

## Классификация биотехнологической продукции

(разработана при выполнении международного проекта по программе Евросоюза Темпус IV № 511426 «Реформа высшего образования по биотехнологии: разработка и усовершенствование стандартов и учебных планов по подготовке бакалавров и магистров»)

Общераспространенной и удобной в использовании является международная классификация биотехнологии по цветам в соответствии с объектами деятельности:

- **красная биотехнология** (медицинская биотехнология, биофармацевтика);
- **белая биотехнология** (промышленная биотехнология, биоинженерия, также иногда включает молекулярную и клеточную промышленную биотехнологию);
- **зеленая биотехнология** (сельскохозяйственная биотехнология, агробиотехнология, также иногда включает экологическую биотехнологию, биоэнергетику);
- **желтая биотехнология** (пищевая биотехнология);
- **серая биотехнология** (техническая, промышленная биотехнология, процессы ферментации, также иногда включает экологическую биотехнологию);
- **золотая биотехнология** (биоинформатика, нанобиотехнология);
- **синяя биотехнология** (аквабиотехнология);
- **коричневая биотехнология** (биотехнология пустынь и засушливых зон);
- **фиолетовая (пурпурная) биотехнология** (патенты, публикации, открытия, права на интеллектуальную собственность);
- **черная биотехнология** (биотерроризм, биологическое оружие, биопреступления, противоурожайные действия).

Такое разделение довольно условно, поскольку на практике не всегда отражает специфику областей биотехнологии. К тому же существуют биотехнологические исследования, объединяющие смежные направления, классификация, используемая в разных странах, имеет свои особенности. Так, часто к «белой» биотехнологии относят лишь промышленную биотехнологию, использующую рекомбинантные продуценты, а классические ферментационные и другие биопроцессы – к «серой» биотехнологии. Иногда к «зеленой» биотехнологии относят экологическую биотехнологию и такие ветви биотехнологии, как геомикробиологию, получение биотоплива, биоудобрений. В области зеленой, сельскохозяйственной биотехнологии предметом деятельности может быть растениеводство, животноводство, ветеринария. Их объединение под одной категорией формальное, объекты деятельности сильно различаются, для применения на практике требуются различные знания, умения и навыки.

В этой связи в ходе выполнения международного проекта по программе Евросоюза Темпус IV № 511426 «Реформа высшего образования по биотехнологии: разработка и усовершенствование стандартов и учебных планов по подготовке бакалавров и магистров» была разработана более подробная классификация биотехнологической продукции, товаров, услуг. Для ее составления использовался обзор направлений развития современ-

ной биотехнологии, существующие классификации биотехнологических исследований, разработок, областей прикладной деятельности, тематика работы секций Московского международного конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития», разделы государственных и отраслевых программ в области биотехнологии. Разработанная классификация представлена ниже. Ее предлагается использовать при формировании содержания образовательных программ по профилю и уровню подготовки биотехнолога, при описании и формировании предметно-ориентированных компетенций и результатов обучения, при составлении образовательных модулей.

### ***Классификация биотехнологической продукции, товаров и услуг***

#### **1. Биофармацевтика (фармацевтическая биотехнология)**

##### 1.1. Антибиотики

- 1.1.1. Пенициллины
- 1.1.2. Тетрациклины
- 1.1.3. Цефалоспорины
- 1.1.4. Аминогликозидные
- 1.1.5. Гликопептиды
- 1.1.6. Макролиды
- 1.1.7. Полимиксины
- 1.1.8. Полиены
- 1.1.9. Противоопухолевые
- 1.1.10. Другие препараты для лечения инфекционных заболеваний

##### 1.2. Гормональные препараты

- 1.2.1. Гормоны передней доли гипофиза (тропные гормоны)
- 1.2.2. Гормоны задней доли гипофиза
- 1.2.3. Стероидные гормоны
- 1.2.4. Глюкокортикостероидные препараты, глюкокортикоидные гормоны
- 1.2.5. Гормоны щитовидной железы
- 1.2.6. Противодиабетические препараты
- 1.2.7. Гормоны шишковидной железы

##### 1.3. Пептиды

##### 1.4. Иммунобиологические препараты (МИБП)

- 1.4.1. Вакцины и сыворотки
- 1.4.2. Иммуномодуляторы, иммунодепрессанты, иммунокорректоры
- 1.4.3. Препараты на основе моноклональных антител
- 1.4.4. Другие

