

Содержание

Предисловие	5
Предисловие ко 2-му изданию	6
Введение	7

История биотехнологии

Этапы развития биотехнологии	8
Биотехнология сегодня	10

Биотехнологическое производство пищевых продуктов

Алкольные напитки	12
Пивоварение	14
Ферментация в пищевой промышленности	16
Пищевые продукты и молочнокислое брожение	18

Спирты, кислоты и аминокислоты

Этиловый спирт	20
1-Бутанол, ацетон	22
Уксусная кислота	24
Лимонная кислота	26
Молочная и глюконовая кислоты	28
Аминокислоты	30
L-Глутаминовая кислота	32
D,L-Метионин, L-лизин и L-треонин	34
Аспартам™, L-фенилаланин и L-аспарагиновая кислота	36
Получение L-аминокислот в процессе ферментативной трансформации	38

Антибиотики

Антибиотики: источники, применение и механизмы действия	40
Антибиотики: получение. Устойчивость к антибиотикам	42
β -Лактамные антибиотики: структура, биосинтез и механизм действия	44
β -Лактамные антибиотики: промышленное получение	46
Пептидные антибиотики и антибиотики – производные аминокислот	48
Гликопептидные, полиэфирные и нуклеозидные антибиотики	50
Аминогликозидные антибиотики	52
Тетрациклины, хиноны, хинолоны и другие ароматические антибиотики	54
Поликетидные антибиотики	56
Получение новых антибиотиков	58

Специальные продукты

Витамины	60
Нуклеозиды и нуклеотиды	62
Биодетергенты и биокосметика	64
Микробные полисахариды	66
Биоматериалы	68
Биотрансформация	70
Биотрансформация стероидов	72

Ферменты

Ферменты	74
Ферментативный катализ	76
Ферменты в клинических анализах	78
Тесты с помощью ферментов	80

Применение ферментов в промышленных технологиях	82
Ферменты в производстве моющих средств	84
Ферменты, расщепляющие крахмал	86
Ферментативное расщепление крахмала в промышленности	88
Ферментативное превращение сахаров	90
Утилизация целлюлозы и полиозы	92
Использование ферментов в целлюлозно-бумажной промышленности	94
Пектиназы	96
Ферменты в производстве молочных продуктов	98
Использование ферментов в хлебобулочной и мясоперерабатывающей промышленности	100
Ферменты в кожевенной и текстильной промышленности	102
Перспективы получения ферментов для промышленных технологий	104
Белковая инженерия	106

Пекарские и кормовые дрожжи

Пекарские и кормовые дрожжи	108
Белки и жиры из одноклеточных организмов	110

Биотехнология и окружающая среда

Аэробная очистка сточных вод	112
Анаэробная очистка сточных вод и переработка ила	114
Биологическая очистка газовых выбросов	116
Биологическая очистка почв	118
Микробиологическое выщелачивание руд и биокоррозия	120

Биотехнология в медицине

Инсулин	122
Гормон роста и другие гормоны	124
Гемоглобин, сывороточный альбумин и лактоферрин	126
Факторы свертывания крови	128
Антикоагулянты и тромболитики	130
Ингибиторы ферментов	132
Иммунная система	134
Стволовые клетки	136
Тканевая инженерия	138
Интерфероны	140
Интерлейкины	142
Эритропоэтин и другие факторы роста	144
Другие белки, имеющие медицинское значение	146
Вакцины	148
Рекомбинантные вакцины	150
Антитела	152
Моноклональные антитела	154
Рекомбинантные и каталитические антитела	156
Методы иммуноанализа	158
Биосенсоры	160

Биотехнология в сельском хозяйстве

Животноводство	162
Перенос эмбрионов и клонирование животных	164
Картирование генов	166
Трансгенные животные	168
Генетическая ферма и ксенотрансплантация	170
Растениеводство	172
Культивирование растительных клеток: поверхностные культуры	174
Культивирование растительных клеток: суспензионные культуры	176

Трансгенные растения: методы получения	178
Трансгенные растения: устойчивость к неблагоприятным воздействиям.....	180
Трансгенные растения	182

Основы микробиологии

Вирусы	184
Бактериофаги	186
Микроорганизмы.....	188
Бактерии.....	190
Некоторые бактерии, важные для биотехнологии.....	192
Грибы	194
Дрожжи	196
Микроорганизмы: выделение и хранение штамма. Техника безопасности.....	198
Усовершенствование штаммов микроорганизмов.....	200

