

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства
(БИОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ)



УТВЕРЖДАЮ:

Директор Биологического института

Д.С. Воробьев

«25» марта 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

Генетика

по направлению подготовки

06.03.01 Биология

Направленность (профиль) подготовки:
«Биология»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2022

Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.35

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

Д. С. Воробьев

Председатель УМК

А. Л. Борисенко

Томск – 2022

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-1 – Способен применять знание биологического разнообразия и использовать методы наблюдения, идентификации, классификации, воспроизводства и культивирования живых объектов для решения профессиональных задач;

– ОПК-2 – Способен применять принципы структурно-функциональной организации, использовать физиологические, цитологические, биохимические, биофизические методы анализа для оценки и коррекции состояния живых объектов и мониторинга среды их обитания;

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

– ОПК-5 – Способен применять в профессиональной деятельности современные представления об основах биотехнологических и биомедицинских производств, геной инженерии, нанобиотехнологии, молекулярного моделирования;

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.3. – Применяет принципы воспроизводства и культивирования живых объектов при решении профессиональных задач;

ИОПК-2.1. – Демонстрирует понимание принципов структурно-функциональной организации живых систем;

ИОПК-3.1. – Демонстрирует понимание основ эволюционной теории, современные представления о структурно-функциональной организации генетической программы живых объектов при осуществлении профессиональной деятельности;

ИОПК-3.2. – Применяет методы молекулярной биологии, генетики и биологии развития для исследования механизмов онтогенеза и филогенеза в профессиональной деятельности;

ИОПК-5.1. – Демонстрирует понимание современных представлений об основах биотехнологических и биомедицинских производств, геной инженерии, нанобиотехнологии, молекулярного моделирования;

ИОПК-5.2. – Применяет знание основ (представление об основах) биотехнологических и биомедицинских производств, геной инженерии, нанобиотехнологии, молекулярного моделирования при решении профессиональных задач.

2. Задачи освоения дисциплины

– Знать принципы организации и реализации наследственной информации;

– Знать причины генетической изменчивости;

– Знать закономерности и механизмы передачи генетической информации в ряду поколений;

– Уметь искать и анализировать информацию об организации генов и геномов живых организмов;

– Уметь анализировать и критически оценивать информацию, имеющее отношение к реализации, изменчивости и наследованию генетически детерминированных признаков

– Уметь подбирать методы эксплуатации современной аппаратуры и оборудования для выполнения обозначенных научно-исследовательских полевых и лабораторных работ.

– Уметь анализировать и обобщать данные, полученные в ходе проведения полевых и лабораторных исследований, для их представления в виде научно-технических отчетов.

– Владеть навыками проведения молекулярно-генетического анализа с использованием современного оборудования (ПЦР, ПДРФ, гель электрофорез и другие)

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Семестр 6, экзамен.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Биохимия», «Цитология и гистология», «Микробиология».

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з. е., 144 часа, из которых:

– лекции: 30 ч.;

– семинарские занятия: 18 ч.;

– лабораторные работы: 28 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Введение в курс «Генетика»

Признаки сложные и простые. Фенотип. Задатки признаков (гены) и генотип как вариант реализации программы развития. Роль среды в реализации программы развития. Наследуемые и ненаследуемые признаки. Генетика как наука, ее предмет и объект; место среди других дисциплин. Генетический анализ и гибридологический метод. Символика в генетике.

Тема 2. ДНК и гены

Развитие представлений о гене как информационном, так и в материальном смысле. «Доменделевские» представления о наследовании признаков. Корпускулярная и хромосомная теории наследственности в общем виде. Представления о делимости гена, ступенчатый аллеломорфизм А. С. Серебровского. Общие принципы химической организации нуклеиновых кислот. Центральная догма молекулярной биологии. Генетический код. Современные представления о структуре гена эукариот и прокариот. Белок-кодирующие и РНК-кодирующие гены. Общие принципы регуляции экспрессии генов у эукариот и прокариот. Геномные браузеры.

Тема 3. Геномы

Линейное расположение генов в хромосомах. Неравномерное распределение генов в хромосомах, кластеры генов, генные пустыни. Геном. Ядерный геном и число Винклера. Размер генома. Число генов в геноме и связь числа генов с размером генома. С-парадокс.

«Некодирующая» часть генома: тандемные повторы и мобильные генетические элементы. Псевдогены. Геномные проекты и эра геномики.

