

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Мичуринский государственный аграрный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Председатель приемной комиссии,
и.о. ректора ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

Жидков С.А.

« 31 »

10

2023 г.

Программа

вступительного испытания по специальной дисциплине для поступающих
в ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ на обучение по программам подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной
специальности 1.5.6. Биотехнология

Мичуринск-2023

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Основы молекулярной биологии и генетики

Предмет и методы молекулярной биологии. Свойства нуклеиновых кислот как носителей генетической информации. Новая биотехнология и задачи молекулярной биологии. Роль молекулярной биологии в ускорении научно-технического прогресса.

Генетика и цитология как теоретическая основа биотехнологии. Передача наследственной информации.

Молекулярные основы наследственности.

Состав и свойства нуклеиновых кислот. Нуклеотиды. Принцип комплементарности и его биологическое значение.

Структурная организация хромосом про- и эукариот. Гистоны как специфические белковые компоненты хромосом. Негистоновые белки. Высшие уровни организации хромосом.

Репликация ДНК. Ферменты репликации. Репарация ДНК. Ферменты репарации.

Рекомбинация. Механизм общей рекомбинации. Ферменты рекомбинации.

Генетический код. Основные свойства генетического кода.

Механизмы генных мутаций, гены-мутаторы и антимутаторы. Проблема направленного мутагенеза.

Матричный синтез рибосомной, транспортной и информационной РНК. Состав и свойства белков. Структура белков. Понятие о гибридных белках.

Биосинтез белка. Этапы биосинтеза белка. Функционирование полирибосом. Регуляция синтеза белка на уровне трансляции. Ингибиторы белкового синтеза.

Мобильные генетические элементы. Перенос генов между про- и эукариотами.

Внехромосомные генетические элементы. Эписомы. Минихромосомы. Бактериальные плазмиды. Геном митохондрий и хлоропластов.

Клеточная инженерия

Биотехнология как наука и отрасль производства. Предмет и методы сельскохозяйственной биотехнологии. Основные направления и задачи современной биотехнологии. Генетическая и клеточная инженерия - центральное ядро современной биотехнологии. Применение методов биотехнологии в селекции, семеноводстве и технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. Биотехнология и биометоды в защите растений. Биотехнология в ветеринарии. Методы биотехнологии в селекционно-племенной работе в животноводстве. Биотехнология и защита окружающей среды от загрязнения. Связь биотехнологии с другими биологическими и сельскохозяйственными науками. Приоритетные направления и мировой уровень биотехнологии как науки и отрасли производства.

Биология культивируемых клеток и тканей.

Сущность и задачи клеточной инженерии. Культивирование изолированных клеток, тканей и органов растений в условиях *invitro*. История развития метода. Роль культуры изолированных клеток, тканей и органов растений в биотехнологии. Объект и методы исследований.

Условия культивирования изолированных клеток, тканей, органов и протопластов на искусственных питательных средах. Методы стерилизации растительных эксплантов, питательных сред и оборудования. Основные принципы составления питательных сред. Источники получения эксплантов.

Каллусная ткань как основной объект исследований. Специфика каллусной ткани. Дедифференцировка как обязательное условие перехода специализированной клетки к делению и образованию каллусной ткани. Гормоны, индуцирующие дедифференцировку и переход клетки к делению. Генетическая неоднородность каллусных клеток, культивируемых *in vitro*. Меристемы - ткани, сохраняющие стабильность генома. Причины и следствия генетической стабильности меристем. Спонтанные мутации, соматональные вариации и их практическое значение в селекции.

Пересадка каллусной ткани на свежую питательную среду. Явление "привыкания", наблюдаемое при длительном культивировании каллусной ткани. Снижение или утрата способности к регенерации у "привыкших" тканей. Сходства и различия каллусных, опухолевых и нормальных клеток.

Способы культивирования каллусных тканей. Суспензионные культуры, их получение, выращивание и основные характеристики. Использование суспензионных культур для получения веществ вторичного синтеза. Культура одиночных клеток. Тотипотентность растительных клеток, ее природа и значение в селекции и размножении растений. Вторичная дифференцировка и морфогенез в культуре изолированных клеток, тканей и органов растений. Типы вторичной дифференцировки: гистогенез, эмбриогенез, органогенез. Морфогенез и получение растений-регенерантов. Типы морфогенеза: органогенез (корневой, стеблевой, флоральный) и соматический эмбриогенез.