Практическая биотехнология

Микроорганизмы: рост в искусственных условиях	202
Кинетика образования продуктов метаболизма и биомассы в культуре микроорганизмов.....	204
Периодическая ферментация с добавлением субстрата. Непрерывная ферментация.....	206
Технология ферментации.....	208
Ферментация в промышленности.....	210
Культивирование животных клеток.....	212
Биореакторы для культивирования животных клеток.....	214
Биореакторы с иммобилизованными ферментами и клетками.....	216
Очистка биотехнологических продуктов	218
Очистка биотехнологических продуктов: хроматографические методы.....	220
Экономические аспекты биотехнологического производства.....	222

Методы генетической инженерии

Структура ДНК	224
Функции ДНК.....	226
Эксперимент в генетической инженерии.....	228
Методы выделения ДНК.....	230
Ферменты, модифицирующие ДНК.....	232
ПЦР: метод и его практическое применение.....	234
ПЦР: лабораторная практика.....	236
ДНК: химический синтез и определение размера молекул.....	238
Секвенирование ДНК.....	240
Введение ДНК в живые клетки (трансформация)	242
Идентификация и клонирование генов.....	244
Экспрессия генов	246
Выключение генов.....	248
РНК	250
Геномные библиотеки и картирование генома	252
Геном прокариот	254
Геном эукариот	256
Геном человека.....	258
Функциональный анализ генома человека.....	260
ДНК-анализ	262
Белковые и ДНК-чипы.....	264
Маркеры.....	266

Тенденции развития

Генная терапия.....	268
Поиск биологически активных веществ	270
Протеомика.....	272

Биоинформатика	274
Обмен веществ	276
Метаболомика и метаболическая инженерия	278
Системная биология	280
«Белая» биотехнология	282
Техника безопасности, этические и экономические аспекты	
Техника безопасности при проведении генно-инженерных манипуляций	284
Сертификация биотехнологической продукции	286
Этические аспекты генетической инженерии	288
Патентование в биотехнологии	290
Биотехнология в разных странах	
Биотехнология в разных странах	292
Литература	
Литература	294
Источники иллюстраций	317
Указатель микроорганизмов	318

Предисловие

Биотехнология — междисциплинарная область знания, и в XXI в. она займет ключевые позиции в цикле естественных наук.

Биотехнологам необходимо хорошо знать не только биологию, но и молекулярную генетику и цитологию, генетику и молекулярную медицину, вирусологию, микробиологию и биохимию, технологию производства ферментных препаратов и других биотехнологических производственных процессов. С биоинформатикой и системной биологией тесно связаны компьютерные и информационные технологии. Поэтому неудивительно, что до сих пор не существует малоформатных содержательных учебных пособий по биотехнологии, которые охватывали бы эту дисциплину во всем ее многообразии. По каждому из разделов этой книги (например, животноводство и растениеводство, биоинформатика) читатель может найти более полную информацию в специальных, нередко многотомных изданиях.

Как показывает мой собственный многолетний опыт преподавания студентам, учебный материал интересно иметь весь целиком; чтобы мотивировать дальнейшее изучение тысяч деталей, хотя на первый взгляд и кажется, что они не относятся к данной теме.

Предлагаемая читателю книга как раз и есть столь нужное руководство по биотехнологии; одновременно это детализированный подробный справочник. Достаточно ознакомиться с оглавлением (пивоварение, этиловый спирт, рекомбинантные вакцины, геном человека, протеомика и т. д.). Каждая тема представлена кратким текстом и понятными иллюстрациями, приведены ссылки на оригинальную литературу — монографии и научные статьи. Принятый в книге подход к подаче материала связан с неизбежным риском чрезмерно краткого изложения, но дает возможность осветить основные положения и продемонстрировать взаимосвязи между разными темами.

Я надеюсь, что мне удалось хотя бы отчасти достичь поставленной цели. Читатель получил исчерпывающий путеводитель в науку биотехнологию для того, чтобы не только ориентироваться в лабиринте терминологии, полной англицизмов, но и, хочется думать, увлечься этой наукой. Большой вклад в подготовку представленного в книге материала внесла Рут Хаммеле. Она подготовила логически построенные и эстетически выдержанные схемы, придавшие достаточно краткому тексту «второе измерение».

Выходу этой книги в свет, безусловно, весьма способствовали редакторы Барбара Фрундер, Утте Рольфс и Карин Дембовски, которых я рад сердечно поблагодарить за более чем добросовестное исполнение своих обязанностей и очень ценные замечания.

