



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «ПГУ»)

«Утверждаю»

Председатель приемной комиссии,  
Ректор ПГУ А.Д. Гуляков

31 октября 2023 г.

## ПРОГРАММА

вступительного испытания для поступающих на обучение по  
программам подготовки научно-педагогических кадров в  
аспирантуре

### 1.5 Биологические науки

*1.5.4. Биохимия*

*1.5.12 Зоология*

*1.5.15 Экология (биологические науки)*

*1.5.15 Экология (технические науки)*

*1.5.21 Физиология и биохимия растений*

Составитель  
д-р биол. наук, профессор  
С.В. Титов

Пенза, ПГУ 2023

# 1. Программа вступительных испытаний по специальности 1.5.12 - «Зоология».

## Зоология беспозвоночных

Прокариоты и эукариоты как этап филогенеза. Симбиогенетическая теория возникновения эукариотов. Основные отличия в их организации. Время появления, главные особенности, представители. Значение образования ядра в эволюции органического мира. Отличительные особенности прокариот и эукариот по признакам: размерам клеток, строению ядерного аппарата, делению клеток, пloidности, типам и способам питания, набору пигментов, строению оболочки клеток. Макросистема организмов и положение в ней животных. Положение протистов в макросистеме организмов.

Основные черты строения и жизнедеятельности одноклеточных. Группа Жгутиконосцев. Различные типы питания жгутиконосцев. Жгутики, их строение и функции. Пелликула. Размножение жгутиконосцев. Колониальные воротничковые жгутиконосцы как предки многоклеточных организмов. Патогенные зоомастигины (трипаномы, лейшмании, трихомонады, лямблии), их хозяева и переносчики. Группа Корненожек. Типы Фораминиферы, Лобоподиевые, Радиолярии, Солнечники. Основные признаки. Роль фораминифер и радиолярий в образовании донных отложений, их использование в качестве руководящих ископаемых. Патогенные кишечные амебы. Группа Альвеолаты. Тип Апикомплексы. Кокцидиозы домашних животных. Малярия, ее возбудители и переносчики. Распространение малярии на земном шаре. Ликвидация малярии как массового заболевания на территории южных районов России: состояние проблемы в начале XXI века. Тип Инфузории. Общая характеристика инфузорий как наиболее сложно организованных простейших. Отличительные признаки подклассов и отрядов ресничных инфузорий. Филогения протист.

Примитивные многоклеточные: тип Губки. Пластинчатые. Происхождение многоклеточных: гипотезы Э.Геккеля, И.И. Мечникова. Бючли. Единство онтогенеза и филогенеза. Особенности строения и развития губок (отсутствие тканей, наличие во внутреннем слое хоаноцитов, инверсия зародышевых слоев).

Настоящие многоклеточные. Двухслойные беспозвоночные: типы Гребневики, Книдарии (Стрекающие). Особенности строения и развития, метагенез. Разнообразие стрекающих, их происхождение, сохранение двусторонней симметрии в строении глотки коралловых полипов.

Подотдел Спиральные. Типы Кольчатые черви. Моллюски. Немертины. Плоские черви. Коловратки. Скребни. Тип Кольчатые черви – важное звено в эволюции животных. Черты их организации. Вторичная полость тела (целом), ее отличие от первичной полости, функции. Происхождение и функции целома. Филогения кольчатых червей. Общая характеристика типа Моллюски. Мантия, строение раковины. Преобразования вторичной полости тела и строение кровеносной системы. Особенности строения пищеварительной, дыхательной, выделительной и нервной систем. Мантийный комплекс органов. Общие черты развития моллюсков и кольчатых червей. Деление на подтипы и классы. Общая характеристика и систематика типов немертины, плоские черви, скребни и коловратки. Преобразование вторичной полости у гипермиарных животных (пиявки, немертины).

Подотдел Экзувиальные. Типы Членистоногие. Онихофоры. Тихоходки. Головохоботные. Круглые черви. Общая характеристика и систематика типа Членистоногие. Аннелидные и артроподные черты в организации членистоногих. Усложнение сегментации в результате формирования отделов тела и членистых конечностей. Хитиновый покров как наружный скелет и его значение. Дифференциация конечностей по функциям и по форме. Полость тела и строение кровеносной системы. Особенности строения пищеварительной, дыхательной, выделительной, нервной и половой систем. Размножение. Типы развития (с полным и неполным превращением). Основные подтипы членистоногих: Хелицеровые, Ракообразные, Трахейнодышащие, их общие черты и различия. Количество видов, распространение и роль членистоногих в природе. Общая характеристика и систематика типов Головохоботные, Круглые черви. Современный взгляд на происхождение этих экзувиальных беспозвоночных. Свободноживущие нематоды, их значение (почвенные, водные). Нематоды – паразиты человека, сельскохозяйственных животных, насекомых. Геогельминты и биогельминты. Использование энтомонематод для борьбы с вредными насекомыми. Жизненный цикл различных червей. Биологическое значение партеногенеза. Гетерогония. Цикломорфоз.

Подотдел Вторичноротые. Общая характеристика, систематика и происхождение типов Иглокожие и Полухордовые. Особенности симметрии, строения пищеварительной, дыхательной,



выделительной, нервной и половой систем. Развитие и строение личинок.

### Зоология позвоночных.

Обзор низших хордовых. Подтипы хордовых, их филогенетические связи. Оболочники и бесчерепные, краткая характеристика организации. Общая характеристика подтипа Позвоночных: форма тела, кожные покровы, скелет, череп, висцеральный скелет и происхождение челюстей, нервная система. Связь организации позвоночных с главнейшими этапами их эволюции. Классификация подтипа. Филогения позвоночных. Происхождение и характеристика представителей раздела Бесчелюстных. Организация представителей класса круглоротых, как наиболее примитивных современных позвоночных. Особенности организации и биологии палеозойских щитковых. Характеристика надкласса рыб. Систематика надкласса. Сравнительный морфо-анатомический анализ хрящевых и костных рыб: форма тела, гидродинамические особенности, передвижение: кожные покровы и их производные, эволюция чешуи рыб: плавники и теории их происхождения; скелет, череп (соотношение нейрокраниума и дермокраниума, спланхнокраниум); дыхательная, пищеварительная, кровеносная, выделительная, половая, нервная системы. Пути эволюции рыб и филогенетические связи различных таксономических групп. Особенности организации двоякодышащих и кистеперых рыб. Их место в филогении позвоночных. Саркоптеригии как возможные предки наземных позвоночных. Выход позвоночных на сушу, определяющие эволюционные факторы. Проблема происхождения пятипалой конечности. Акантостега и явление преадаптации. Общая характеристика, происхождение и эволюция амфибий. Филогения земноводных. Радиация палеозойских амфибий. Дуго- и тонкопозвонковый амфибии, характеристика и направления эволюции. Преобразование осевого скелета в позвоночник наземного типа. Эволюция позвонка. Филогения и особенности организации современных отрядов земноводных. Пресмыкающиеся как первые настоящие наземные позвоночные. Родственные связи амниот. Особенности организации и биология ранних амниот. Височные окна и классификация амниот. Филогения амниот. Происхождение и особенности организации диапсид. Сравнительная характеристика ранних и поздних диапсид. Дивергенция диапсид на лепидозавров и архозавров, ее основные причины. Особенности организации и эволюция лепидозавров. Мезозойские морские пресмыкающиеся, особенности организации и филогения. Эволюция архозавров. Систематика, биология и особенности организации динозавров. Инертная гомеотермия и высокая инцефализация, их роль в эволюционном расцвете динозавров. Основные систематические группы динозавров и их филогенетические связи, вымирание динозавров, основные гипотезы. Возникновение полета у позвоночных. Происхождение, биология и филогения птерозавров. Мезозойские птицы: археоптерикс как представитель тупиковой линии ящерохвостых птиц. Теории возникновения полета, характеристика продвинутых птичьих черт. Филогения птиц и их предков. Меловые зубатые птицы. Кайнозойские палеогнатические и неогнатические птицы. Систематика класса птиц. Особенности организации современных птиц. Характеристика остеологических преобразований. Двойное дыхание и «запрет» на живорождение. Кинетизм черепа диапсид, его виды и значение. Происхождение млекопитающих. Подкласс синапсиды: особенности организации, биология и филогенетические связи пеликозавров и терапсид. Филогения зверообразных рептилий. Происхождение признаков свойственных млекопитающим. Процинозухиды и эволюция челюстной мускулатуры. Тринаксодонты и ранние стадии развития скелета млекопитающих. Хиниквводонтиды, трилодонтиды и дальнейшая эволюция скелета млекопитающих, происхождение среднего уха, возникновение вторичного челюстного сустава и изменения челюстной механики у млекопитающих. Значение этих преобразований в эволюции этой группы позвоночных. Примитивные мезозойские млекопитающие, их биология и особенности организации. Происхождение волосяного покрова, возникновение молочных желез и их значение для формирования точной зубной окклюзии. Общая характеристика примитивных териевых, однопроходных и сумчатых млекопитающих. Филогения мезозойских млекопитающих.

### **Рекомендуемая литература.**

2. Догель В.А. Зоология беспозвоночных. М.: Альянс, 2009.
3. Шарова И.Х. Зоология беспозвоночных. - М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2004.
4. Константинов В.М., Наумов С.П., Шаталова С.П. Зоология позвоночных. - М.: Академия, 2004.
5. Константинов В.М и др. Лабораторный практикум по зоологии позвоночных. - М.: Академия, 2001.