Индукция морфогенеза с помощью фитогормонов и физических факторов. Генетические и эпигенетические основы морфогенеза.

Каллусная клетка. Физиологические и структурные особенности каллусных клеток по сравнению с клетками интактного растения. Цитодифференциация каллусных культур.

Применение методов клеточной инженерии в селекции и растениеводстве

Основные и вспомогательные методы. Использование методов *invitro* для размножения нежизнеспособных гибридов. Оплодотворение *invitro* для преодоления прогамной несовместимости при отдаленной гибридизации растений. Культура изолированных семязачек и зародышей - преодоление постгамной несовместимости. Получение гаплоидных растений. Культивирование изолированных пыльников, пыльцы и микроспор. Андрогенез, партеногенез, гиногенез.

Использование генетической variability клеток в культуре *invitro* для получения соматональных вариантов. Генетические и эпигенетические изменения хозяйственно важных признаков соматональных вариантов сельскохозяйственных растений.

Клеточная селекция. Цели и задачи Выбор исходных генотипов и селективных условий для клеточной селекции. Достижения и перспективы клеточной селекции в создании принципиально новых генотипов сельскохозяйственных культур, обладающих высокой продуктивностью. Методы клеточной селекции в получении форм растений, устойчивых к абиотическим факторам. Получение растений, устойчивых к биотическим факторам.

Изолированные протопласты растений, их получение и культивирование. Процесс восстановления клеточной стенки. Индукция деления и образования колоний каллусных клеток из протопластов. Гибридизация и цибридизация соматических клеток. Способы слияния изолированных протопластов. Генетические изменения клеток в процессе соматической гибридизации и их практическое значение в селекции. Криосохранение. Значение и задачи криосохранения растительного генофонда и его производных. Объекты, которые хранятся в жидком азоте. Подготовка растительного материала к замораживанию. Технология замораживания, криосохранения, оттаивания и реактивация клеток и меристем.

Применение методов *invitro* для размножения и оздоровления посадочного материала. Преимущества метода клонального микроразмножения растений по сравнению с традиционными методами вегетативного размножения. Классификация методов клонального микроразмножения.

Этапы клонального микроразмножения. Техника культивирования растительных тканей на разных этапах клонального микроразмножения. Адаптация пробирочных растений к почвенным условиям.

Влияние генетических, физиологических, гормональных и физических факторов на микроразмножение растений. Оздоровление посадочного материала от вирусов. Термотерапия. Хемотерапия.

Применение методов клеточной и эмбриогенетической инженерии в животноводстве

Особенности культивирования клеток животных в условиях *invitro*.

Трансплантация ядер. Оплодотворение *invitro*. Культивирование *invitro* овоцитов и эмбрионов. Технология трансплантации эмбрионов. Межвидовые пересадки эмбрионов.

Генетическая инженерия

Принципы и методы генетической инженерии.

Сущность и задачи генетической (генной) инженерии. Наиболее распространенные виды плазмид и фаговых векторов, используемых в генной инженерии. Ферменты генной инженерии. Принципы клонирования фрагментов ДНК. Соединение фрагментов ДНК с "тупыми" и "липкими" концами. Способы переноса индивидуальных генов или групп генов в реципиентные клетки.

Проблемы экспрессии трансформированных генов. Способы оптимизации экспрессии генов.

Генетическая инженерия в растениеводстве

Конструирование генно-инженерно модифицированных (трансгенных) растений. Технологии генной инженерии растений.

Качество, безопасность и сертификация генмодифицированного сырья и пищевых продуктов на их основе. Роль генетической инженерии в создании принципиально новых форм сельскохозяйственных растений. Повышение продуктивности растений. Генно-инженерные подходы к повышению эффективности фотосинтеза. Создание растений с улучшенными питательными свойствами. Применение методов генной инженерии для улучшения аминокислотного состава запасных белков. Получение трансгенных растений, устойчивых к гербицидам и инсектицидам. Повышение устойчивости растений к низким температурам методами генной инженерии. Повышение устойчивости к стрессовым факторам.