Я выражаю персональную благодарность своим коллегам, которые просматривали материал целых тем или отдельных разделов этой книги и внесли существенные замечания и исправления. Среди них: Макс Рёр (Вена), Франк Эмде (Бонн), Мария-Регина Кула и Герман Зам (Юлих), Ан-Пинг Ценг (Брауншвейг), Фолькер Каше (Гамбург–Гарбург), Петер Дюрре (Ульм), Ульф Шталь, Эдельтрауд Маст-Герлах и Дитрих Кнорр (Берлин), Удо Грефе (Йена), Гюнтер Шмидт-Кастнер (Вупперталь), Карл-Хейнц Маурер (Дюссельдорф), Вольфганг Барц и Александр Штайнбюхель (Мюнстер), Фридер Шеллер (Потсдам), Бертольд Хок и Вольфганг Людвиг (Вайенштефан), Рейнхард Кремер (Кёльн), Томас фон Шелль, Ханс-Иоахим Кнакмус, Карл-Генрих Энгессер, Йорг Метцгер, Петер Шойрих, Ульрих Эйзель, Матиас Ройс, Петер Штадлер, Клаус Маух, Кристоф Зилдатк, Михель Тумм и Йозеф Альтенбухнер (Штутгарт), Гельмут Гельдерман, Рольф Клаус, Герд Вебер и Рольф Блайх (Штутгарт–Хохенхайм), Гельмут Улих (Брейзах), Иоахим Зидель, Клаус Валлериус, Антон Хазельбек и Ульрих Бейрендт (Пенцберг), Вольфганг Войллебен и Клаус Шульдт (Тюбинген), Рольф Вернер (Биберах), Виланд Вольф и Андреас Лоренц (Лаупхайм), Франк-Андреас Гункель (Вупперталь), Михель Брёкер (Марбург), Бернхард Гауэр, Вольфганг Пресслер и Дитер Иан (Людвигсхафен), Дитер Мангольд и Юлия Шулер (Маннхайм), Франк Цохер и Пауль Хаберманн (Хёхст), Тильманн Шпеллиг (Бергкамен), Дитер Остерхельт, Фридрих Лоттшпайх и Бернд Генсбахер (Мюнхен). В заключение хочу поблагодарить сотрудников института, в котором я работаю, за терпение и понимание, проявленные при ответах на мои бесконечные вопросы; это — Ютта Шмитт, Изабелла Кауфман, Маркус Энцильбергер, Тиль Бахманн и Юрген Плайс.

Я был бы удивлен, если несмотря на многостороннюю помощь и поддержку коллег, в этой книге не осталось бы неясностей и ошибок. Я прошу благосклонных читателей связываться непосредственно со мной при желании высказать свои замечания, указать на неточности и ошибки. Моя электронная почта www.itb.uni-stuttgart.de/taschenatlas. При переиздании этой книги я постараюсь учесть все замечания и по возможности улучшить книгу.

Штутгарт, декабрь 2001
Рольф Д. Шмид

Предисловие ко 2-му изданию

За пять лет, которые прошли с момента выхода в свет первого издания биотехнология и методы генетической инженерии стремительно развивались. Валовый продукт биоинженерных производств постоянно увеличивается и теперь уже превышает суммарный продукт традиционных производств, основанных на ферментации. За это время объем производства L-глутаминовой кислоты удвоился, достигнув 1,5 млн тонн в год, что связано не только с изменившимися вкусовыми предпочтениями населения, но и с тем, что на мировой рынок вышел Китай. Последовательности многих геномов пока не расшифрованы, хотя для более десятка растений и животных и сотен микроорганизмов они уже известны. Геномный анализ привел к новым открытиям – например, к пониманию роли малых интерферирующих РНК (siRNA). В сочетании с протеомикой и метаболомикой геномный анализ позволил изучать процессы жизнедеятельности организмов в рамках подхода системной биологии. В настоящее время расшифровка генома любого человека оценивается в ~1500 евро. Благодаря геномному анализу стали понятны причины многих заболеваний, а также механизмы старения и нарушения. В медицине уже применяются генетические методы персональной диагностики и генная терапия, на основе анализа генома могут быть сделаны даже рекомендации по питанию.

В последние годы промышленная биотехнология развивается на фоне роста цен на нефть и продолжающейся активной индустриализации нашей планеты.

Увеличение температуры атмосферы беспокоит общественность. Для сохранения космического корабля «Земля» требуются новые альтернативные источники энергии и новые технологии. Из растительного сырья уже получают биоэтанол и «биодизель», их используют как топливо. Подобные «белые» биотехнологии имеют большое будущее.

При подготовке второго издания материал книги был полностью переработан и дополнен. Во 2-е издание включены четыре новых раздела: тканевая инженерия, РНК, системная биология и «белая» биотехнология.