##### 1.5. Противоопухолевые препараты, цитостатики

##### 1.6. Противовирусные препараты

##### 1.7. Препараты для лечения артериальной гипертензии

##### 1.8. Противотромботические и тромболитические средства

##### 1.9. Рекомбинантные белки, генно-инженерные лекарственные препараты

- 1.9.1. Интерфероны
  - 1.9.2. Цитокины (интерлейкины, эпидермальный фактор роста и др.)
  - 1.9.3. Инсулин
  - 1.9.4. Гормон роста человека
  - 1.9.5. Тканевый активатор плазминогена (т-АП)
  - 1.9.6. Эритропоэтин
  - 1.9.7. Гранулоцит колониестимулирующий фактор
  - 1.9.8. Бактериофаги и другие векторы избирательного действия
  - 1.9.9. Генотерапевтические средства
  - 1.9.10. Антисенс-агенты
  - 1.9.11. Другие
  - 1.10. Ферменты и ферментные препараты медицинского назначения
    - 1.10.1. Пищеварительные ферменты
    - 1.10.2. Ферменты тромболитического действия
    - 1.10.3. Ферменты гемостатического действия
    - 1.10.4. Онколитические ферменты
    - 1.10.5. Ферменты антибактериального и противовоспалительного действия
    - 1.10.6. Ферменты для лечения ожогов
    - 1.10.7. Носители ферментов
    - 1.10.8. Прочие
  - 1.11. Витамины
  - 1.12. Препараты крови и тканей животных
  - 1.13. Препараты для парентерального питания
  - 1.14. Лечебно-профилактические добавки, препараты нормофлоры
  - 1.15. Фитопрепараты, парафармацевтики
  - 1.16. Препараты общеукрепляющего действия
  - 1.17. Радиопротекторы
  - 1.18. Противоожоговые, ранозаживляющие средства
  - 1.19. Биосорбенты
  - 1.20. Биополимеры медицинского назначения
  - 1.21. Искусственные биоимплантанты, биопротезы
  - 1.22. Сырье и полупродукты для синтеза новейших лекарственных средств
  - 1.23. Прочие лекарственные препараты и средства
- 2. Биомедицина**
- 2.1. Диагностические средства *in vitro*
    - 2.1.1. ДНК-диагностика
    - 2.1.2. Иммунодиагностика
    - 2.1.3. Диагностические белковые и ДНК-биочипы
    - 2.1.4. Биосенсоры
    - 2.1.5. Продукты для молекулярно-диагностических исследований и микроанализа
    - 2.1.6. Биомедицинские информационные системы для диагностики и лечения
    - 2.1.7. Другие
  - 2.2. Постгеномные и клеточные технологии в медицине

- 2.2.1. Клеточные технологии в терапии
- 2.2.2. Репродукция клеток и тканей
- 2.2.3. Стволовые клетки
- 2.2.4. Персонализированная (таргетная) медицина
- 2.2.5. Материалы для тканевой и клеточной инженерии
- 2.3. Биотехнология крови
- 2.4. Искусственные кровезаменители
- 2.5. Биосовместимые материалы
- 2.6. Материалы для хирургии
- 2.7. Препараты для косметических средств
- 2.8. Лечебно-косметические средства
- 2.9. Питательные среды
- 2.10. Антисептики
- 2.11. Биомедицинская техника
- 2.12. Прочие продукты биомедицины
- 3. Пищевая биотехнология**
  - 3.1. Пищевые ингредиенты, добавки, функциональные продукты и смеси
    - 3.1.1. Пищевые белки
    - 3.1.2. Пищевые и вкусовые добавки
    - 3.1.3. Органические спирты и кислоты
    - 3.1.4. Сахарозаменители, подсластители
    - 3.1.5. Природные и модифицированные полисахариды и другие биополимеры
    - 3.1.6. Лечебно-профилактические и биологически активные добавки (БАД)
    - 3.1.7. Добавки для оздоровительного, детского и специального питания
    - 3.1.8. Пребиотики, пробиотики и симбиотики
    - 3.1.9. Прочие
  - 3.2. Сахаросодержащие гидролизаты
  - 3.3. Ферменты и ферментные препараты для пищевой промышленности
    - 3.3.1. Ферменты для винодельческой, спиртовой, пивоваренной промышленности
    - 3.3.2. Ферменты для обработки соков, консервной и безалкогольной промышленности
    - 3.3.3. Ферменты для молокоперерабатывающей, хлебопекарной, кондитерской, крахмалопаточной, мясоперерабатывающей, рыбоперерабатывающей, масло-жировой, эфиромасличной промышленности
    - 3.3.4. Производство глюкозо-фруктозных и глюкозо-галактозных сиропов
    - 3.3.5. Носители и другие материалы для иммобилизации ферментов
    - 3.3.6. Прочие ферменты для пищевой промышленности
  - 3.4. Стартовые культуры и закваски для пищевой промышленности
  - 3.5. Препараты и материалы для пищевой и перерабатывающей промышленности
    - 3.5.1. Пищевые красители и цветокорректирующие материалы
    - 3.5.2. Загустители и гелеобразователи
    - 3.5.3. Пенообразователи
    - 3.5.4. Стабилизаторы