Применение методов генетической инженерии в защите растений. Создание растений, устойчивых к болезням и вредителям. Получение трансгенных растений, устойчивых к вирусной, грибной и бактериальной инфекции. Применение генно-инженерной технологии в создании микробиологических пестицидов (биопестицидов). Проблемы генной инженерии в растениеводстве. Проблемы и перспективы.

Генетическая инженерия в животноводстве и ветеринарии.

Применение генной инженерии в животноводстве (трансгенные животные как «биореакторы» биологически активных веществ).

Генно-инженерные манипуляции с яйцеклетками и эмбрионами животных. Трансформация животных клеток. Микроинъекции рекомбинантной ДНК в зиготы. Получение трансгенных животных с ускоренным ростом.

Введение генов в клетки животных и задачи генотерапии.

Гормональная регуляция роста и развития растений

Понятие о фитогормонах и фиторегуляторах. Классификация, структура и функции фитогормонов (ауксины, цитокинины, гиббереллины, этилен, абсцизовая кислота). Специфичность действия отдельных фитогормонов.

Фиторегуляторы - классификация и специфичность действия. Аналоги и антагонисты ауксинов, цитокининов, гиббереллинов, абсцизовой кислоты.

Гормональная регуляции в животноводстве

Применение гормональных препаратов и биостимуляторов в животноводстве. Методы регуляции роста и продуктивности животных.

Области применения современной биотехнологии.

Биотехнологии для кормовой базы животноводства. Производство кормового белка - белка одноклеточных микроорганизмов. Промышленные штаммы-продуценты. Сырьевая база. Требования, предъявляемые к качеству готового продукта. Биомасса промышленных микроорганизмов как сырье для получения широкой гаммы продуктов различного назначения. Использование технологии утилизации различных отходов (целлюлозосодержащие материалы, молочная сыворотка, отходы пищевых и рыбоперерабатывающих производств). Микробиологическое производство ферментных препаратов для кормопроизводства. Микробиологическое производство индивидуальных Ламинокислот кормового назначения. Микробиологическое производство кормовых антибиотиков. Микробиологическое производство концентратов витаминов кормового назначения. Производство вакцин для животноводства. Производство пробиотиков для животноводства.

Производство микробных препаратов для растениеводства. Биотехнологии бактериальных и грибных средств защиты растений от вредных насекомых (инсектициды, фунгициды). Биотехнологии антибиотиков против корневой гнили и мучнистой росы. Биотехнологии бактериальных удобрений.

Биотехнологии для пищевой и легкой промышленности. Микробиологическое производство индивидуальных органических кислот (лимонная, яблочная, аспарагиновая кислоты). Микробиологическое производство ферментных препаратов. Использование ферментов микробного происхождения для пищевой промышленности: производство пищевого этанола, виноматериалов, пива, хлебопекарских дрожжей; производство ферментных препаратов (рениноподобные протеиназы, глюкоизомеразы, бета-галактозидазы, бетафруктофуранозидазы); производство препаратов, основанное на переработке биологического сырья, в том числе и биомасс промышленных микроорганизмов (препараты биологически активных добавок, содержащих смеси аминокислот, пептидов, витаминов и микроэлементов; пищевкусковые добавки; концентраты и изоляты белковых веществ); производство подсластителей- заменителей сахара (глюкозо-фруктозные сиропы, аспартам); производство консервантов (низина). Использование ферментов для текстильных, кожевенных технологий, при производстве стиральных порошков.

Медицинская биотехнология (биотехнология для медицины). Использование методов иммобилизации биообъектов в медицинских

биотехнологиях и в диагностике заболеваний. Основы современной иммунобиотехнологии. Гибридная технология. Использование антител для очистки биологических жидкостей. Типы вакцин и их конструирование. Культуральные и генно-инженерные вакцины. Производство сывороток. Современные прививочные препараты. Препараты на основе живых культур микроорганизмов (нормофлоры и пробиотики). Иммуносенсоры. Производство биосенсоров на основе ферментов. Диагностические средства *invitro* для клинических исследований. Производство пробиотиков. Производство ферментов медицинского назначения. Создание ферментов с помощью методов генной инженерии. Производство препаратов на основе смеси L-аминокислот для перорального и парентерального питания. Технологии лекарственных препаратов на базе стабильных адресных липосом. Конструирование и производство генно-инженерного инсулина. Другие генно-инженерные лекарства и препараты. Производство иммуномодуляторов, иммуностимуляторов и иммунодепрессантов. Микробиологическое производство антибиотиков различных классов для медицины. Полу синтетические антибиотики. Микробиологическое производство витаминов для здравоохранения.