6. Дзержинский Ф.Я. Сравнительная анатомия позвоночных животных. М.: Аспект-Пресс, 2005.
7. Бурко Л.Д., Балаш А.В., Бурко Н.Е. Систематика хордовых животных. Минск: БГУ, 2003.
8. Буруковский Р. Н. Зоология беспозвоночных. Учебное пособие. СПб.: Проспект Науки, 2010.
9. Бей-Биенко Г. Я. Общая энтомология: Учебник. СПб.: Проспект Науки, 2008.
10. Зоология беспозвоночных / под ред. В. Вестхайде и Р. Ригера. М.: КМК, 2008.
11. Ермаков Л.Н., Пусевич Н.А. Системы органов животных. - 2-е изд. - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 162 с.
12. Ильичев В.Д., Каргашев Н.Н., Шилов И.А. Общая орнитология. М.: Высшая школа, 1982.
13. Левушкин С.И. Общая зоология. / С.И. Левушкин, И.А. Шилов. М.:Высшая школа, 1994
14. Литвинов Н.И. Млекопитающие. Конспект мировой фауны. Учебное пособие. Иркутск, 2007.
15. Малахов В.В. Загадочные группы морских беспозвоночных. Трихоплакс, ортонектиды, лицемиды, губки. М.: Изд-во МГУ, 1990.
16. Малахов, В. В. Основные этапы эволюции эукариотных организмов / В. В. Малахов // Палеонтологический журнал. - 2003.
17. Малахов, В. В. Происхождение билатерально-симметричных животных (Bilateria) / В. В. Малахов // Журнал общей биологии. - 2004.
18. Малахов В. В. Революция в зоологии: новая система билатерий // Природа. - 2009. - № 3. - С. 40-54.
19. Малахов В.В., Адрианов А.В. Головохоботные (Cephalorhyncha) - новый тип животного царства. М.: КМК, 1995 г.
20. Моисеев П. А., Азизова Н.А., Куранова И. И. Ихтиология. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.
21. Натали Ф.Ф. Зоология беспозвоночных. М.: Просвещение, 1975.
22. Наумов Н.П., Каргашев Н.Н. Зоология позвоночных. М.: Высшая школа, 1979. - Ч.1-2.
23. Никольский Г.В. Экология рыб. М.: Высшая школа, 1974.
24. Панов, В. П. Сравнительная анатомия позвоночных. Аппарат движения: Учебно-методическое пособие по курсу / В. П. Панов, М. В. Сидорова, А. Э. Семак - М.: МСХА, 2005. - 112 с.
25. Росс Г., Росс Ч., Росс Д., Энтомология. М: Мир, 1985.
26. Рупперт Э. Зоология беспозвоночных: Т.1. Протисты и низшие многоклеточные. М.: Academia, 2008.
27. Рупперт Э. Зоология беспозвоночных: Т.2. Низшие целомические. . М.: Academia, 2008.
28. Рупперт Э. Зоология беспозвоночных: Т.3. Членистоногие. М.: Academia, 2008.
29. Соколов В.Е. Систематика млекопитающих. Тт. 1-3, М.: 1973-1979.
30. Хаусман К. и др. Протозоология. М.: Мир, 1988.
31. Ходорн Э., Венер Р. Общая зоология. М.: Мир, 1989.
32. Шарова И. Х. Зоология беспозвоночных. М.: Владос, 2004.
33. Шмальгаузен И.И. Происхождение наземных позвоночных. М.: Наука, 1969.



## 2. Программа вступительных испытаний по специальности 1.5.15 - «Экология» (биологические науки)

### Предмет, задачи и методы современной экологии. Краткая история ее формирования.

Введение термина «экология» Э. Геккелем в 1866 г. для обозначения изучения взаимодействий организма и среды. Фундаментальные свойства живых систем. Уровни биологической организации, изучаемые экологией: организмы, популяции, сообщества, экосистемы, ландшафты, биомы, биосфера. Структура иерархической системы природы. Две группы задач и соответствующие им подходы в современной экологии. Современные определения экологии. Популяционный (редукционистский) подход. Экология как наука, изучающая механизмы, определяющие распространение организмов, их обилие и его изменение во времени (Krebs, 1972). Экосистемный (холистический) подход. Экология как наука об экосистемах, изучающая протекающие с участием организмов процессы трансформации вещества и энергии в экосистемах и биосфере (Odum, 1963; Margalef, 1968). Пространственно-временные масштабы изучения популяций и экосистем. Уровни объяснения в экологии. Непосредственные объяснения - выяснение механизмов; «кронечные» объяснения - поиски причин возникновения таких механизмов. Основные методы экологических исследований: наблюдение, эксперимент, моделирование. Типы моделей. Множественность корней современной экологии (до 1866 г.). Статический взгляд - биогеография - путь от описания распространения организмов к его объяснению (А. Гумбольдт, А. Декандоль). Динамический взгляд - демография - модели роста популяции (Мальтус, Ферхюльст), теория естественного отбора Ч. Дарвина. Период интенсивного становления экологии (1866-1935 гг.). Появления первых концепций. Организменная концепция экосистемы (Ф. Клементс - концепция сукцессии), индивидуалистические представления (Г. Глизон, Л.Г.Раменский). Математические модели межпопуляционных взаимодействий (В. Вольтерра, А. Лотка). Внедрение экспериментальных методов (Г.Ф. Гаузе). Элементы будущего экосистемного подхода в лимнологии (Э. Бердж, А. Тинеман, Л.Л. Россоломо, Г.Г. Винберг, В.С. Ивлев). Введение понятий «экосистема» (А. Тенсли) и «биогеоценоз» (В.Н. Сукачев). Учение о биосфере В.И. Вернадского. Начала современной экологии (1935- сер.80-х гг.). Оформление экологии как фундаментально-теоретической дисциплины. Развитие функционального (кибернетического) направления (Ю. Одум, Р. Маргалев). Синтез разнородных концепций в единые представления. Р. Уиттекер: объединение градиентного анализа (динамика Глизона в пространстве) и теории сукцессии (динамика Клементса во времени) позволило рассматривать наблюдаемую в природе мозаику как распределение в пространстве процессов, действующих во времени. Современные представления. Концепции иерархической мозаики (О'Нейл), иерархического континуума (Б.М. Миркин), коэволюции, устойчивого развития.

### Экология особи.

Организм как дискретная самовоспроизводящаяся открытая система, связанная со средой обменом веществ, энергии и информации. Соответствие между организмами и средой. Приспособленность, ее происхождение в результате естественного отбора. Исторические причины современного распределения организмов: дрейф континентов, изменения климата, острова. Жизненная форма организмов как комплекс морфофизиологических признаков, отражающих приспособленность вида к условиям среды. Классификация жизненных форм растений по Раункиеру. Унитарные и модулярные организмы - различные пути приспособления к среде. Соответствие между организмами и изменяющейся средой. Типы изменчивости среды (циклические, направленные, хаотические) и способы реагирования организмов (физиологические реакции, фотопериодизм, анабиоз, поддержание постоянства состава). Экологические факторы и закономерности их действия на организмы. Классификация экологических факторов. Условия и ресурсы. Правило оптимума, кривая толерантности, экологическая валентность, экологический спектр вида. Неоднозначность действия фактора на разные функции организма и на разные особи вида. Взаимодействия факторов. Лимитирующие факторы, правило Ю. Либиха. Правило двух уровней адаптации (И.А. Шилов). Компенсация факторов и экотипы. Распределение отдельных видов по градиенту условий. Комплексные градиенты, ведущие градиенты. Ординация видов как основной метод изучения экологии видов и выделения экологических групп видов. Обзор важнейших лимитирующих абиотических факторов. Температура и ее влияние на организмы. Температурный коэффициент, верхний и нижний температурный пороги жизни. Эндотермные и эктотермные организмы. Концепция «градусо-дней». Температурные адаптации. Правила



Бергмана и Аллена. Влажность и ее влияние на организмы. Пойкило- гидрические и гомойогидрические организмы. Экологические группы растений по отношению к увлажненности. Соленость как фактор распределения водных организмов. Концепция критической солености биологических процессов (В.В. Хлебович). Кислотноосновные характеристики среды (рН): прямое и косвенное воздействие на обменные процессы организмов. Окислительно- восстановительные характеристики среды (Eh), вертикальные градиенты Eh в экосистемах. Оксифильные, микроаэрофильные и анаэробные организмы. Ресурсы как факторы распределения организмов. Классификация ресурсов: незаменимые, ингибирующие в больших количествах, полностью взаимозаменяемые, взаимодополняющие, антагонистические (Tilman, 1982). Пищевые ресурсы. Классификации организмов по типу и способу питания. Автотрофы. Фотосинтез и хемосинтез. Гетеротрофы. Поступление энергии с пищей и ее дальнейшая трансформация. Рацион, ассимиляция, траты на обмен, рост и размножение. Потребление кислорода как показатель скорости обмена. Зависимость общего обмена и его интенсивности от массы тела. Миксотрофия. Пространство как ресурс.