Тема 4. Мутационная изменчивость

Виды изменчивости: морфозы, тераты, модификации и мутации. Мутационная теория Коржинского-де Фриза, ее основные положения. Спонтанные мутации: характеристики, причины. Системы ДНК-репарации (пострепликативная, эксцизионная, фотореактивация, СОС-репарация). Индуцированный мутагенез. Принцип попадания. Генетические эффекты, зависимость доза-эффект. Химический мутагенез. Методы учета мутаций у дрозофилы и микроорганизмов. Флуктуационный тест. Закон гомологических рядов наследственной изменчивости Н.И. Вавилова. Точковые мутации и их классификация, значение. Современные представления об аллелизме. Множественный аллелизм. Гаплотипы. Хромосомные и геномные мутации, механизмы возникновения и значение.

Тема 5. Реализация генетической информации: от гена к признаку

Программа развития организма и онтогенез. Генные сети. Структурные и функциональные компоненты и функциональные модули генных сетей. Базовые принципы организации генных сетей. Молекулярная бюрократия. Плейотропия генов и продуктов их экспрессии. Пенетрантность и экспрессивность генов. Межаллельное взаимодействие генов и наследование признаков при межаллельном взаимодействии. Взаимодействие генов в бытах У. Бэтсона, Дж. Бидла и Э. Татума. Эпистаз, супрессия, комплемент, модификация некумулятивная и кумулятивная полимерии в свете современных представлений об организации взаимодействия между генами. Наследование при взаимодействии между генами. Генный баланс. Генотип как система взаимодействующих генов. Системная биология, ее задачи и перспективы.

Тема 6. Общая рекомбинация и менделевское наследование

Генетический анализ, его содержание и частные методы. Особенности метода гибридологического анализа. Чистые линии. Моногибридное скрещивание. Допущения Г. Менделя для объяснения результатов его опытов. Анализирующее скрещивание. Первый и второй законы Менделя. Наследование при дигибридном скрещивании. Третий закон Менделя. Цитологические основы расщеплений при моногибридном и дигибридном скрещиваниях. Рекомбинация, частота рекомбинации (rf). Менделевское наследование в общем виде: число классов гамет у полигетерозигот, их пропорции, числа и пропорции генотипических и фенотипических классов среди потомков F₂. Критерии менделевского наследования. Правило чистоты гамет. Тетрадный анализ. Закономерности менделевского наследования, биологические механизмы, условия и статистический характер их реализации. Причины и примеры отклонений от ожидаемых расщеплений. Основные положения корпускулярной теории наследственности.

Тема 7. Сцепленное наследование и кроссинговер

Полное и неполное сцепление генов. Группы сцепления. Закон Моргана. Кроссинговер. Цитологическое доказательство кроссинговера. Цитологический механизм кроссинговера. Митотический кроссинговер. Хиазмы и кроссинговер. Тетрадный анализ при кроссинговере. Закон аддитивности. Множественный обмен. Формула Трой. Интерференция и её измерение. Локализация гена. Генетические и цитологические карты. Картирующие функции. Основные положения хромосомной теории наследственности.

Тема 8. Определение пола, сцепленное с полом наследование, генетика пола

Пол. Раздельнополость и гермафродитизм. Расщепление по полу в популяциях раздельнополых организмов. Гипотеза Г. Менделя. Drosophila- и Abraxas-тип

генетического определения пола. Природа фактора, определяющего пол. Гомо- и гетерогаметный пол. Lygaeus- и Protenor-тип хромосомного определения пола. Сцепленное с полом наследование, его критерии. Типы сцепления с полом и особенности наследования. Наследование при нерасхождении половых хромосом. Особенности и эволюция гоносом. Хромосомная инверсия пола. Балансовая (К. Бриджес) и физиологическая (Р. Гольдшмидт) теории определения пола. Гинандроморфизм. Дифференциация и переопределение пола в онтогенезе. Тестес-детерминирующий фактор. SRY млекопитающих. Первичная бисексуальность раздельнополых организмов. Соотношение полов (СП) и его регуляция в практических целях.

Тема 9. Цитоплазматическое наследование

Специфика цитоплазматической и ядерной наследственности. Методы выявления цитоплазматического наследования. Материнский эффект (матроклиния). Внеядерная наследственность. Пластиды и митохондрии, паразиты и симбионты. Плазмидное наследование. Взаимодействие ядерных и внеядерных генов. Цитоплазматическая мужская стерильность.

