при подготовке аспирантов по научным специальностям 1.5.9 Ботаника, 1.5.15 Экология, 1.5.18 Микология, 1.5.21 Физиология и биохимия растений.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания по ботанике, физиологии, генетике и экологии растений в объеме программы высшего образования.

Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, будут полезны при подготовке к кандидатскому экзамену по специальности, а также при подготовке и написании научно-квалификационной диссертационной работы.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны:

знать:

- типы размножения, способы воспроизведения и пути морфогенеза у растений;
- основные принципы структурно-функциональной организации репродуктивных структур (пыльника, пыльцевого зерна, семязачатка, зародышевого мешка, семени, зародыша, эндосперма) и закономерности их развития;

- основы репродуктивной биологии;

уметь:

- использовать современные методы цитоэмбриологических исследований для постановки и решения собственных исследовательских задач;

владеть:

- навыком доступно и логично излагать полученные знания (в ходе беседы, дискуссии, опроса, экзамена и т.п.);

- навыком использования современных образовательных и информационных технологий;

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Приводимая ниже таблица показывает распределение бюджета учебного времени, отводимого на освоение основных разделов курса согласно учебному плану

Форма обучения очная, 2-й или 3-й курс аспирантуры; вид отчетности — зачёт

Вид учебной работы	Объем часов	Объем зачетных единиц
Трудоемкость изучения дисциплины	108	3
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	22	0.6
в том числе:		
-лекции	22	0,6
-семинары		0
-практические занятия		0
Самостоятельная работа аспиранта (всего)	86	2.4
в том числе:		
-Подготовка к практическим занятиям		0
-Подготовка реферата		0
-Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку	86	2.4

4.2. Объем дисциплины и виды учебной работы

№ п/п	Название раздела дисциплины	Объем часов / зачетных единиц	
		лекции	самостоятельная работа
1	Предмет, задачи и методы эмбриологии растений	1	1
2	Цветок и соцветие	2	5

3	Мужские репродуктивные структуры	2	10
4	Женские репродуктивные структуры. Семязачаток	2	10
5	Женские репродуктивные структуры. Женский гаметофит (зародышевый мешок)	2	10
6	Системы опыления и системы скрещивания	1	5
7	Двойное оплодотворение	2	10
8	Семя. Эндосперм. Перисперм	2	5
9	Семя. Зародыш	2	10
10	Покой и прорастание семени	2	5
11	Апомиксис и полиэмбриония	2	10
12	Экспериментальная эмбриология	2	5
	ИТОГО:	22/0.6	86/2,4

4.3. Содержание разделов и темы занятий

Тема 1. Предмет, задачи и методы эмбриологии растений. Эмбриология растений и индивидуальное развитие растительного организма (онтогенез). Понятия «воспроизведение», «размножение», «возобновление», «половой процесс», «бесполой процесс», «гомофазная и гетерофазная репродукция», «семенное размножение», «вегетативное размножение». Основные направления современной эмбриологии: описательная эмбриология (цитозембриология), сравнительная (систематическая), экспериментальная, экологическая, популяционная эмбриология.

Тема 2. Цветок и соцветие. Общее представление. Андроцей. Тычинка. Гинецей. Плодолистик. Плацента. Основные типы строения гинецея (апокарпный, синкарпный, лизикарпный и др.) и плацентации. Происхождение цветка. Классификация соцветий. Псевдангий, граница между соцветием и цветком.

Тема 3. Мужские репродуктивные структуры. Строение пыльника: микроспорангий, теки, связник. Формирование стенки микроспорангия и ее слоев – эпидермис, эндотеций, средние слои, тапетум, основные функции слоев. Типы развития стенки микроспорангия. Мужской археспорий, спорогенная ткань, микроспороцит, тетрада микроспор – общие понятия и закономерности формирования. Типы микроспорогенеза (симультаный, сукцессивный, промежуточный); типы тетрад микроспор. Формирование мужского гаметофита; специфика гаметогенеза у разных таксонов цветковых растений. Цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС); роль тапетума в ее возникновении.