### Экология популяций.

Определение популяции в экологии и генетике. Популяция как элемент вида и экосистемы. Генетическая неоднородность популяции. Границы популяции. Статические характеристики популяции: численность, плотность, возрастная, половая, размерная структура. Связь между размерами организмов и плотностью популяции. Методы оценки численности и плотности популяции. Выборочное исследование. Популяция в пространстве: случайное, агрегированное (пятнистое), регулярное, градиентное и фрактальное размещение особей. Выявление характера распределения с помощью статистических методов. Причины, приводящие к определенному типу пространственного распределения. Динамические характеристики популяции: скорость роста численности, рождаемость, смертность, интенсивность иммиграции и эмиграции. Динамика популяции как баланс протекающих в ней процессов. Жизненные циклы: классификация. Распределение смертности по возрастам. Когортные и статические таблицы выживания: способы их построения. Основной коэффициент воспроизводства  $R_0$ . Основные типы кривых выживания и их распространенность среди различных групп организмов. Экспоненциальная модель роста численности популяции. Постоянство удельной скорости роста численности, как и достаточное условие экспоненциального роста. Скорость экспоненциального роста: ее зависимость от характеристик организма, обеспеченности ресурсами, условий среды. Логистическая модель роста численности популяции: предпосылки и следствия. Уравнение Ферхюльста. Эффект запаздывания и автоколебания численности. Проблема регуляции численности популяции. Концепция регуляционизма (А. Никольсон). Детерминирование равновесной плотности. Лимитирующая роль климатических условий. Ограничение популяции ресурсами, прессом хищников и паразитов. Факторы, зависящие и независимые от плотности. Гипотеза «распределения риска» (концепция стохастизма). Концепция саморегуляции численности. Поведенческие, физиологические и генетические механизмы регуляции. Множественность механизмов регуляции численности организмов (Викторов, 1965). Смена механизмов регуляции численности в зависимости от достигнутого уровня численности. Преобладающий способ регуляции численности и положение организмов в цепях питания: гипотеза Хэйрстона-Смита-Слободкина. Эволюция механизмов регуляции численности. Представление о г- и К- отборе, г- и К- стратегии организмов. «Трейдофф». «Цена» размножения. Основные типы эколого-ценотических стратегий по Раменскому и Грайму: виоленты (конкуренция), пациенты (стресс-толеранты) и эсплеренты (рудералы). Миграции и расселение организмов в пространстве и во времени. Закономерности миграций. Расселение как эволюционно стабильная стратегия. Закономерности расселения организмов. Покой и спячка: расселение во времени.

Взаимодействия популяций. Классификация типов взаимодействий: конкуренция, амensализм, хищничество, мутуализм, комменсализм, нейтраллизм. Конкуренция. Эксплуатация и интерференция. Соотношение внутривидовой и межвидовой конкуренции. Черты внутривидовой конкуренции. Влияние плотности популяции (внутривидовая конкуренция) на гибель, рождение, рост и физиологическое состояние отдельных особей популяции. Межвидовая конкуренция: общие черты. Теоретический подход к изучению конкуренции: система уравнений Лотки-Вольтерра и их графическая интерпретация. Фазовые портреты поведения системы конкурирующих видов в зависимости от соотношения параметров уравнений. Ограничения модели. Лабораторные опыты по конкуренции с простейшими, микроорганизмами и насекомыми.



Зависимость исхода конкуренции от внешних условий. Варианты исхода взаимодействия между конкурирующими видами. Исключение. Сосуществование. Степень допустимого перекрытия кривых использования ресурсов. Отношения «ресурс-потребитель» (хищник-жертва). Таксономическая классификация хищников: растительноядные, плотоядные, всеядные. «Функциональная» классификация хищников: истинные хищники, хищники с пастбищным типом питания, паразиты, паразитоиды. *Влияние хищничества на отдельные особи жертвы*: гибель в случае действия истинных хищников и паразитоидов, защитные реакции в случае растительноядности. Способы защиты от выедания у организмов фитопланктона. Механизмы защиты высших наземных растений от выедания фитофагами. Совместное действие выедания и межвидовой конкуренции усиливает эффект хищничества. *Влияние хищничества на популяцию жертвы* не всегда оказывается отрицательным. Выедание бездомных, больных, одряхлевших особей: компенсирующие реакции выживших особей. *Влияние потребления пищи на консументов*. Состояние насыщения популяций консументов. Ширина спектра питания и состав пищи консументов. Полифагия и монофагия. Пищевое предпочтение. Ранжированное и сбалансированное предпочтение. Переключение. Влияние жертвы на эволюцию хищника. Ограниченные возможности животных в переработке растительных тканей: использование симбионтов. Теория оптимального добывания пищи (МакАртур, Пианка). Соотношение затрат на добывание пищи и получаемых при этом выгод. Функциональная реакция потребителя на увеличение количества ресурса (числа жертв). Разные типы функциональной реакции. *Динамика популяций хищника и жертвы*. Математическая модель Лотки-Вольтерра: их графическое выражение и интерпретация. Попытки создания экспериментальных моделей системы «хищник-жертва». Опыты Гаузе и Хайффейкера. Учет эффектов внутривидовой конкуренции, неоднородности среды, агрегированности популяции жертвы, функциональных ответов и эффекта Олли при построении математических моделей динамики численности популяций «хищник-жертва». *Редуценты и дет-ритофаги*, их взаимоотношения с пищевыми ресурсами. Отсутствие контроля над ресурсами со стороны потребителей. Специализация редуцентов и их смена в процессе разложения органического вещества. *Паразитизм*. Микропаразиты и макропаразиты. Разные способы передачи микропаразитов. Критическая плотность популяции хозяина, обеспечивающая распространение микропаразитов. Организм хозяина как местообитание паразитов. Конкуренция среди паразитов. Популяционная динамика паразитизма. Мутуализм. Примеры мутуализма среди животных, а также животных с растениями. Опылители. Микориза. Лишайники. Мутуализм с участием организмов, населяющих пищеварительный тракт. Мутуалистическая фиксация азота.

### Экология сообществ.

Определение сообщества. Границы сообществ. Кривая «число видов-площадь» как метод установления границ сообщества. Различные подходы к выделению сообществ, описанию их структуры и функционирования. Сообщество, трактуемое как целостная, высокоинтегрированная система («квазиорганизм»), и сообщество как простая совокупность совместно обитающих популяций. Концепции дискретности и континуальности. Сообщества как открытые системы, непрерывно переходящие одно в другое вдоль градиентов среды. Абсолютный континуум – экоклины; относительный континуум (экотоны). Сообщество как уровень организации живого. Ординация и классификация сообществ. Структура сообществ. *Видовая структура* сообществ. Видовое разнообразие как интегральная характеристика сообщества. Индексы видового разнообразия, их зависимость от числа видов и соотношения их численностей. Различные типы распределения обилия видов, входящих в сообщество. Логарифмические ряды (модель Фишера-Корбета-Уильямса). Логнормальное распределение численностей (Престон) и модель разломанного стержня (МакАртур). *Горизонтальная структура*. Мозаичность, пестротность, комплексность. Варианты мозаичности фитоценозов: регенерационные, клоновые, фитоэнvironmentальные, аллелопатические, зоогенные мозаики. *Вертикальная структура*. Ярусность фитоценозов. Вертикальные структуры почвенных, планктонных и бентосных сообществ. Синузии, парцеллы, ценоэлементы. *Пространственно-функциональные единицы сообществ*: консорции, гломерации, гильдии. Взаимодействия организмов в сообществе (Беклми-шев): трофические, топические, форические, фабрические.

Теория экологической ниши. Развитие концепции ниши. Многомерный подход к определению ниши (Хатчинсон). Фундаментальная и реализованная ниша. Ширина ниши. Перекрытие ниш. Перекрытие ниш и конкуренция. Диффузная конкуренция. *Воздействие*



*конкуренции на ширину ниши.* Внутривидовая конкуренция: теоретические представления и результаты, наблюдаемые в природе. Конкурентное высвобождение, компенсация полностью, гипотеза изменчивости ниши Ван Валена. Межвидовая конкуренция: теоретические представления и результаты, наблюдаемые в природе. Конкурентное исключение, сдвиги ниши, смещение признаков, гипотеза перекрывания ниш. *Роль конкуренции, хищничества и нарушений в определении структуры сообщества.* Лимитирующее сходство. Степень лимитирующего сходства: правило Хатчинсона и закон Дайара. Размерность ниши и дифференциальное перекрывание. Хищничество и видовое разнообразие. Взаимодействие между конкуренцией и хищничеством. Временная неоднородность и физические нарушения. Неравновесные модели разнообразия сообществ. Насыщение сообществ. *Теория островной биогеографии.* Зависимость между числом видов и площадью острова. Типы островов: настоящие острова, растение-хозяин, материки. Экологические теории, касающиеся островных сообществ: разнообразие местообитаний, «теория равновесия» МакАртура и Уилсона. Эксперименты по колонизации незаселенных субстратов (Cairns). *Закономерности видового разнообразия.* Связь видового богатства с различными факторами. Время: эволюционное и экологическое время. Условия окружающей среды: благоприятность, стабильность, изменчивость, предсказуемость во времени, пространственная неоднородность, площадь. Биотические факторы: гипотезы продуктивности, конкуренции, компенсаторной смертности, кольцевой сети. Градиенты видового разнообразия: широта, высота, глубина, сукцессия, палеоэкология. Относительное обилие мелких и крупных форм.