Тема 10. Гены в природных популяциях

Вид и популяция. Генетическая структура популяций. Определение частот генотипов и генов. Закон Харди-Вайнберга. Ограничение панмиксии (инбридинг, ассортативное скрещивание) и её генетические следствия. Популяционно-генетический гомеостаз. Микроэволюционные факторы. Мутирование — первичный источник изменчивости и фактор микроэволюции. Миграция. Дрейф генов. Приспособленность и естественный отбор. Количественная оценка эффективности факторов микроэволюции, сходство и отличие результатов их действия. Формы естественного отбора: стабилизирующий, направленный, дизруптивный, дестабилизирующий, зависящий от плотности. Гетерогенность, полиморфизм и генетический груз популяций. Молекулярно-генетические основы эволюции. Задачи геносистематики. Генофонды, актуальность их охраны.

Тема 11. Гены в развитии организма

Онтогенез - процесс реализации наследственной программы развития. Тотипотентность клеток. Дифференциальная активность генов в течение онтогенеза. Первичная дифференцировка цитоплазмы, действие генов в раннем эмбриогенезе. Трансплантация ядер. Ядерно-цитоплазматические отношения. Тканеспецифичная активность генов. Морфо-функциональные изменения хромосом (пуффинг, "ламповые щетки"). Влияние гормонов и эмбриональных индукторов. Становление признаков в онтогенезе, плейотропия, взаимодействие генов и клеток, детерминация. Трансплантация клеток. Гетерокарионы. Метод соматической гибридизации. Химеры. Гистонесовместимость. Генетика иммунитета.

Тема 12. Генная инженерия.

Горизонтальный генетический перенос. Выделение и синтез генов. Векторы прокариот: плазмиды, фаговая ДНК. Рекомбинантные ДНК. Клонирование генов. Банки генов. Проблема экспрессии гетерологических генов.

Векторы эукариот. Дрожжи как объект генетической инженерии. Основы генетической инженерии растений и животных: трансформация клеток высших организмов, введение генов в зародышевые и соматические клетки животных. Клеточная инженерия. Гибридомы. Генетическая инженерия и фундаментальные проблемы биологии, ее значимость для практики и социальные аспекты. Синтетическая биология и ее перспективы.

Тема 13. Медицинская генетика и онкогенетика

Человек как объект генетических исследований. Генеалогический метод, этапы, решаемые задачи. Цитогенетический метод. Кариотип человека. Дифференциальная окраска хромосом. Синдромы хромосомной этиологии. Метод гибридизации соматических клеток. Прочие методы (близнецовый, биохимический, онтогенетический, популяционный). Задачи и проблемы медицинской генетики. Врожденные и наследственные болезни. Наследственная предрасположенность к заболеваниям. Медико-генетическое консультирование. Охрана здоровья и наследственности человека. Значение охраны окружающей среды.

Тема 14. Основы селекции

Предмет и задачи селекции. Связь селекции с генетикой. Исходный материал для селекции. Центры происхождения и генетического разнообразия культурных растений по Н.И. Вавилову. Порода, сорт, штамм.

Использование индуцированных мутаций, рекомбинации, полиплоидии. Системы скрещивания в селекции растений и животных. Линейная (аналитическая) селекция. Инбридинг. Коэффициент инбридинга. Синтетическая селекция. Аутбридинг. Отдаленная гибридизация. Межвидовая и межродовая гибридизация. Фертильность и расщепление потомства гибридов. Преодоление нескрещиваемости.

Гетерозис, его природа. Простые и двойные межлинейные гибриды. Использование цитоплазматической мужской стерильности при производстве гибридных семян.

Различие искусственного и естественного отбора. Наследуемость, коэффициент наследуемости. Критерии отбора: фенотип, родословная, качество потомства. Массовый и индивидуальный отбор. Эффективность отбора и условия среды. Использование достижений генетической и клеточной инженерии в селекции. Гаплонты. Успехи и перспективы селекции.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем проведения тестов по лекционному и семинарскому материалу и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в шестом семестре проводится для студентов успешно сдавшим все отчеты по лабораторным работам, а также прошедшим текущий контроль путем сдачи предусмотренных тестов на 50 или более баллов из 100. Экзамен проводится в устной форме по билетам. Билеты к экзамену состоят из двух вопросов и одной задачи. Первый вопрос билета направлен на проверку ИОПК-2.1. и ИОПК-5.1., второй вопрос – ИОПК-3.1. и третий вопрос – на формирование ИОПК-3.2. и ИОПК-5.2.