Тема 4. Женские репродуктивные структуры. Семязачаток. Основные структуры семязачатка – нуцеллус (мегаспорангий), интегументы, халаза, фуникулус, рафе, микропиле (общее представление). Типы строения семязачатков по строению нуцеллуса (крассинуцеллятный, тенуинуцеллятный,

медионуцеллярный); числу интегументов (битегмальный, унитегмальный, атегмальный), ориентации морфологической оси семязачатка относительно плаценты (ортотропный, анатропный, гемитропный, кампилотропный).

Тема 5. Женские репродуктивные структуры. Женский гаметофит (зародышевый мешок). Женский археспорий, мегаспороцит, тетрада мегаспор - общие понятия и закономерности формирования. Типы мегаспорогенеза (моноспорический, биспорический, тетраспорический); типы тетрад мегаспор. Формирование зародышевого мешка, становление полярности, клеткообразование. Ультраструктурные и цитохимические аспекты мегаспорогенеза и развития зародышевого мешка (формирование каллозы, цитоскелет, роль апоптоза). Современные представления о механизмах регуляции развития женского гаметофита (гормональная, генная регуляция, позиционный контроль и др.).

Тема 6. Системы опыления и системы скрещивания. Типы и способы опыления у растений, основные агенты. Генетическое значение самоопыления и перекрестного опыления; системы скрещивания (аутбридинг, инбридинг, инбридинговая депрессия, коэффициент инбридинга). Механизмы, предотвращающие самоопыление (дихогамия, гетеростилия, раздельнополость, самонесовместимость).

Тема 7. Двойное оплодотворение. История открытия двойного оплодотворения у цветковых растений, роль отечественных ученых в изучении оплодотворения у цветковых растений (работы С. Г. Навашина, Е. Н. Герасимовой-Навашиной). Прогамная фаза оплодотворения. порогамия, халазогамия. Два звена оплодотворения: сингамия и тройное слияние. Механизмы двойного оплодотворения (поведение мужской и женской оплодотворяющих систем); основные гипотезы механизма расхождения спермиев к яйцеклетке и центральной клетке (митотическая, энантиоморфизм спермиев; роль цитоскелета). Биологическая сущность двойного оплодотворения.

Тема. 8. Семя. Эндосперм. Перисперм. Семя как единица диссеминации (генеративная диаспора). Структуры семени, основные типы строения семенной кожуры (тестально-тегминальные, тегминально-тестальные семена и др. типы); гетероспермия. Типы семян по месту отложения запасных веществ. Типы развития эндосперма: целлюлярный, нуклеарный, гелобиаальный и их характеристика. Биологическое значение возникновения эндосперма у цветковых.

Тема. 9. Семя. Зародыш. Строение зародыша и его основные органы: общее представление. Эмбриогенез, его основные стадии и критерии выделения: зигота, проэмбрио, глобулярная, переходная, сердцевидная, торпедовидная стадии, морфологически сформированный зародыш, зародыш зрелого семени. Понятие «критические стадии развития». Различия в строении зародышей двудольных и однодольных растений; основные гипотезы происхождения зародыша однодольных растений. Хлорофиллоносность зародыша как признак для классификации цветковых растений. Ультраструктурные, гистохимические и физиолого-биохимические аспекты эмбриогенеза: полярность, симметрия, экспрессия генов в эмбриогенезе; автономность зародыша.

Тема. 10. Покой семян и прорастание. История изучения вопроса.

Классификации типов покоя: экзогенный, эндогенный, комбинированный. Морфологический, физиологический, морфофизиологический. Вторичный покой. Физиологический механизм торможения прорастания. Гетерогенность семян по типам и глубине покоя. Молекулярно-генетические, биохимические основы покоя семян. Комплексные методы изучения. Физиологические механизмы прорастания. Гормональная регуляция доразвития зародыша и развития проростка.