Динамика сообществ. Первичные и вторичные сукцессии. Деградационная, аллогенная и автогенная сукцессия. Механизмы автогенных сукцессий. Концепция климакса. Изменение видового разнообразия в ходе сукцессии. Эволюция сообществ (В.В.Жерихин). Устойчивость сообщества. Эластичная и упругая устойчивость. Связь между сложностью сообщества и его устойчивостью. Число трофических уровней и устойчивость модельных сообществ.

### Экология экосистем.

Экосистемы как физические системы. Понятия системы, вещества, энергии, информации, пространства, времени. Структура и функционирование экосистем. Поток энергии, круговорот вещества как организаторы и основные функции экосистемы. Физические ограничения, лежащие в основе организации экосистемы: термодинамические и кибернетические принципы организации экосистем. Структура экосистем и теория информации (Маргалев, 1992). Кибернетическая природа и стабильность экосистем. Особенности поведения энергии, вещества и информации в экосистемах. Круговорот вещества и поток энергии - организаторы экосистемы. Две формы энергии Жизни. Понятие свободной энергии живого вещества. Биогеохимическая энергия роста и размножения. Скорость размножения различных организмов как энергетическая константа. Давление жизни. Основные закономерности трансформации энергии в биосфере. Функциональные группы организмов в экосистеме. Продуценты, консументы и редуценты. Условность границы между консументами и редуцентами. Концепция продуктивности. Трансформация энергии на трофическом уровне. Биомасса и продукция. Первичная продуктивность. Валовая и чистая продуктивность. Чистая продуктивность сообщества. Вторичная продуктивность. Концепция энергетической субсидии. Первичная продукция. Фотосинтетически активная радиация (ФАР). Фотосинтез по типу  $C_3$ ,  $C_4$ , и САМ - экологические следствия физиологических различий. Лимитирование первичной продукции различными факторами (освещенностью, температурой, влажностью, концентрацией биогенных элементов). Хемосинтез. Автохтонное и аллохтонное органическое вещество в экосистемах. Поток энергии в экосистеме через трофические уровни. Утилизация первичной продукции в трофических цепях. Рацион, ассимиляция, вторичная продукция. Коэффициент использования потребленной пищи на рост Ивлева ( $K_2$ ). Пастбищная и детритная пищевые цепи. Трофическая сеть и трофические уровни. Экологическая эффективность, правило 10%. Роль консументов в пищевой цепи. Регуляция отдельных уровней «сверху» и «снизу». Пирамиды численностей, биомасс и продукции. Универсальная модель потока энергии в экосистеме. Энергетическая классификация экосистем.

Основные типы экосистем. *Морские экосистемы.* Биологическая структура Мирового океана. Неритические и пелагические области. Пелагиаль (эпипелагиаль, мезопелагиаль, абиссопелагиаль) и бенталь (супралитораль, литораль, сублитораль, батиаль, абиссаль, ультраабиссаль). *Жизнь в толще воды и на дне.* Планктон, нектон, бентос, нейстон, пагион. Круговорот Жизни в Мировом океане. Основные группы продуцентов: фитопланктон, перифитон



и макрофиты. Основные группы консументов и редуцентов в водной среде. Зоопланктон и его роль в минерализации органического вещества. Инвертированная пирамида биомассы. Гетеротрофные бактерии. Взвешенное и растворенное органическое вещество. Детрит. «Морской снег». Схема потоков вещества и энергии в пелагической экосистеме. «Микробная петля». Приспособления организмов к парению в толще воды. Размерные группы планктона. Экосистемы апвеллингов: механизмы формирования, характерные черты. Основные апвеллинги. Экосистемы даунвеллингов, паковых льдов. Распределение продукции в Мировом океане. Прибрежные экосистемы. Экосистемы приливно-отливных зон, эстуариев, коралловых рифов и мангров. Гидротермальные экосистемы. *Экосистемы континентальных водоемов*: типы и лимитирующие факторы. Лентические экосистемы. Озеро как экосистема. Термический и кислородный режим озера. Стратификация водной толщи. Классификация озер по типу циркуляции воды (Хатчинсон, 1957): димиктические, холодные мономиктические, теплые мономиктические, полимиктические, олигомиктические, меромиктические. Трофическая классификация озер: олиготрофные, мезотрофные, эвтрофные, дистрофные. Специальные типы озер. Экологическая зональность озера: литоральная, лимническая и профундальная зоны. Экологическая классификация организмов: бентос, перифитон, планктон. Природа сообществ литоральной зоны. Первичная продукция: зона надводной вегетации, зона укорененных в дне растений с плавающими на поверхности листьями, зона подводной вегетации. Вторичная продукция. Природа сообществ лимнической зоны. Ключевая роль фосфора в лимитировании первичной продукции. Сезонная сукцессия в планктонном сообществе. Контроль за развитием сообщества «снизу» (недостатком биогенов) и «сверху» (за счет пресса фитофагов). Природа сообществ профундальной зоны. Водохранилища: особенности и классификация. Пруды: формирование, классификация. Болота: определение, классификация, организация сообществ. Лотические экосистемы: реки, ручьи, родники. Общее сравнение лотических и лентических местообитаний. Соотношение автохтонного и аллохтонного органического вещества. Природная зональность в реках. Организация лотических сообществ. Лотические экосистемы как целое. Наземные экосистемы. Особенности наземной среды, отличия от водных экосистем. Наземная биота и биогеографические области. Общая структура наземных сообществ: растительность, высокоподвижные животные (пермеанты). Определяющая роль высших растений. Резкое преобладание биомассы растений над биомассой всех остальных групп организмов. Важность детритных пищевых цепей. Почва как специфическое биокосное наземное тело. Население почв. Роль почвы в организации наземных экосистем. Принципиальные отличия трофической организации наземных экосистем от пелагических. Ограниченное число трофических уровней. Распространенность главных наземных экосистем: биомы. Основные наземные биомы, классификация, особенности структуры, главные лимитирующие факторы. Тундра. Низкие температуры и короткий вегетационный сезон. Вечная мерзлота. Приспособления организмов к длительному промерзанию. Биом северных хвойных лесов (тайга). Короткий период вегетации и долгая снежная зима. Роль болот в регуляции речного стока. Биом влажных (мезотермальных) хвойных лесов умеренной зоны. Биом листопадных лесов умеренной зоны. Ярко выраженная сезонность. Биом широколиственного вечнозеленого субтропического леса. Биом степей умеренной зоны. Биом тропической саванны. Количество осадков и неравномерность их распределения во времени как факторы, препятствующие развитию лесов. Пожары и их экологическая роль. Значительная первичная продукция и пресс фитофагов. Биом пустынь. Жаркие и холодные пустыни. Вода - основной лимитирующий фактор. Приспособления организмов к жизни в пустыне. Биом чаппарала. Биом тропического дождевого леса - наиболее продуктивные экосистемы биосферы. Малое количество биогенов и высокая скорость их циркуляции. Сложная ярусная структура. Жизнь в кронах. Чрезвычайно высокое видовое разнообразие и его возможное объяснение. Тропические биомы кустарника (скрэб) и листопадного леса. Границы между биомами, переходные биомы. Вертикальная зональность.

### **Биосфера.**

Живое вещество как совокупность всех организмов. Живое вещество в Космосе - уникальность или вечное свойство материи? Разработка В.И.Вернадским атомистического подхода к живому. Биосфера - оболочка Земли. Границы биосферы. Неравномерность распределения живого вещества в биосфере. Вертикальная и горизонтальная структура биосферы. Структура биосферы по Вассоевичу: апобиосфера, парабобиосфера, эубиосфера, метабобиосфера. «Пленки жизни» - геохоры. Структурно-функциональные единицы биосферы: фитогеофера (Лавренко, 1949), биогеофера (Ефремов, 1959), геомерида (Беклемишев, 1964), биогеоценотический покров



(Сукачев, 1964). Вещество биосферы. Семь типов веществ. Биокосное вещество и биокосные системы планеты: почвы, природные воды, атмосфера. Биогенное вещество и ископаемые продукты жизнедеятельности организмов. Косное вещество и горные породы. Рассеянное вещество и компоненты радиоактивного распада. Вещество космического происхождения. Живое и неживое - два полюса космической материи. Биосфера как гигантская биокосная система (Перельман, 1977). Биогеохимические функции живого вещества и деятельность живых организмов. Концентрационная функция первого и второго рода. Энергетическая, деструктивная, средообразующая, транспортная функции. Биогеохимические принципы В.И. Вернадского, описывающие функционирование биосферы и ее развитие. «Всюдность жизни». Концепция Ген Дж.Лавлока: биологическая регуляция геохимической среды. Круговорот вещества в биосфере. Структура и основные типы биогеохимических циклов в биосфере. Структура биогеохимических циклов: резервный и подвижный (обменный) фонды вещества. Количественное изучение биогеохимических циклов: скорость оборота и время оборота вещества. Круговорот азота. Фиксация азота и вовлечение его в биогеохимический круговорот. Симбиотические и свободноживущие организмы - фиксаторы азота. Процессы аммонификации, нитрификации, денитрификации. Проблемы загрязнения окружающей среды соединениями азота. Круговорот углерода. Биологическое значение углерода. Особенность круговорота в водных и наземных экосистемах. Карбонат-гидрокарбонатная система природных вод. Запасы органического и неорганического углерода. Не замкнутость цикла углерода. Хозяйственная деятельность человека и трансформация круговорота углерода. Круговорот серы. Биологическое значение серы. Резервный фонд серы. Микробиологические процессы в круговороте серы. Антропогенная трансформация круговорота серы. Поступление серы в атмосферу. Локальные, региональные и глобальные проблемы загрязнения атмосферы соединениями серы. Круговорот кислорода. Биологическое значение кислорода. Биохимические, анатомические и физиологические механизмы использования кислорода организмами. Резервный фонд круговорота кислорода. Источники поступления кислорода в атмосферу. Круговорот воды. Особенности физико-химических свойств воды и ее биологическое значение. Пути перемещения воды: воды в биосфере, круговорот воды в экосистеме. Происхождение и запасы воды на Земле.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература

1. Дерябин В.А., Фарафонтова Е.П., 2016. Экология: учебное пособие / Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 136 с.
2. Ермаков Л.Н., Чернышова О.Н., 2013. Экология. М.: НИЦ ИНФРА-М. 360 с.
3. Карпенков С. Х., 2014. Экология. М.: Логос. 400 с.
4. Королев Ю.Н., Королева С.Ю., 2013. Критерии поиска обобщенного показателя состояния биосистем. Сложные системы. № 2 (7). С. 49-64.
5. Кабельчук Б.В., Лысенко И.О., Емельянов А.В., Гусев А.А., 2013. Биоразнообразие: курс лекций. Ставрополь: АГРУС. 156 с.
6. Кочуров Б.И., 2017. Эколого-энергетический анализ экосистем: монография / Б.И. Кочуров, Н.А. Марунич. М.: ИНФРА-М. 144 с.
7. Курмаева Н.М., 2012. Краткий курс экологии: учеб. пособ. / Н.М. Курмаева, Д.Г. Смирнов. Пенза: ПГПУ, 82 с.
8. Лукьянова И.Ю., Цыганов А.Н., Стойко Т.Г., 2016. Экологический мониторинг // Учебное пособие. Пенза: ПГУ. 84 с.
9. Пушкарь В.С., Якименко Л.В., 2017. Экология. М.: ИНФРА-М. 397 с.
10. Ручин А.Б., 2014. Методы полевых экологических исследований: учеб. пособие / авт. Коллектив: О.Н. Артаев, Д.И. Башмаков, О.В. Безина [и др.]; редкол.: А. Б. Ручин (отв. ред.) [и др.]. Саранск: Изд-во Мордов. Ун-та. 412 с.
11. Степановских А.С., 2012. Биологическая экология. Теория и практика: учебник для студентов вузов, обучающихся по экологическим специальностям. М.: ЮНИТИ-ДАНА. 791 с.
12. Тетельмин В.В., Язев В.А., 2012. Рациональное природопользование: Учебное пособие. Долгопрудный: Интеллект. 288 с.
13. Третьякова Н.А., 2015. Основы общей и прикладной экологии: учеб. пособие. М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 112 с.
14. Христофорова Н. К., 2015. Основы экологии: Учебник/ 3-е изд., доп. М.: Магистр, НИЦ ИНФРА-



М. 640 с.

15. Челноков А.А., 2012. Основы экологии. Учеб. пособие / А.А. Челноков, Л.Ф. Ющенко, И.Н. Жмыхов; под общ. ред. А.А. Челнокова. Минск: Выш. шк. 543 с.
16. Шилов И.А., 2019. Экология: учебник для академического бакалавриата / 7-е изд. М.: Издательство Юрайт. 539 с.

#### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. Бигон М., Харпер Дж., Таунсен К., 1989. Экология. Особи, популяции и сообщества. В 2-х томах. М.: Мир. Т. 1. 667 с.; Т. 2. 477с.
2. Вернадский В.И., 1967. Биосфера. М.: Мысль. 376 с.
3. Воронков Н.А., 2008. Экология: общая, социальная, прикладная. Учебник для вузов. М., Агар, издание 2-е. 425 с.
4. Гиляров А.М., 1990. Популяционная экология. М.: Изд-во МГУ, 191 с.
5. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С., 2000. Экологический вызов и устойчивое развитие. М.: Прогресс-традиция. 416 с.
6. Денисов В.В., 2006. Экология. Ростов-н/Д.: ИКЦ МарТ, 768 с.
7. Джиллер П., 1988. Структура сообщества и экологическая ниша. М.: Мир. 184 с.
8. Мордкович В.Г., 2005. Основы биогеографии. М.: Товарищество научных изданий КМК. 236 с.
9. Одум Ю., 1986. Экология. М.: Мир, Т. 1. 328 с. Т. 2. 376 с.
10. Пианка Э., 1981. Эволюционная экология. М.: Мир, 400 с.
11. Прохоров Б.Б., 2005. Социальная экология: М.: Академия, 416 с.
12. Пучков Л.А., Воробьев А.Е., 2000. Человек и биосфера: вхождение в техносферу. М.: Изд-во МГГУ. 335 с.
13. Ручин А.Б., 2006. Экология популяций и сообществ. М.: Академия. 352 с.
14. Трушина Т.П., 2003. Экологические основы природопользования. М.: Издательство торговая корпорация «Дашков и К». 349 с.
15. Чернова Н.М., Былова А.М., 2004. Общая экология. М.: Дрофа. 416 с.
16. Экологическая энциклопедия. В 6 т. Т. 1. А - Г / В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев. М.: Энциклопедия, НИЦ ИНФРА-М, 2008. 416 с.
17. Экологическая энциклопедия. В 6 т. Т. 2. Г - И / Ред. коллегия В.И. ДаниловДанильян, К.С. Лосев. М.: Энциклопедия, 2009. 448 с.
18. Экологическая энциклопедия. В 6 т. Т. 3. И - М / Ред. коллегия В.И. ДаниловДанильян, К.С. Лосев. М.: Энциклопедия, 2010. 448 с.
19. Экологическая энциклопедия: В 6 т. Т. 4: М-П / Ред. коллегия В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев. М.: Энциклопедия, 2016. 448 с.
20. Экологическая энциклопедия. В 6 т. Т. 5. П-С / Гл. ред. В.И. Данилов-Данильян; Ред. коллегия К.С. Лосев, П.А. Игнатов. М.: Энциклопедия, 2016. 448 с.
21. Экологическая энциклопедия: В 6 т. Т. 6: С-Я / Гл. ред. Данилов-Данильян В.И. М.: Энциклопедия, 2016. 656 с.

### 3. Программа вступительных испытаний по специальности 1.5.15 – «Экология» (технические науки)

Понятие об экологической химии и химической экологии. Человек и среда обитания: характерные состояния системы «человек-среда обитания». Основы физиологии труда и комфортные условия жизнедеятельности в техносфере. Критерии безопасности: безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Вещества-загрязнители (поллютанты, ксенобиотики) окружающей среды. Токсичность. Стандарты качества среды. Основы экотоксикологии. Объем производства химических продуктов в современном мире (основные неорганические и органические продукты, удобрения, средства защиты растений, борьбы с вредными насекомыми, пластмассы, химические волокна, красители и родственные продукты и др.). Области применения (получение энергии, в сельском хозяйстве, в быту, на транспорте и т. д.). Распространение в окружающей среде (перенос между различными средами: вода - почва, вода - воздух, почва - воздух; поступление и накопление в водных и наземных живых организмах; географический и биотический перенос). Устойчивость и способность к разложению. Превращения поллютантов (абиотические превращения: фотохимические реакции, реакции поллютантов с природными соединениями; биотические превращения - детоксикация, деградация или активация - соединений металлов и органических посторонних веществ; роль многофункциональных оксидаз, пероксидаз и других ферментных комплексов; окислительный, восстановительный, гидролитический и конъюгативный механизмы биотического превращения хлорированных поллютантов (в частности, на примере - ДДТ). Определение и задачи экотоксикологии (выявление степени и функции экосистем, а также разработка лечебных мероприятий). Оценка химических продуктов с помощью экотоксикологического профильного анализа.

Экологическая химия атмосферы. Общая характеристика и газовый состав атмосферы. Роль различных процессов в формировании химического состава атмосферы и температурного режима Земли. Массовые и другие загрязнители атмосферного воздуха (аэрозоли, диоксид серы, окислы азота, угарный газ и летучие углеводороды, включая бенз(а)пирен и другие канцерогенные, мутагенные и тератогенные соединения). Эмиссия (выделение) и иммисия (накопление) вредных веществ. Гигиенические критерии чистоты воздуха. Трансграничный перенос загрязнений. «Парниковый» эффект. Озонный защитный слой. Химико-технологические основы очистки газовых выбросов предприятий транспорта, химической промышленности, черной и цветной металлургии, тепловых электростанций.