- 3.5.5. Консерванты
- 3.5.6. Пленки и покрытия
- 3.5.7. Реагенты, тест-системы для анализа пищевых продуктов
- 3.5.8. Прочие
- 3.6. Переработка пищевого сырья и отходов
- 3.7. Генетически модифицированные продукты питания
- 3.8. Обеспечение безопасности пищевых продуктов
- 3.9. Прочие продукты и применения пищевой биотехнологии
- 4. Сельскохозяйственная биотехнология**
  - 4.1. Биологические средства для растениеводства
    - 4.1.1. Биодобрения
    - 4.1.2. Биологические средства защиты растений
      - 4.1.2.1. Энтомопатогенные препараты на основе бактерий
      - 4.1.2.2. Энтомопатогенные препараты на основе грибов
      - 4.1.2.3. Энтомопатогенные препараты на основе вирусов
      - 4.1.2.4. Антибиотики для защиты растений
      - 4.1.2.5. Другие средства
    - 4.1.3. Биорегуляторы
    - 4.1.4. Биологические добавки для повышения качества растительных кормов, силосования и компостирования
    - 4.1.5. Биокомпосты, биогумус, органо-минеральные удобрения, полученные микробиологической трансформацией
    - 4.1.6. Прочее
  - 4.2. Безвирусные сорта растений, каллюсные культуры, трансгенные растения
    - 4.2.1. Микроклональное размножение и производство оздоровленного посадочного материала
    - 4.2.2. Генетическая и клеточная инженерия в совершенствовании сортамента сельскохозяйственных сортов растений
    - 4.2.3. Генетическая паспортизация и сертификация семян
    - 4.2.4. Маркеры в селекции и паспортизации сортов растений
    - 4.2.5. Диагностические средства для выявления фитопатогенов
    - 4.2.6. Генно-инженерные методы в получении фитовакцин
    - 4.2.7. Генная инженерия для повышения стрессоустойчивости растений
    - 4.2.8. Продукты, получаемые с помощью культур растительных клеток
    - 4.2.9. Методология симбиогенетики
  - 4.3. Культивирование базидиальных грибов
  - 4.4. Биологические средства для животноводства
    - 4.4.1. Кормовые добавки и премиксы для животноводства, птицеводства, звероводства, стартовые корма для рыб
      - 4.4.1.1. Кормовой белок одноклеточных организмов
      - 4.4.1.2. Кормовые аминокислоты
      - 4.4.1.3. Кормовые антибиотики
      - 4.4.1.4. Кормовые витамины

- 4.4.1.5. Ферментные препараты
- 4.4.1.6. Лечебно-диетические препараты
- 4.4.1.7. Корма для домашних животных
- 4.4.1.8. Консерванты кормов
- 4.4.1.9. Прочие кормовые добавки
- 4.4.2. Ветеринарные препараты
  - 4.4.2.1. Ветеринарные антибиотики
  - 4.4.2.2. Вакцины
  - 4.4.2.3. Противовирусные, антимикробные, противопаразитарные препараты
  - 4.4.2.4. Гормональные средства
  - 4.4.2.5. Иммунобиологические препараты для защиты животных
  - 4.4.2.6. Ферментные препараты
  - 4.4.2.7. Пробиотики и симбиотики, лечебно-профилактические, общеукрепляющие средства
  - 4.4.2.8. Антисептики, гигиенические средства для животных
  - 4.4.2.9. Диагностические средства для выявления патогенов животных
  - 4.4.2.10. Прочие
- 4.5. Геномика в решении проблем животноводства
  - 4.5.1. Структурная и функциональная геномика сельскохозяйственных животных
  - 4.5.2. Методы генетической трансформации в животноводстве и птицеводстве
  - 4.5.3. Селекция и модифицирование животных и птицы
  - 4.5.4. Трансгенные животные
  - 4.5.5. Клонирование
  - 4.5.6. Культивирование эмбрионов
  - 4.5.7. Животные «биореакторы»
  - 4.5.8. Генно-инженерные методы в получении ветеринарных препаратов
  - 4.5.9. Другие
- 4.6. Прочие применения сельскохозяйственной биотехнологии
- 5. Лесная биотехнология**
  - 5.1. Сохранение и воспроизводство лесных генетических ресурсов
  - 5.2. Повышение продуктивности лесов
  - 5.3. Биотехнологические формы растений с заданными признаками
  - 5.4. Методы молекулярного маркирования в лесном хозяйстве
  - 5.5. Генетическая паспортизация и сертификация семян
  - 5.6. Получение посадочного материала
  - 5.7. Биотехнологии в переработке древесины
  - 5.8. Биологические средства защиты леса
  - 5.9. Прочие применения лесной биотехнологии
- 6. Эволюционная и метаболическая инженерия, протеомика для промышленных биотехнологий**
  - 6.1. Совершенствование штаммов-продуцентов и биокатализаторов промышленных биотехнологий методами геномики и метаболомики