Тема 11. Апомиксис и полиэмбриония. Классификация типов апомиксиса: апоспория, диплоспория, партеногенез (гиногенез, андрогенез, нередуцированный партеногенез). Псевдогамия. Связь апомиксиса с полиэмбрионией. Типы полиэмбрионии: гаметофитная (антиподальная, синергидная); спорофитная (кливажная, нуцеллярная, интегументальная). Взаимоотношение зародыша и эндосперма при апомиксисе. Цитогенетические, ультраструктурные, физиолого-биохимические, молекулярно-генетические аспекты апомиксиса.

Тема 12. Экспериментальная эмбриология. Методика и классификация экспериментальных исследований. Теоретические основы культивирования *in vitro* репродуктивных структур: пути морфогенеза *in vivo* и *in vitro*; использование «критических» стадий развития. Тиражирование ценных генотипов растений на основе разных путей морфогенеза (каллусогенез, прямой и непрямой соматический эмбриогенез/эмбриодогенез, гемморизогенез).

4.4. Практические занятия.

Не предусмотрены.

4.5. Самостоятельная работа аспиранта.

Тема 1. Предмет, задачи и методы эмбриологии растений. Репродуктивная биология (общее представление): биология цветения, семенная продуктивность, понятия «репродуктивная стратегия» и «репродуктивный успех». Подходы и методы исследования.

Тема 2. Цветок и соцветие. Разнообразие цветков и соцветий, типы цветков.

Тема 3. Мужские репродуктивные структуры. Периодизация развития пыльника. Явление цитомиксиса. Пыльцевое зерно: 2-клеточное и 3-клеточное; движение ядер и клеток в развивающемся пыльцевом зерне. Цитохимия и ультраструктурные аспекты мейоза, развития вегетативной, генеративной клетки и клеток-спермиев; диморфизм спермиев. Строение оболочки пыльцевого зерна. Понятие «мужская оплодотворяющая система (единица)». Специфика генной экспрессии в пыльцевом зерне; особенности его взаимодействия с тканями спорофита (стенкой пыльника).

Тема 4. Женские репродуктивные структуры. Семязачаток. Специализированные структуры семязачатка (обтуратор, гипостаза, подиум, постамент и др.). Проводящая система и транспорт веществ в семязачатке.

Тема 5. Женские репродуктивные структуры. Женский гаметофит (зародышевый мешок). Принципы классификации типов развития зародышевого мешка цветковых растений, их характеристика. Основные элементы зародышевого мешка (яйцеклетка, синергиды, центральная клетка и полярные ядра, антиподы), морфологическое разнообразие строения яйцевого и

антиподального аппаратов; специфика топографии клеток, их основные функции. Особенности взаимодействия зародышевого мешка с тканями семязачатка (материнского спорофита).

Тема 6. Системы опыления и системы скрещивания. Половой полиморфизм цветков (обоеполые, тычиночные, пестичные, функционально однополые и структурно однополые). Половые типы растений – гермафродитные, однодомные, двудомные, многодомные растения; понятия моноэции, андромоноэции, гинодиэции и др., биологическое значение этих явлений.

Тема 7. Двойное оплодотворение. Типы оплодотворения (с точки зрения митотического цикла клетки и в свете данных электронной микроскопии). Передача цитоплазмы при оплодотворении. Цитохимия процесса оплодотворения. Полиспермия. Нарушения процесса оплодотворения. Аномалии роста пыльцевых трубок и оплодотворения при различных воздействиях, отдаленной гибридизации.

Тема 8. Семя. Эндосперм. Перисперм. Эндоспермальные гаустории. Запасные вещества. Понятие о ксенях. Перисперм, особенности его строения у разных таксонов двудольных и однодольных растений. Биологическое значение возникновения эндосперма у цветковых.

Тема 9. Семя. Зародыш. Законы развития зародыша (проэмбриональная фаза). Протодерма (эмбриодерма). Суспензор, его функции. Семядоли, вариации в развитии и строении семядольного аппарата. Эпикотиль: эпифизис, апекс побега. Гипокотиль. Зародышевый корень: гипофизис, апекс корня (дерматоген, периблема, плерома). Корневой чехлик. Типы эмбриогенеза, принципы их классификации. Морфологическая классификация типов зрелого зародыша. Редуцированные и недифференцированные на органы зародыши. Принципы экологической классификации зародышей. Взаимодействие зародыша в процессе развития с тканями семени (материнского спорофита).