Экологическая химия гидросферы. Характеристика и химический состав гидросферы. Состояние поверхностных и подземных вод. Потребность в воде (использование воды и водопотребление). Проблемы локального и глобального загрязнения воды. Стандарты качества воды. Химия и экология природных вод. Общие представления о гидрохимии и гидробиологии. Антропогенное эвтрофирование водоемов. Лигандный состав и формы существования ионов переходных металлов в природных водоемах. Внутриводоемный круговорот пероксида водорода и редокс-состояние водной среды. Роль донных отложений в формировании качества водной среды. Процессы самоочищения водных систем. Виды загрязнений и каналы самоочищения водной среды. Физико-химические процессы на границе раздела фаз. Химическое и микробиологическое самоочищение. Биогенное инициирование радикальных процессов самоочищения. Свободные радикалы в природных водах. Моделирование поведения загрязняющих веществ в природных водах. Химико-биологические процессы в сточных водах. Характеристика сточных вод и виды загрязнений. Технология очистки сточных вод. Экохимические требования к очистке сточных вод. Особенности биохимической очистки сточных вод. Физико-химические и экологотехнологические методы водоочистки и водоподготовки. Подготовка питьевой воды. Применение хлора, озона и пероксида водорода в обработке воды и очистке сточных вод. Методы локальной очистки сточных вод.

Эколого-химические проблемы суши (почвы, недра, ресурсы). Общая характеристика, состав и функции литосферы. Почвенные ресурсы. Физико-химические основы почвенного плодородия. Почва, вода и живые организмы. Эрозия почв. Проблемы загрязнения почвенных экосистем. Загрязнение почв пестицидами и другими поллютантами. Проблема биоудобрений и биологических методов борьбы с вредителями лесных массивов и сельскохозяйственных культур. Утилизация и переработка твердых промышленных и бытовых отходов. Сжигание отходов. Технология складирования отходов. Методы вторичного использования отходов



(сельскохозяйственные, компостирование мусора и ила очистных сооружений, пиролиз отходов и др.). Системы переработки отходов, совместимые с окружающей средой. Проблема качества продуктов питания. Понятие о «подлинности» пищи. Генно-инженерные аспекты биобезопасности.

Радиоактивность как загрязняющий фактор. Радиационная угроза в современном мире. Военный ядерный комплекс. Атомная энергетика. Радиоактивные отходы и отработанное ядерное топливо. Расширение масштабов радиоактивного загрязнения на Земле. Опасность хронического облучения в малых дозах. Ввоз, хранение и переработка отработанного ядерного топлива - одна из важнейших проблем человечества на современном этапе.

Экология и энергетика. Термодинамические аспекты взаимодействия световой энергии с экосистемами и способы превращения энергии внутри системы. Соотношение между количеством и качеством энергии. Энергетические ресурсы и поиск новых источников энергии. Возобновляемые и невозобновляемые энергетические ресурсы. Биоэнергетика хемо- и фотосинтеза. Энергетические системы, основанные на прямом использовании солнечной энергии в фотохимических, фотоэлектрических и термоэлектрических процессах. Биогеохимические преобразователи энергии. Водородное топливо как источник энергии. Проблема получения энергии из биомассы.

Мониторинг состояния окружающей среды и методы анализа загрязняющих веществ. Мониторинг как система наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды. Уровни систем мониторинга: санитарно-токсикологический, экологический и биосферный. Основные контролируемые параметры и нормирование загрязнений окружающей среды (ПДК, ПДВ, ПДУ, НДС) в воздухе, воде, почве, растительности и продуктах питания. Основные методы и приборы контроля состояния атмосферы, гидросферы, литосферы и биоты. Характеристика экотоксикантов и методов их контроля. Биологическое действие и классы опасности веществ. Прямое и «скрытое» действие. Кумулятивный эффект. Чувствительность, точность и избирательность методов контроля. Классы приборов. Непрерывный и периодический контроль. Область применения и перспективы развития химических, биохимических, хроматографических, спектроскопических, масс-спектрометрических, электрохимических и лидарных методов мониторинга.

Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза. Организация и развитие деятельности по управлению воздействием на окружающую среду в РФ: организация работы при проведении государственной и общественной экоэкспертизы; анализ расчета загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха, водоемов, размеров санитарно-защитных зон. Анализ источников загрязнения атмосферы, почвы и водных объектов; определение приоритетных загрязняющих веществ и источников загрязнения.

Коррозия металлов и факторы, влияющие на ее процесс. Химическая и электрохимическая коррозия. Анодный и катодный процессы. Взаимодействие металла с кислотой в присутствии соли менее активного металла или при контакте с более активным металлом. Коррозия под действием неравномерной аэрации и блуждающих токов. Классификация способов защиты металлов от коррозии. Анодные и катодные металлические покрытия, примеры таких покрытий на железе. Реакции на электродах при коррозии металла с покрытием или с примесями в различных средах. Протекторная защита и электрозащита.

Исследования в области экологической безопасности производственных объектов химических и нефтехимических отраслей промышленности.

Принципы и механизмы системного экологического мониторинга, аналитического контроля в химических и нефтехимических отраслях промышленности. Научное обоснование, разработка и совершенствование методов проектирования технологических систем и нормирования проектной и изыскательской деятельности, обеспечивающих минимизацию антропогенного воздействия объектов химических и нефтехимических отраслей промышленности на окружающую среду.

Научное обоснование принципов и разработка методов инженерной защиты территорий естественных и искусственных экосистем от воздействия предприятий химических и нефтехимических отраслей промышленности.

Научное обоснование принципов и разработка методов прогнозирования, предупреждения и ликвидации последствий загрязнения окружающей среды при техногенных авариях и катастрофах на объектах химических и нефтехимических отраслей промышленности.

Эколого-экономический анализ деятельности предприятий химических и нефтехимических отраслей промышленности.



Информационные технологии, как инструмент достижения экологической и экономической эффективности работы предприятий отрасли.

Разработка систем управления отходами производства и потребления предприятий химических и нефтехимических отраслей промышленности.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература

1. Абдурахманов Г.М., Кривошукский Д.А., Мяло Е.Г., Огуреева Г.Н. Биogeография. М.: Академия, 2007. 480 с.
2. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. М.: Мир, 1989. Т.1. 667 с. Т.2. 477 с.
3. Большаков В. М. Экология. М., Интернет инженеринг, 2008, 330 с.
4. Воронков Н. А. Экология: общая, социальная, прикладная. М., Агар, издание 2-е, 2008, 425 с. Учебник для вузов.
5. Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. Экологический вызов и устойчивое развитие. М.: Прогресс-традиция, 2000
6. Джиллер П. Структура сообщества и экологическая ниша. М.: Мир, 1988. 184 с.
7. Ложниченко О.В., Волкова И.В., Зайцев В.Ф. Экологическая химия. М.: Академия ИЦ, 2008.
8. Медведев С.С. Физиология растений. - С.-П.: Изд-во С.-Пб. ГУ, 2003.
9. Мордкович В.Г. Основы биогеографии. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. 236 с.
10. Стадницкий, Георгий Вадимович. Экология : учебник / Г. В. Стадницкий. — 10-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Химиздат, 2015. — 296 с.
11. Белоусова, А.П. Проблемы экологии. Тематический справочник Российской академии наук. Вып. 3 / А.П. Белоусова, Н.К. Остроумова, Р.И. Хильчевская; предисл. Н.П. Лаверова. – М.: ЛЕНАНД, 2011. – 560 с.
12. Прикладная экология: учебное пособие для вузов / Т.А. Трифонова, Н.В. Селиванова, Н.В. Мищенко. – 3-е изд. – М.: Академический Проект: Гаудеамус, 2007. – 384 с.
13. Экология человека: учебник / под ред. А.И. Григорьева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 240 с.
4. Дмитриев, В.В. Прикладная экология: учебник для студентов высш. учебн. заведений / В.В. Дмитриев, А.И. Жиров, А.Н. Ласточкин. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 608 с.

### Дополнительная литература

1. Батчер С, Чарлсон Р. Введение в химию атмосферы. М.: Мир, 1977.
2. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества / Пер. с англ. М.: Мир, 1989. В 2-х томах
3. Важнов А. Я. Гидрология рек. М.: Изд-во МГУ, 1976.
4. Веснина Л. З., Аксенова О. В. Охрана природы и экономическая эффективность природоохранной деятельности промышленных предприятий: Учеб. пос. Ульяновск, 1997.
5. Вернадский В.И. Биосфера. М.: Мысль, 1967. 376 с.
6. Вернадский В.И. Живое вещество. М.: Наука, 1978. 330 с.
7. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 1965. 175 с.
8. Воронков Н.А. Основы общей экологии. М.: Агар, 1997. 87 с.
9. Всеволожский В. А. Основы гидрогеологии. М.: Изд-во МГУ, 1991.
10. Гиляров А. М. Популяционная экология. М.: Изд-во МГУ, 1990.
11. Емельянов А. Г. Основы природопользования. Учебник для вузов. М., изд. Академия, 2004, 215 с.
12. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989.
13. Кимстач В. А. Классификация качества поверхностных вод в странах Европейского экономического сообщества. СПб.: Гидрометеониздат, 1993.
14. Коренман И. М. Методы количественного химического анализа. М.: Химия, 1989.
15. Кочуров Б., Смирнов А. Эффективность регионального природопользования. Региональные соотношения «население - территория - ресурсы - экономика». Креативная активность населения. Добродетели народа // Экономические стратегии. №3, 2007 (53) - С.32-44.
16. Кочуров Б. И. Антипова А. В., Костовска С. К. Современная экологическая обстановка в России и возможности ее прогнозирования. - М.: ИНЭС, - 2005.- 52с.