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ

1. Современная биотехнология как наука и отрасль производства. Определение биотехнологии в современном и традиционном, классическом смысле.
2. История возникновения и развития биотехнологии. Периоды (эры) становления биотехнологии.
3. Роль биотехнологии в ускорении научно-технического прогресса в агропромышленном производстве. Связь биотехнологии с другими биологическими и сельскохозяйственными науками.
4. Понятие биообъекта и биотехнологического процесса.
5. Требования, предъявляемые к промышленным штаммам продуцентам Способы создания высокоэффективных штаммов-продуцентов
6. Сырье для биосинтеза и оценка его биологической ценности. Принципы подбора источников сырья для пищевых биотехнологических производств.
7. Задачи и роль современной агrobiотехнологической промышленности.
8. Применение методов биотехнологии в селекции растений.
9. Биотехнология в защите растений, переработке и хранении сельскохозяйственной продукции.
10. Основные виды средств защиты роста растений, созданные биотехнологическими методами, преимущества и недостатки их применения.

11. Использование методов биотехнологии в животноводстве и ветеринарии. Биотехнология получения кормового белка, аминокислот, ферментов и других биологически активных веществ.

12. Основные направления производства и типы микробных препаратов для кормовой базы животноводства.

13. Препараты микробных ферментов в животноводстве: цель применения, продуценты и технологии производства.

14. Биотехнологические разработки для получения биопрепаратов для растениеводства на основе культур микроорганизмов и их ферментов.

15. Биотехнология в микробиологии и решение проблемы биологического азота. Азотфиксирующие симбиотические биосистемы. Фиксация атмосферного азота бактериями р. *Rhizobium* в симбиозе с бобовыми растениями. Симбиозы растений с цианобактериями р. *Nostoc* р. *Anabaena*, актиномицетами р. *Frankia*.

16. Препараты на основе клубеньковых бактерий. Технологии получения препаратов клубеньковых бактерий

17. Биотехнологическое производство микробных фосфорных удобрений.

18. Биотехнология и биобезопасность, защита окружающей среды от загрязнения. Утилизация сельскохозяйственных отходов с помощью методов биотехнологии.

19. Приоритетные направления и мировой уровень биотехнологии как науки и отрасли производства. Научные учреждения России в области биотехнологии.

Экологические проблемы биотехнологического производства и опасность биообъектов для окружающей среды

20. Законодательство и безопасность в области биоинженерии и биотехнологии. Понятие о безопасности и биобезопасности.

21. Главные направления современной биотехнологии: генетическая и клеточная инженерия и их использование в науке и производстве.

22. Молекулярная биотехнология и молекулярная генетика - фундаментальная основа генетической инженерии. Определение генетической инженерии.

23. Основные ферменты генетической инженерии, используемые для манипуляций с молекулами ДНК.

24. Понятие о рекомбинантных ДНК. Общая схема конструирования рекомбинантных ДНК.

25. Определение векторов (векторных молекул). Векторы для клонирования, трансформации, экспрессии.

26. Наиболее распространенные виды векторов. Геномная библиотека (банк генов).

27. Трансгеноз. Основные этапы получения трансгенных растений.

28. Агробактерии как переносчик генов в геном растений. Ti – Ri – плазмиды и их значение для трансгеноза.

29. Методы трансформации растительных клеток при получении трансгенных растений.

30. Экспрессия (функционирование) чужеродных генов в геноме реципиентов.

31. Улучшение качества (аминокислотного состава белка) и повышение продуктивности растений методами генной инженерии.

32. Получение трансгенных растений, устойчивых к стрессовым воздействиям.

33. Получение трансгенных растений, устойчивых к насекомым.