Тема 10. Покой семян и прорастание. Покой семян (вынужденный, органический). Прорастание семени. Строение проростка. Экологические аспекты покоя и прорастания, актуальность и проблематика.

Тема 11. Апомиксис и полиэмбриония. Гаметофитный и спорофитный апомиксис (общее представление). Роль апомиксиса в эволюции цветковых растений. Апомиксис как способ закрепления гетерозиса и его значение для сельского хозяйства.

Тема 12. Экспериментальная эмбриология. Оплодотворение *in vitro*. Преодоление несовместимости при гибридизации (культура изолированных зародышей, техника «embryo rescue» и др.). Создание новых форм растений на основе способности репродуктивных клеток к переключению программ развития (с гаметофитной на спорофитную и др.) и с использованием методов генной инженерии. Явления гаплоидии, парасексуальной гибридизации (слияние протопластов).

4.6. Темы рефератов

Не предусмотрены.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.

Технология процесса обучения аспирантов включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- аудиторные занятия (лекции, практические занятия);
- самостоятельная работа аспирантов;
- контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончанию: зачет в 3-ем семестре.

В процессе изучения дисциплины, как лектором, так и обучающимися используется метод проблемного изложения материала, самостоятельное чтение аспирантами учебной, учебно-методической и справочной литературы, анализ информационных ресурсов в научных библиотеках и сети Internet по актуальным проблемам и последующие свободные дискуссии по освоенному ими материалу.

Аудиторные занятия проводятся с использованием информационно-телекоммуникационных технологий: учебный материал представлен также в виде мультимедийных презентаций. Презентации позволяют четко структурировать материал занятия.

Самостоятельная работа аспирантов организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- поиск научной информации в открытых источниках с целью ее анализа и выявления ключевых особенностей исследуемых явлений;
- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы, постановка которых отвечает целям освоения дисциплины;
- решение проблемных задач стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

6.1. Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений.

6.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация включает зачет в 3 или 5 семестре. Зачет проводится в форме собеседования.

6.3. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

6.3.1. Критерии оценивания для зачета

Оценка «Зачтено». Систематическое посещение занятий в течение учебного года. Наличие глубоких исчерпывающих знаний (в объеме утвержденной программы дисциплины в соответствии с поставленными программой курса целями и задачами обучения); грамотное и логически стройное изложение материала, усвоение основной и знакомство с дополнительной литературой.

Оценка «Не зачтено». Пропущено значительное количество занятий без уважительной причины. Наличие недостаточно полных знаний (в объеме утвержденной программы), изложение материала с отдельными ошибками, не правильные в целом действия по применению знаний на практике.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Основная литература

1. Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 1. Генеративные органы цветка С.-Пб. Мир и семья. 1994.
2. Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 2. Семья. С.-Пб. Мир и семья, 1997.
3. Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 3. Системы репродукции. С.-Пб. Мир и семья. 2000.
4. Батыгина Т. Б. Биология развития растений. Симфония жизни» / *Developmental biology of plants. symphony of life.* СПб: Изд-во «ДЕАН», 2014.
5. Батыгина Т.Б., Васильева В.Е. Размножение растений. Учебник. СПб: Изд-во Санкт-Петербургского государственного университета. 2002.
6. Джори Б.М. Эмбриология растений: использование в генетике, селекции и биотехнологии: в 2 томах. М. Агропромиздат. 1990.
7. Поддубная - Арнольди В.А. Цитозембриология покрытосеменных растений. М. 1976.
8. Шамров И.И. Семязачаток цветковых растений: строение, функции, происхождение. М., 2008.
9. Шишкинская Н.А., Юдакова О.И., Тырнов В.С. Популяционная эмбриология и апомиксис у злаков. Саратов. Изд-во Саратов. ун-та. 2004.
10. Raghavan V. *Molecular Embryology of Flowering Plants.* 1998.
11. *Current Trends in Embryology of Angiosperms.* Ed. Bhojwani S.S., Soh W.Y. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston, London. 2001.
12. Pua E.C., Davey M.R. (eds.). *Plant Developmental Biology – Biotechnological Perspectives: Volume 1.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010.