17. Круглое В. В. Правовые вопросы охраны окружающей природной среды: Учеб. пос. Ч.1-3. Екатеринбург, 1994.
18. Мак-Ивен М., Филлипс Л. Химия атмосферы. М.: Мир, 1978.
19. Методы и средства экологического контроля / В. И. Дикарев, В. А. Роголев, Г.А. Денисов, Б. В. Койнаш, Е. С. Сенокосов. СПб., 1999.
20. Моткин Г. А. Основы экологического страхования. М: Наука, 1996.
21. Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. М.: Мир, 1987.
22. Нестеров П. М. Экономика природопользования. - М.: Высшая школа, 1984, - 256 с.
23. Норт К. Основы экологического менеджмента. М, 1993.
24. Общая гидрология / Б. Б. Богословский и др. Л: Гидрометеиздат, 1984.
25. Пашкевич М. А. Геохимия окружающей среды. СПб.: СПГГИ (ТУ); 1997.
26. Пашкевич М. А. Техногенные массивы и их воздействие на окружающую среду. СПб.: Изд-во СПГГИ, 2000.
27. Пашкевич М. А., Шуйский В. Ф. Экологический мониторинг. СПб.: Изд-во СПГГИ, 2002.
28. Смит Дж. М. Модели в экологии. М.: Мир, 1976. 184 с.
29. Бродский экология: учебник для студ. высших учебных заведений. – М.: Академия, 2007. – 256 с.
30. Биосфера и место в ней человека. – М., 1968. – 255 с.
31. Емельянов. Разнообразия в функционировании биологических систем. – Киев, 1992. – 63 с.
32. Киселев. Основы экологии: Учебное пособие. – Минск, 1998.
33. Основы экологии. М.: Мир, 1975. – 740 с.
34. Экология. – М.: Мир, 1986. – Т.1. – 328 с.
35. Экология. – М.: Мир, 1986. – Т.2. – 376 с.
36. Эволюционная экология. – М.: Мир, 1981. – 399 с.

#### **Перечень информационных технологий:**

1. <http://www.ecology-portal.ru/publ/10-1-0-258> Экологический портал. Экологические словари. Экологические термины. Основы общей экологии. Экологические законы.
2. <http://www.sevin.ru/fundecology/> Фундаментальная экология. Научно-образовательный портал.
3. <http://www.portal-slovo.ru/impressionism/449/.php> – Образовательный портал «СЛОВО». Жизнь и среда обитания; Круговорот химических элементов в биосфере.
4. <http://www.ecoline.ru/ecoline/> Эколайн. Экологическая информация;
5. [http://www.els-kuntsevo.ru/links\\_ekologiya.php](http://www.els-kuntsevo.ru/links_ekologiya.php) Централизованная библиотечная система ЗАО. Экологические ресурсы Интернет;
6. [http://geohro.ru/pervie\\_etapi\\_razvitiya\\_jizni/page/2/](http://geohro.ru/pervie_etapi_razvitiya_jizni/page/2/) Геологический портал. Историческая геология.
7. [www.unep.org](http://www.unep.org) сайт Программы ООН по окружающей среде.
8. <http://ev9802.narod.ru/Biosfera.htm> Учение о биосфере. Ноосфера.
9. <http://www.sbio.info/list.php?c=orgbiosfera> – Проект «Вся Биология». Основы учения о биосфере;
10. <http://www.greenpeace.org/russia/ru/> Сайт Гринпис России (GreenPeace) – Российское отделение.
11. <http://b-energy.ru/biblioteka/46-biogeografiya-s-osnovami-ekologii/169ponyatie-o-biosfere.html> Зеленая энергия - популярно об экологии, химии, технологиях. Понятие о биосфере. История развития представлений о биосфере.

#### 4. Программа вступительных испытаний по специальности 1.5.21 - «Физиология и биохимия растений».

**Введение.** Физиология растений и ее задачи. Объект, предмет физиологии растений. История физиологии растений как науки. Роль отечественных ученых в ее развитии.

Место физиологии растений среди других наук. Уровни организации и уровни изучения живой материи. Методы физиологии растений. Физиология растений как теоретическая основа агрономии и биотехнологии. Экологическая физиология и ее роль.

**Физиология растительной клетки.** Клетка как элементарная структурная единица организма. Строение растительной клетки. Ее отличия от животной и бактериальной клеток. Свойства живой клетки. Строение, генезис, свойства и функции клеточной стенки. Понятие свободного пространства. Плазмодесмы. Апопласт и симпласт. Протопласт, его компоненты и особенности химического состава. Цитозоль (гиалоплазма) как внутренняя среда клетки, его характеристика. Субклеточные структуры растительных клеток: ядро, рибосомы, пластиды, митохондрии, эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, пероксисомы, глиоксисомы, сферосомы. Их строение, особенности химического состава, функции, генезис. Вакуолярная система и ее функции. Мембрана как универсальная структурная единица клетки. Химический состав, строение, свойства и функции универсальной мембраны. Градиенты клетки и их роль в ее структурной и функциональной организации. Гомеостаз и его значение. Цитоскелет (микротрубочки и микрофиламенты), его структура и функции. Сократительные белки. Движение цитоплазмы, его механизмы и значение. Механизмы транспорта веществ через мембраны (диффузия, адсорбция, мембранные транспортные белки, ионофоры, транспорт макромолекул). Роль АТФаз в транспорте веществ. Клетка как открытая термодинамическая система. Виды работы в клетке. Пространственная и временная организация процессов в клетке. Метаболические взаимодействия органелл. Авто- и гетеротрофность. Раздражимость клеток и тканей, ее значение. Законы раздражимости. Рецепторы. Роль мембран в восприятии внешних сигналов и регуляции метаболизма. Общие ответные реакции клеток на действие разных факторов: теория паранекроза. Содержание, состояние, роль воды в клетке. Механизмы поступления воды в клетку. Клетка как осмотическая система. Водный потенциал клетки и его зависимость от внешних и внутренних факторов. Саморегуляция водного обмена клетки. Механизмы клеточной регуляции. Биоэлектрические потенциалы.

**Водный обмен растения.** его характеристика и регуляция. Механизмы поступления и транспорта воды по растению. Корневая система как орган поступления воды. Корневое давление - нижний концевой двигатель водного тока, влияние внешних и внутренних факторов на его величину. Транспирация как верхний концевой двигатель водного тока. Гуттация. Типы транспирации. Интенсивность и продуктивность транспирации, транспирационный коэффициент. Влияние внешних и внутренних факторов на интенсивность транспирации. Способы повышения продуктивности транспирации. Зависимость величины транспирационного коэффициента от внешних и внутренних факторов. Механизмы устьичных движений. Влияние внешних факторов на устьичные движения. Суточный ход движения устьиц. Относительная транспирация. Транспирация как саморегулируемый процесс. Физиологические основы орошения. Ближний и дальний транспорт воды по растению. Взаимодействие верхнего и нижнего концевых двигателей водного тока. Теория сцепления Физиологическая засуха и ее причины. Методы учета водного обмена растения.

**Фотосинтез.** Общая характеристика фотосинтеза и его роль в жизни растения. История изучения фотосинтеза. Лист как орган фотосинтеза (строение, оптические свойства). Хлоропласт как органелла фотосинтеза, его строение, генезис, свойства и функции. Хлорофиллы и каротиноиды, их свойства и роль в фотосинтезе. Пигментные системы. Световая фаза фотосинтеза ( миграция энергии и транспорт электронов, фотосистема I и фотосистема II, их реакционные центры, фотофосфорилирование, фотолиз воды). Псевдоциклическое фосфорилирование. Темновая фаза фотосинтеза - путь углерода в фотосинтезе.  $C_3$ -цикл (цикл Кальвина- Бенсона),  $C_4$ -цикл (цикл Хетча и Слэка), САМ-цикл (КМТ-цикл). Гликолатный цикл. Первичные, промежуточные и конечные продукты фотосинтеза. Особенности фотосинтеза у  $C_4$ -растений и растений типа САМ. Влияние внешних и внутренних факторов на фотосинтез. Взаимодействие



факторов при фотосинтезе. Особенности дневного хода фотосинтеза у растений различных экологических групп. Фотосинтез как саморегулируемый процесс. Регуляция фотосинтеза на клеточном, органном и организменном уровнях. Фотосинтез, рост и продуктивность растений. Факторы, влияющие на чистую продуктивность фотосинтеза. Роль зеленых растений в биосфере. Светокультура растений. Фотосинтез и создание замкнутых систем жизнеобеспечения. Использование фотоавтотрофов в биотехнологии.

**Дыхание растений.** Общая характеристика дыхания и его значение в жизни растений. История изучения дыхания растений. Основные пути окисления дыхательного субстрата. Гликолиз. Цикл ди- и трикарбоновых кислот (цикл Кребса). Глиоксилатный цикл. Пентозофосфатный путь окисления глюкозы. Прямое окисление сахаров. Дыхание как центральный процесс обмена веществ, связывающий обмен белков, жиров и углеводов. Судьба восстановленных коферментов. Дыхательная цепь и ее функции. Окислительное фосфорилирование. Теория П. Митчела. Разобщение дыхания и фосфорилирования. Физиологический показатель эффективности дыхания и его зависимость от внешних и внутренних факторов. Интенсивность дыхания и ее зависимость от внешних и внутренних факторов. Причины повреждения и гибели растений в анаэробных условиях. Особенности дыхания различных органов и тканей растения. Дыхание растений разных экологических групп. Изменение дыхания в онтогенезе растения. Дыхательный коэффициент и его зависимость от внешних и внутренних факторов. Связь дыхания с другими функциями организма. Дыхание роста и дыхание поддержания. Механизмы регуляции дыхания. Методы учета дыхания.