Примерный перечень вопросов к экзамену по дисциплине «Генетика»

1. Генетика, её предмет, задачи и методы.
2. Умозрительные гипотезы о природе наследственности (Ч. Дарвин, К. Негели, А. Вейсман).
3. История генетики. Роль отечественных учёных в развитии науки.
4. Теория “один ген – один фермент”.
5. Метод генетического анализа. Особенности гибридологического анализа.
6. Менделевское наследование в общем виде
7. Тетрадный анализ и менделевское наследование.
8. Материальные основы наследственности.
9. Сцепленное наследование, группы сцепления, закон Менделя.

10. Корпускулярная теория наследственности.
11. Дигибридное скрещивание.
12. Причины и примеры отклонений от ожидаемых расщеплений.
13. Генетическая символика.
14. Модельные объекты генетики.
15. Биологические основы и статистический характер наследования.
16. Генетические и основные хромосомные типы определения пола.
17. Основные положения хромосомной теории наследственности.
18. Закон гомологических рядов наследственной изменчивости.
19. Пенетрантность и экспрессивность.
20. Эуплоидия, природа полиплоидов, фертильность и наследование у полиплоидов.
21. Множественный аллелизм. Межаллельные отношения.
22. Полимерия.
23. Комплиментарные гены.
24. Множественные обмены, интерференция, её природа и измерение.
25. Генная конверсия
26. Полное и неполное сцепление. Рекомбинация, её количественная оценка.
27. Ядро и цитоплазма как материальные носители наследственности.
28. Химический состав и организация нуклеиновых кислот.
29. Доказательства генетической роли ДНК и РНК.
30. Развитие представлений о гене. Ступенчатый аллеломорфизм.
31. Структурная делимость гена.
32. Современные представления о гене, его строении и функции.
33. Процесс репликации ДНК: этапы, реакции, энзимология.
34. Транскрипция.
35. Репарация ДНК
36. Центральная догма молекулярной биологии
37. Генетический код, свойства кода.
38. Структурные хромосомные перестройки, их биологические эффекты: инверсии.
39. Локализация (картирование) гена.
40. Детальная физическая структура гена. Карта гена.
41. Закон аддитивности. Генетическое расстояние.
42. Картирующие функции.
43. Опыты группы Т.Х. Моргана по изучению кроссинговера.
44. Цитологическое доказательство кроссинговера.
45. Цитологический механизм кроссинговера.
46. Хиазмы, кроссинговер и генетическая длина хромосом.
47. Пол. Раздельнополость и гермафродитизм. Расщепление по полу.
48. Сцепленное с полом наследование. Типы сцепления с полом.
49. Первичная бисексуальность раздельнополых организмов.
50. Половое размножение: амфимиксис, партено-, гино-, андрогенез.
51. Концепция гено- и фенотипа. Изменчивость, её виды и источники.
52. Мутационная изменчивость. Классификация мутаций.
53. Мутационная теория Коржинского-де Фриза (основные положения).
54. Тесты на аллелизм мутаций.
55. Молекулярные механизмы возникновения мутаций.
56. Индуцированный мутагенез, факторы, вызывающие появление мутаций.
57. Радиационный мутагенез: механизм, зависимость “доза-эффект”.
58. Мутагенный эффект ультрафиолета и температуры.
59. Спонтанный мутационный процесс. Методы учёта мутаций.
60. Модификационная изменчивость, основные свойства модификаций.
61. Организация генов в геноме. Кластеризация генов.

62. Регуляция экспрессии генов у прокариот.
63. Регуляция экспрессии генов у эукариот.
64. Размеры генома. Связь с числом генов. Избыточность генома.
65. Некодирующие элементы генома: тандемные повторы и мобильные элементы.
66. Генная инженерия в сельском хозяйстве и медицине.
67. Основы селекции: количественные признаки, способы отбора и типы скрещиваний
68. Нехромосомное наследование. Пластидное наследование.

Критерии оценивания:

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Результаты текущего контроля учитываются в виде дополнения 1 балла к результату промежуточной аттестации в случае, если обучающийся посещал все лекции и семинарские занятия и подготовил не менее 3 развернутых докладов по темам курса.