- 6.2. Производство рекомбинантных белков с помощью клеток млекопитающих и растений
- 6.3. Белковая инженерия ферментов для тонкого органического синтеза и фармацевтики

## **7. Техническая биотехнология**

- 7.1. Сырье для крупнотоннажного биотехнологического производства
- 7.2. Биосинтетическое и биокаталитическое получение органических кислот, аминокислот, спиртов, органических мономеров и других химикатов, обладающих значительным рыночным потенциалом
- 7.3. Микробные жиры и липиды
- 7.4. Производство химической продукции из возобновляемых сырьевых источников
- 7.5. Комплексная переработка биологического сырья с получением компонентов биомассы: аминокислот, нуклеиновых кислот, нуклеотидов и нуклеозидов, аминосахаров, клеточных белков, липидов и др.
- 7.6. Ферменты для промышленного производства
  - 7.6.1. Ферменты для легкой промышленности, текстильного, шерстяного, льноперерабатывающего, кожевенного, мехового производства
  - 7.6.2. Ферменты для производства синтетических моющих и чистящих средств
  - 7.6.3. Ферменты для целлюлозно-бумажной промышленности
  - 7.6.4. Прочие ферменты для промышленного производства
- 7.7. Биополимеры, биоматериалы
  - 7.7.1. Биополимеры и биополимерные материалы различного назначения
  - 7.7.2. Биоразлагаемые пластики
  - 7.7.3. Биосорбенты и носители
- 7.8. Биотест-системы для технологического сопровождения, контроля качества и оценки безопасности
- 7.9. Прочие продукты технического назначения и их применение

## **8. Биоэнергетика**

- 8.1. Биотопливные элементы
- 8.2. Моторное биотопливо
  - 8.2.1. Биодизель
  - 8.2.2. Биоэтанол
  - 8.2.3. Биобутанол
  - 8.2.4. Биометан
  - 8.2.5. Биеводород
  - 8.2.6. Другие виды биотоплива
- 8.3. Микробиологическая конверсия органических отходов в биогаз
- 8.4. Микробиологическая конверсия органических отходов в тепловую энергию
- 8.5. Использование фотосинтезирующих одноклеточных организмов для получения биотоплива
- 8.6. Поглощение (утилизация) эмиссии парниковых газов
- 8.7. Промышленное производство непищевой биомассы как топливно-энергетического ресурса
- 8.8. Другие продукты биоэнергетики

## **9. Продукты биогеотехнологии**

- 9.1. Биореагенты для добычи нефти и геологоразведочной деятельности
- 9.2. Биогидрометаллургия
  - 9.2.1. Переработка упорных руд и концентратов благородных и цветных металлов
  - 9.2.2. Бактериальное выщелачивание бедных руд и техногенных отходов
  - 9.2.3. Биосорбенты для извлечения металлов
- 9.3. Удаление метана из угольных шахт
- 9.4. Обессеривание угля и нефти
- 9.5. Другие продукты и применения биогеотехнологии