**Минеральное питание.** История изучения корневого питания растений. Метод водных культур и его использование для доказательства автотрофии зеленого растения. Физиологическая роль макро- (азота, фосфора, серы, калия, кальция, магния) и микроэлементов (железа, марганца, молибдена, кобальта, меди, цинка, бора, кремния). Расстройства, возникающие при их недостатке. Основные закономерности поглощения ионов корневой системой. Зависимость поглощения веществ корнем от состава, концентрации, величины pH почвенного раствора, его аэрации и температуры. Взаимодействия ионов (антагонизм, синергизм, аддитивность). Роль отдельных зон корня, различных тканей и клеток в поглощении и распределении ионов. Корневые волоски и особенности их функционирования. Зависимость поглощения веществ от других физиологических функций. Радиальный транспорт ионов в корне. Соотношение симпластного и апопластного пути. Дальний транспорт ионов в растении (транспортные формы, механизмы, пути). Распределение ионов в листе, судьба избытка ионов.

Первичное усвоение элементов минерального питания - азота, фосфора, серы, кальция, магния. Зависимость превращения веществ в растении от внешних и внутренних факторов. Выделение веществ корневой системой (механизмы, значение). Роль корня в жизнедеятельности растения. Изменение минерального питания в онтогенезе. Круговорот элементов минерального питания в растении. Физиологические основы применения удобрений. Основные формы минеральных удобрений. Диагностика потребности растений в элементах минерального питания. Внекорневые подкормки. Выращивание растений без почвы, гидро- и аэропоника.

**Метаболизм растений.** Углеводный обмен. Моно-, ди- и полисахариды. Их характеристика, биосинтез и распад. Роль в жизнедеятельности растения.

Взаимопревращения углеводов в растении. Превращения углеводов при созревании плодов и прорастании семян. Факторы, влияющие на углеводный обмен. Азотный обмен. Этапы превращения азота в растении. Восстановление нитратов в корнях и листьях. Аминокислоты и амиды, их роль в азотном обмене. Аминирование, переаминирование, дезаминирование. Этапы синтеза белка. Роль нуклеиновых кислот. Аппарат белкового синтеза. Распад белка. Липидный обмен. Биосинтез и распад насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, простых и сложных липидов. Триглицериды, их состав, строение, роль в жизни растения, изменчивость под влиянием внешних условий. Воска, суберин, кутин, их характеристика и роль. Превращения липидов при созревании плодов и прорастании семян. Взаимопревращения липидов и углеводов. Витамины, их строение, свойства, классификация, биосинтез, значение в жизнедеятельности растения. "Вторичный" метаболизм растений. Первичные и вторичные метаболиты. Классификация и характеристика вторичных метаболитов. Роль в жизни растений, биосинтез, практическое использование. Влияние внешних факторов на их биосинтез.



**Транспорт органических веществ в растении.** Транспортные формы органических веществ. Восходящий и нисходящий ток веществ в растении. Ближний транспорт органических веществ. Выход ассимилятов из хлоропластов. Транспорт ассимилятов в листовой пластинке. Загрузка ассимилятами флоэмных окончаний. Коллекторная роль проводящей системы. Флоэмный транспорт, его скорость, возможные механизмы и регуляция. Взаимосвязи запасующих и потребляющих органов. Зависимость транспорта от температуры, водного режима, снабжения кислородом, минерального питания. Регуляторная роль гормонов и распространяющегося возбуждения. Отложение запасных веществ. Основные формы запасных веществ. Факторы, определяющие количество и качество запасаемых веществ.

**Рост и развитие растений.** Основные закономерности роста растений (клеточная основа роста, корреляции, полярность, периодичность). Фазы роста клеток, их характеристика. Дифференцировка и рост растений. Морфогенез побега. Морфогенез корня. Закон Сакса и его использование в агрономии. Покой растений, его виды и значение. Физиологические изменения, происходящие в растении при переходе к покою. Причины покоя. Способы нарушения и продления покоя. Регенерация у растений и ее способы. Механизмы морфогенеза (включение генетических программ, индукция поляризации, "эффект положения"). Зависимость роста от внешних и внутренних факторов. Связь роста с другими функциями организма.

Фитогормоны, их классификация. Биотесты и их использование для идентификации фитогормонов. Гормоны-стимуляторы и гормоны-ингибиторы роста, гистогормоны; их характеристика, роль в жизни растения, биосинтез, транспорт по растению. Использование гормонов в растениеводстве. Движения растений. Тропизмы, настии, нутации, их классификация и характеристика. Механизмы тропических и настических движений. Значение тропизмов и настий.

Онтогенез и его основные закономерности. Этапы онтогенеза. Возрастные изменения в онтогенезе. Моно- и поликарпические растения. Яровизация как пример термотропизма, ее приспособительное значение. Фотопериодизм, его характеристика и значение. Классификация растений по фотопериодической реакции. Физиология размножения растений. Способы размножения. Половое размножение цветковых растений. Инициация цветения. Детерминация пола. Развитие цветка. Опыление и оплодотворение. Развитие семян и плодов. Созревание плодов. Гормональная теория зацветания растений М.Х.Чайлаханя. Методы управления ростом и развитием растений.

**Устойчивость растений.** Засухоустойчивость и устойчивость к перегреву. Действие на растение высоких температур и водного дефицита. Типы приспособления растений к засухе, их характеристика. Физиологические особенности суккулентов. Почвенная и атмосферная засуха. Онтогенетические приспособительные реакции растений-мезофитов в условиях водного стресса и высокой температуры. Белки теплового шока.

Влияние на растения избыточного увлажнения почвы. Физиологические изменения при гипоксии и аноксии. Полегание, его причины и меры предупреждения.

Устойчивость к низким температурам. Причины гибели тропических растений под влиянием низких положительных температур. Причины гибели растений под влиянием отрицательных температур. Морозостойкость растений. Закаливание к низким температурам и происходящие при этом процессы. Зимостойкость растений, условия и причины вымерзания растений. Солеустойчивость растений. Типы галофитов, их характеристика. Причины и характер повреждения и гибели растений при засолении почвы. Пути повышения солеустойчивости культурных растений. Общие принципы устойчивости растений к стрессам и методы ее диагностики.

Регуляторные системы растительного организма, их характеристика и иерархия.

#### **Рекомендуемая литература**

3. Кузнецов Вл.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений // Том 1: учебник для академического бакалавриата. М.: Изд-во Юрайт, 2019. – 437 с.
4. Кузнецов Вл.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений // Том 2: учебник для вузов. М.: Изд-во Юрайт, 2020. – 459 с.
5. Кузнецов Вл.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. – М.: ВШ-Абрис, 2011. 784 с.
6. Медведев С.С. Физиология растений: учебник. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 512 с



7. Алехина Н.Д., Балнокин Ю.В., Гавриленко В.Ф. и др.: под ред. Ермакова И.П. Физиология растений. М.: Изд. Центр «Академия», 2005. – 640 с.
8. Хелдт Г.В. Биохимия растений. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 472 с.
9. Курсанов А.Л. Транспорт ассимилятов растений. М., 1976. – 646 с.
10. Чайлахян М.Х. Регуляция цветения высших растений. М., 1988. 560 с.
11. Bowsher C., Steer M. and Tobin A. Plant Biochemistry. New York: Garland Science, Taylor and Francis Group, LLC, 2008. - 446 p.
12. Биологическая химия: учеб. пособие для студентов вузов/ под ред. Н.Н. Ковалевской. – М.: Академия, 2005. – 254 с.
13. Биохимия. Учеб. для Мед. Вузов / под ред. Е.С. Северина. – 3-е изд. испр. – М.: ГЭОТАР-Медиа 2006. – 779 с.
14. Шишова М.Ф., Танкелюн О.В., Емельянов В.В., Полевой В.В. Рецепция и трансдукция сигналов у растений. - СПб.: Изд-во. СПб ун-та. 2008 - 203 с.
15. Обзорные статьи в “Annual Review of Plant Physiology”.
16. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных растений. М.: Дрофа, 2010. – 639 с.
17. Рогожин, В.В. Биохимия растений / В.В. Рогожин. – СПб.: ГИОРД, 2012. – 432 с.
18. Кретович В.Л. Биохимия растений. М.: Высшая школа, 1986. – 504 с.
19. Чайлахян М.Х., Хрянин В.Н. Пол растений и его гормональная регуляция. М.: Наука, 1982. – 173 с.
20. <http://www.rusplant.ru/> «Физиология растений».
21. <http://www.ippras.ru/> ФГБУН Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН.
22. <http://www.timacad.ru/> Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева.
23. <http://www.bio.msu.ru/> МГУ им. М. В. Ломоносова Биологический факультет.

Председатель предметной комиссии

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, cursive letters that appear to be 'С.В. Титов'.

С.В. Титов