Оценивание ответа на экзаменационный билет производится по 5-ти балльной шкале, где:

5 баллов (отлично) – на каждый вопрос билета даны полные, самостоятельные без наводящих вопросов ответы, сопровождающиеся пояснительными рисунками, схемами и примерами. Даны исчерпывающие ответы на дополнительные вопросы демонстрирующие, что отвечающий ориентируется в смежных вопросах и имеет целостное представление о проблеме.

4 балла (хорошо) – на все вопросы даны ответы, сопровождающиеся пояснительными рисунками и схемами. При этом отвечающий нуждается в наводящих вопросах для полного ответа, а примеры, иллюстрирующие понимание проблемы, не приводятся. Также возможен вариант, когда исчерпывающие ответы даются лишь на два вопроса билета, тогда как на третий вопрос ответ дается неполный. Даны ответы на дополнительные вопросы демонстрирующие, что отвечающий ориентируется в смежных вопросах и имеет целостное представление о проблеме.

3 балла (удовлетворительно) – на все вопросы даны неполные ответы, либо полный исчерпывающий ответ дан лишь на один вопрос из трех. Отвечающий испытывает трудности с использованием терминов и не может привести примеры, предоставить пояснения, схемы. Ответы на дополнительные вопросы либо не демонстрируют полноты понимания проблемы и ее места в смежных областях, либо демонстрируют фрагментарное понимание вопроса.

2 балла (неудовлетворительно) – обучающийся не ответил ни на один вопрос экзаменационного билета.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=16962¬ifyeditingon=1>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План семинарских занятий по дисциплине.

Семинарские занятия проводятся по единому плану:

- 1) доклады обучающихся по темам, соответствующим содержанию дисциплины (п. 8.);
- 2) обсуждение представленной информации;
- 3) знакомство с информационными источниками по теме семинара и результатами исследований по соответствующей теме.

Темы семинаров:

- Семинар 1. Материальные основы наследственности
- Семинар 2. Мутационная изменчивость
- Семинар 3. От гена к признаку
- Семинар 4. Генетический анализ
- Семинар 5. Неядерная наследственность
- Семинар 6. Эпигенетика
- Семинар 7. Медицинская генетика
- Семинар 8. Гены и развитие
- Семинар 9. Синтетическая биология

г) Методические указания по проведению лабораторных работ.

Методические указания к проведению лабораторных работ приведены в проекте учебно-методического пособия «Лабораторные работы по генетике».

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

Целью самостоятельной работы обучающихся является:

- закрепление фундаментальных знаний в области генетики, расширение знаний о прикладных аспектах использования достижений генетики;
- развитие умения самостоятельно работать с учебным материалом;
- приобретение навыков поиска и реферирования доступной научной информации в области генетики.

Самостоятельная работа студентов предусматривает:

- повторение лекционного материала, подготовку к семинарским занятиям;
- подготовку к экзамену.

Во время самостоятельной работы для подготовки к семинарским занятиям обучающийся может использовать рекомендованные литературные источники и интернет-ресурсы, а также иные источники информации (статьи в периодических изданиях и др.), позволяющие получать современную информацию об исследованиях в области генетики.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции. Учебник для студентов высших учебных заведений. Санкт-Петербург: Изд-во Н-Л, 2010, 2015. – 720 с.

Инге-Вечтомов С.Г. Ретроспектива генетики. Курс лекций. Санкт-Петербург: Изд-во Н-Л, 2015. – 356 с.

б) дополнительная литература:

Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции. Учебник для студентов биологических специальностей университетов. Москва: Изд-во Высшая школа, 1989. – 592 с.

Клаг У., Каммингс М. Основы генетики. М.: Техносфера, 2007. – 896 с.

Новиков Ю.М. Генетика: решение и оформление задач, основные термины, понятия и законы. Учебное пособие. Томск: Изд-во ТГУ, 2006. – 260 с.

в) ресурсы сети Интернет:

Максимова Н.П. Курс лекций по генетике (с презентациями) – URL: <http://www.bio.bsu.by/genetics/genetics.phtml> (дата обращения 16.11.2016).

Жимулев И.Ф. Общая и молекулярная генетика. Курс лекций для студентов 3-его курса. 2007. Эл. версия: <http://bookfi.net/book/1397395>.

13. Перечень информационных технологий

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
 - публично доступные облачные технологии (Яндекс диск и т.п.).
- б) информационные справочные системы:
- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
 - Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
 - ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
 - ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
 - Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
 - ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
 - ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Артемов Глеб Николаевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры генетики и клеточной биологии БИ ТГУ.