34. Методы генетической инженерии в получении растений устойчивых к грибной, бактериальной и вирусной инфекции.

35. Получение трансгенных растений, устойчивых к гербецидам.

36. Основные проблемы получения трансгенных растений и пути их преодоления.

37. Создание трансгенных животных с новыми хозяйственно-полезными свойствами и устойчивостью к заболеваниям.

38. Применение техники трансгеноза для улучшения состава и качества молока.

39. Создание трансгенных животных, продуцирующих биологически активные вещества медицинского и технологического назначения.

40. История развития метода культуры изолированных клеток, тканей и органов (клеточная биотехнология). Этапы развития метода.

41. Сущность, роль и направления исследований метода культуры изолированных клеток в биотехнологии. Тотипотентность растительной клетки.

42. Условия культивирования изолированных клеток, тканей, органов и протопластов. Методы стерилизации эксплантов, питательных сред и оборудования. Питательная среда и её основные компоненты.

43. Каллусная ткань как основной объект исследований. Специфика и особенности каллусной ткани. Условия дедифференцировки растительной клетки и превращение её в каллусную.

44. Суспензионные культуры клеток и их использование для получения веществ вторичного синтеза. Культура одиночных клеток.

45. Вторичная дифференцировка и морфогенез в культуре изолированных клеток, тканей и органов растений. Типы вторичной дифференцировки: гистогенез, эмбриогенез, органогенез.

46. Морфогенез и получение растений – регенерантов. Типы морфогенеза *invitro*: органогенез (корневой, стеблевой, флоральный) и соматический эмбриогенез.

47. Современная классификация и функции фитогормонов. Специфичность действия фитогормонов в культуре *in vitro*. Индукция морфогенеза с помощью фитогормонов и физических факторов.

48. Применение методов *in vitro* для размножения и оздоровления посадочного материала (метод клонального микроразмножения).

Преимущества метода перед традиционными методами вегетативного размножения.

49. Классификация методов клонального микроразмножения: индукция развития меристем, соматический эмбриогенез, дифференциация адвентивных почек в каллусной ткани.

50. Этапы клонального микроразмножения. Техника культивирования эксплантов на разных этапах. Влияние генетических, физиологических, гормональных и физических факторов.

51. Оздоровление посадочного материала от вирусов. Термотерапия. Хемотерапия.

52. Культура изолированных клеток и тканей в селекции растений. Клеточные технологии для облегчения и ускорения традиционного селекционного процесса и создания генетического разнообразия растений.

53. Оплодотворение *in vitro* (преодоление прогамной несовместимости). Культура изолированных семян и зародышей (преодоление постгамной несовместимости).

54. Получение гаплоидов *in vitro* и использование их в селекции. Способы индукции гаплоидов: андрогенез, гиногенез, портеногенез.

55. Криосохранение растений. Значение и задачи криосохранения растительного генофонда. Криопротекторы.

56. Использование генетической вариабельности клеток в культуре *in vitro* для получения соматоклональных вариантов. Генетические и эпигенетические изменения хозяйственно-ценных признаков соматоклонов.

57. Клеточная селекция. Выбор исходных генотипов и селективных условий. Получение растений - регенерантов, устойчивых к абиотическим и биотическим стрессовым факторам.

58. Гибридизация соматических клеток. Изолированные протопласты клеток растений, методы их получения и культивирования. Цибридизация. Методы скрининга соматических гибридов и цибридов.

59. Клеточная биотехнология в животноводстве. Межвидовая пересадка эмбрионов и получение химерных животных. Трансплантация эмбрионов.