## **10. Природоохранная (экологическая) биотехнология**

- 10.1. Биологическая очистка сточных вод
  - 10.1.1. Аэробная биологическая очистка
  - 10.1.2. Анаэробная биологическая очистка
  - 10.1.3. Комбинированные методы биологической очистки
  - 10.1.4. Удаление биогенных элементов из сточных вод
  - 10.1.5. Переработка осадков очистных сооружений
  - 10.1.6. Установки для локальных очистных сооружений
  - 10.1.7. Прочее
- 10.2. Биологическая очистка, биодезодорация газов
- 10.3. Биологическая переработка органических отходов
  - 10.3.1. Микробиологическая переработка органических отходов
  - 10.3.2. Вермикультивирование и вермикомпостирование
- 10.4. Биоремедиация загрязненных сред
  - 10.4.1. Биоремедиация почв
  - 10.4.2. Восстановление озерных экосистем
- 10.5. Биопрепараты и стартовые культуры микроорганизмов для решения природоохранных задач
- 10.6. Биоматериалы для решения природоохранных задач
- 10.7. Растения и водоросли для очистки загрязненных сред
- 10.8. Биомониторинг, биотестирование, биоиндикация
- 10.9. Микробиологическая коррозия и повреждение материалов
- 10.10. Замкнутые производственные циклы
- 10.11. Биоэкополис

## **11. Аквабиотехнология**

- 11.1. Лекарственные средства и другие продукты из гидробионтов
- 11.2. Аквакультура
- 11.3. Марикультура
- 11.4. Кормовые добавки, стартовые корма и лекарственные средства для разведения морских и пресноводных рыб, беспозвоночных и других гидробионтов
- 11.5. Глубокая переработка промысловых гидробионтов и продукции аква- и марикультуры
- 11.6. Аквабиоцентры
- 11.7. Прочее



## **12. Нанобиотехнология**

- 12.1. Биологические конструкции и молекулярный дизайн
- 12.2. Нанозимы
- 12.3. Самоорганизующиеся наноразмерные структуры и материалы
- 12.4. Направленный транспорт в биологические клетки и ткани
- 12.5. Биофармацевтические композиции на основе наноструктур
- 12.6. Биологические наноматериалы и наноразмерные композиции
- 12.7. Получение наночастиц материалов с помощью биотехнологии
- 12.8. Биосенсоры
- 12.9. Биочипы
- 12.10. Прочее

## **13. Биоинформатика**

- 13.1. Базы данных и программное обеспечение для биотехнологии
- 13.2. Геномная биоинформатика (анализ генетических последовательностей и аннотация геномов)
- 13.3. Структурная биоинформатика (разработка алгоритмов и программ для предсказания пространственной структуры белков)
- 13.4. Информационные и вычислительные интернет-ресурсы для биотехнологии
- 13.5. Биомедицинские информационные системы
- 13.6. Поиск биомаркеров и фармакологических мишеней
- 13.7. Фармакогеномика
- 13.8. Хемогеномика
- 13.9. Обеспечение системной биологии
- 13.10. Сопровождение медицины P4 (Personalized, Preventive, Predictive, Participatory)
- 13.11. Вычислительная эволюционная биология
- 13.12. Банки биологических образцов (тканей, клеток, ДНК, РНК и др.)

## **14. Обеспечение биотехнологических исследований**

- 14.1. Препараты и объекты для молекулярной и клеточной биотехнологии
  - 14.1.1. Препараты и объекты для молекулярной биологии
  - 14.1.2. Препараты и объекты для генетической и метаболической инженерии
  - 14.1.3. Препараты и объекты для тканевой и клеточной инженерии
  - 14.1.4. Препараты и объекты для молекулярной биоинженерии
- 14.2. Лабораторное оборудование и реагенты для биотехнологических исследований
- 14.3. Музейные культуры, штаммы, продуценты, клеточные культуры и ткани, векторы, генетические конструкции
- 14.4. Лабораторные животные
- 14.5. Инфраструктурное обеспечение исследований на животных
- 14.6. Биоресурсные центры
- 14.7. Прочие услуги

## **15. Оборудование и инженерно-технологическое обеспечение биотехнологического производства**

## **16. Проектно-техническое сопровождение в биотехнологии**

## **17. Эколого-экономические основы биотехнологии**

**18. Вопросы интеллектуальной собственности в биотехнологической отрасли****19. Биологическая безопасность**

19.1. Биобезопасность и биоохрана в медицинских исследованиях

19.2. Биобезопасность в сельском хозяйстве и экологии

19.3. Безопасность биотехнологических производств

19.4. Контроль рисков биобезопасности: антропогенное воздействие на генофонд, патогены и др.

19.5. Государственная регистрация модифицированных организмов, предназначенных для выпуска в окружающую среду, а также продукции, полученной с применением таких организмов или содержащие такие организмы.

**20. Подготовка кадров для биотехнологии****21. Организационно-управленческая структура и постановка биотехнологической продукции на производство****22. Правовое, экономическое, информационное и организационное обеспечение развития биотехнологии**