7.2. Дополнительная литература

1. Баранов П. А. История эмбриологии растений. М., Л. 1955.
2. Магешвари П. Эмбриология покрытосеменных. М. 1950.
3. Батыгина Т. Б. Хлебное зерно. (Атлас). Л. Наука. 1987.
4. Батыгина Т. Б. Эмбриология пшеницы. Л. Колос. 1974.
5. Камелина О.П. Систематическая эмбриология цветковых растений. Т. 1. Двудольные., Т. 2. Однодольные. Барнаул, 2009, 2011.
6. Круглова Н.Н., Батыгина Т.Б., Горбунова В.Ю., Титова Г.Е., Сельдимирова О.А. Эмбриологические основы андроклинии пшеницы (Отв. ред. Шамров И.И.). М. Наука. 2005. 99 с.
7. Навашин С. Г. Избранные труды. М., Л. Изд-во АН СССР. 1951.

8. Серебрякова Т.И., Воронин Н.С., Еленевский А.Г., Батыгина Т.Б., Шорина Н.И., Савиных Н.П. Ботаника с основами фитоценологии: Анатомия и морфология растений. Москва. ИКЦ «Академкнига». 2006. 543 с.
9. Терехин Э.С. Паразитные цветковые растения. Эволюция онтогенеза и образ жизни. Л. Наука. 1977.
10. Гилберт С.Ф. Биология развития. СПб.: Политехника. 2003.
11. Медведев С.С., Шарова Е.И. Биология развития растений. в 2х томах. СПб: Издательский дом «Санкт-Петербургский государственный университет». Т. 1 - 2009, Т. 2 – 2011.
12. Тырнов В.С. Гаплоидия у растений: терминология и классификации. Саратов. Изд-во Саратов. университета. 2005.
13. Яковлев М.С., Жукова Г.Я. Покрытосеменные растения с зеленым и бесцветным зародышем. Л. Наука. 1973.
14. Лутова Л.А., Проворов Р.А., Тиходеев О.Н., Тихонович И.А., Ходжайнова Л.Т., Шишкова С.О. Генетика развития растений. СПб: Наука. 2000.
15. Raghavan V. Double fertilization. Embryo and endosperm development in flowering plants. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006.
16. Stuessy T.F., Mayer V., Hrandl E. (eds.). Deep morphology: toward a renaissance of morphology in plant systematics. Gantner, Liechtenstein. 2004.

Кроме того, рекомендуются для дополнительного изучения обзорные статьи по эмбриологии растений в периодических изданиях: «Ботанический журнал», «Онтогенез», «Бюллетень МОИП», «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции», «Биотехнология и селекция» «Plant Reproduction», “Plant Biology”, “Development”, “Developmental Biology”, “Functional Biology”, “Protoplasma”, “Plants”, “Planta”, “Annals of Botany” и др.

7. 3. Электронные образовательные ресурсы

Наименование ресурса	Краткая характеристика
http://www.edu.ru	Федеральный образовательный портал
http://www.rsl.ru	Российская государственная библиотека
http://www.library.spbu.ru	Научная библиотека СПбГУ
http://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека
http://e.lanbook.com	ЭБС издательства «Лань»
http://www.sage.wisc.edu	Биосферный атлас. Осадки, температура, экосистемы. «Center for Sustainability and the Global Environment (SAGE)»
http://www.viniti.ru/	Реферативный журнал ВИНТИ «Биология»
http://www.scopus.com/	Scopus
https://clarivate.com/products/web-of-science/	Clarivate Analytics

8. Материально-техническое обеспечение УЧЕБНОЙ дисциплины

Для проведения обучения имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

- помещения для проведения занятий, оборудованные комплектом мебели;
- комплект проекционного мультимедийного оборудования;
- компьютеры с доступом к сети Интернет;
- библиотека с информационными ресурсами на бумажных и электронных носителях;
- офисная оргтехника.