60. Оплодотворение яйцеклеток вне организма животного. Клонирование животных.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Албертс Б., Брэй Д., Льюис Дж. и др. Молекулярная биология клетки. М.: Мир, 1994. 444 с.
2. Антипова, Л.В. Прикладная биотехнология: учебное пособие / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, А.И. Жаринов. Воронеж: Участок оперативной полиграфии ВГТА, 2000. 332 с
3. Агол В.И., Богданов А.А., Гвоздев В.А. и др. Молекулярная биология: структура и биосинтез нуклеиновых кислот. М.: Высш.шк., 1990.
4. Биотехнология растений: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Л. В. Назаренко, Ю. И. Долгих, Н. В. Загоскина, Г. Н. Ралдугина. 2-е изд., испр. и доп. М. : Издательство Юрайт, 2019. 161 с. - (Серия : Университеты России). ISBN 978-5-534-05619-8. Режим доступа: www.biblio-online.ru/book/6DD953A0-4ECF-49FE-AC32-30A5CB4C64E5.
5. Биотехнология. В 2 ч. Часть 2 : учебник и практикум для академического бакалавриата / под общ. ред. Н. В. Загоскиной, Л. В. Назаренко. - 2-е изд., испр. и доп. М. : Издательство Юрайт, 2019. 219 с. (Серия : Бакалавр. Академический курс). ISBN 978-5-534-07409-3. Режим доступа: www.biblio-online.ru/book/CD8BBF55-A602-4FE1-B8F9-D5A4EC28B8FD.
6. Биотехнология: Учебник/ И.В.Тихонов, Е.А. Рубан, Т.Н. Грязнева и др.; под ред. Акад. РАСХН Е.С. Воронина. СПб.: ГИОРД, 2008. 704с.
7. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнология на их основе: Учебное пособие. М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. 160 с.
8. Грачева И.М., Кривова А.Ю. Технология ферментных препаратов. М.: Элевар, 2000. 512с.
9. Егорова Т.А. Основы биотехнологии: учебное пособие для вузов / Т. А. Егорова, С. М. Клунова, Е. А. Живухина. 4-е изд., стер. М.: Академия, 2008. 208 с.
10. Катаева Н.В., Бутенко Р.Г. Клональное микроразмножение растений. М.: Наука, 1983.
11. Научные основы биотехнологии. Часть I. Нанотехнологии в биологии: учебное пособие / В.А. Горленко, Н.М. Кутузова и др. Издательство: МПГУ, Прометей, 2014. 264 с.
12. Нетрусов А.И. Введение в биотехнологию. М.: Академия, 2014.
13. Орехов С.Н., Чакалева И.И. Биотехнология/под ред. А.В. Катлинского. М.: Академия, 2014.
14. Пищевая биотехнология: Учебник/И.А. Рогов, Л.В. Л.В. Антипова, Г.П. Шуваева. М.: Колос С, 2004.
15. Пономаренко С.П. Регуляторы роста растений. Киев: Институт биоорганической химии, 2003. 319 с.
16. Полевой В.В. Фитогормоны: Учебное пособие. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. 248 с.
17. Рыбчин В.Н. Основы генетической инженерии. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2002. 522 с.

18. Щелкунов С. Н. Генетическая инженерия. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2004. 496 с.

19. Эллиот В., Эллиот Д. Биохимия и молекулярная биология. Москва: Издательство НИИ биомедицинской химии РАМН, 2000. 366 с.

20. Шевелуха В.С., Калашникова Е.А., Кочиева Е.З. и др. Сельскохозяйственная биотехнология: Учебник /под ред. В.С. Шевелухи. М.: Высшая школа, 2008. 710 с.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <http://rucont.ru/>
2. <http://window.edu.ru>
3. <http://e.lanbook.com>
4. <http://www.biotechnolog.ru> – молекулярная биология и биотехнология;
5. <http://www.sci-lib.com> – наука, новости науки и техники для студентов;
6. <http://www.inbi.ras.ru> – [Институт биохимии имени А.Н. Баха РАН](#);
7. www.xumuk.ru – сайт «Химик»
8. <http://www.protein.bio.msu.ru/biokhimiya/index.htm> - каталог научно-образовательных ресурсов МГУ;
9. <http://www.tusearch.blogspot.com> – поиск электронных книг, публикаций, ГОСТов, на сайтах научных библиотек.;
10. <http://www.elibrary.ru/defaultx.asp> - научная электронная библиотека;
11. <http://www.humbio.ru/humbio/biochem/000b6185.htm> - биохимия. Справочник (он-лайн);
12. <http://www.sci-lib.com> – наука, новости науки и техники для студентов;
13. <http://www.biomolecula.ru> – наука, новости;
14. <http://www.pereplet.ru> – сайт Соросовского образовательного журнала.