Хочу искренне поблагодарить за предоставление ценных материалов о производственных разработках биотехнологов Ваандера Ритхорста (Sandoz), Бернарда Хаузера и Уве Пресслера (BASF), Андреаса Лойхтенбергера (Degussa) и Карлхайнца Маурера (Henkel). За информацию об академических исследованиях я особенно благодарен Сюзане Грэбли (Йена), Сибилле Туде (Штутгарт), Вольфгангу Войллебену (Тюбинген), Матиасу Ройсу, Клаусу Пфифценмайеру и Клаусу Мауху (Штутгарт).

Кроме того, я признателен Рут Хамелеле и Бернарду Вальтеру (Firma epline, Kirchheim o.T.) за превосходный графический и полиграфический дизайн, а также д-ру Роми Кирстен за поддержку со стороны издательства.

Штутгарт, осень 2005
Рольф Д. Шмид

Введение

Настоящая книга, построенная, как атлас, предназначена для тех студентов, изучающих биологию, биохимию и биотехнологию, которые хотят получить первые представления о всем многообразии современной биотехнологии. Модули текста и иллюстраций, указатель* и список литературы – все это должно помочь читателю в углубленном изучении предмета. В 143 цветных иллюстрациях содержится информация по различным аспектам биотехнологии и методам генетической инженерии, а сопутствующий текст дополняет и поясняет эти сведения. Для того чтобы облегчить поиск, на поля вынесены заголовки основных тем.

Книга начинается с краткого исторического обзора. Так как биотехнология имеет прикладное (коммерческое) значение, читатель найдет в книге некоторые рыночные показатели. Изложение начинается с разделов, посвященных биотехнологии пищевых продуктов, спиртов, кислот и аминокислот, а затем уже антибиотиков, специальных продуктов, ферментов и, наконец, пекарских и кормовых дрожжей. Описанием очистки сточных вод начинается раздел «Биотехнология и окружающая среда». Затем следует большой раздел «Биотехнология в медицине», в котором изложены сведения о получаемых методами

генетической инженерии препаратах, новейших способах получения эмбриональных и стволовых клеток из эмбрионов и зрелых организмов, возможностях рекомбинантных антител и применении биосенсоров. В большом разделе «Биотехнология в сельском хозяйстве» описаны в общих чертах современные методы селекции животных и растений.

Вторая половина книги посвящена научным основам биотехнологии и биотехнологическим методам. Там вы познакомитесь также с основами микробиологии и методами генетической инженерии.

Наконец, в разделе «Тенденции развития» даны общие представления об исследованиях в области протеомики, системной биологии и «белой» биотехнологии.

В последних разделах обсуждаются вопросы безопасности, этики и экономические аспекты.

Для дальнейшего изучения предлагается обширная литература, сгруппированная в соответствии с основными разделами книги. Помимо этого, имеются ссылки на веб-сайты.

Мне остается лишь пожелать читателям с удовольствием приступить к изучению этой увлекательной области науки и добиться в этом успеха.

* В русском издании имеется указатель микроорганизмов.

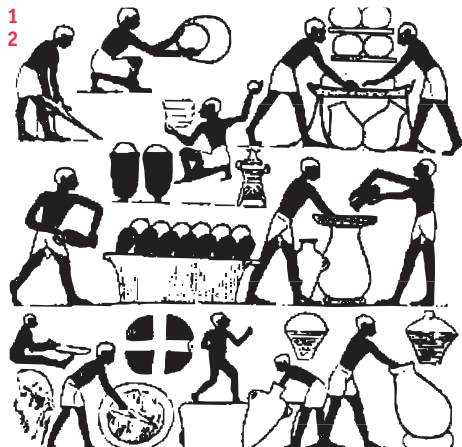
Этапы развития биотехнологии

ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА. Наука, которую мы называем биотехнологией, ведет свою историю с глубокой древности. Вероятно, первые биотехнологические открытия были связаны с наблюдениями, как и почему продукты питания сохраняются продолжительное время в высушенном, засоленном или засахаренном виде, какова причина «божественного» эффекта сброжения фруктовых соков. По дошедшим до нас древним документам, зарождение городов сопровождалось развитием различных ремесел: хлебопечения, пивоварения, виноделия и сыроварения, а также выделки кожи. Монастыри Западной Европы в средние века были центрами ремесленничества, поэтому именно там происходило усовершенствование биотехнологических процессов (в частности, виноделия, хлебопечения и пивоварения). Люди стали позволять себе некоторые отступления от строгой жизни по религиозным канонам, поскольку разрешалось пить пиво. Современная биотехнология берет свое начало с конца XIX в.; на развитие этой науки очень сильно повлияли Первая и Вторая мировые войны: ученые активно занимались разработкой новых антибиотиков и способов производства растворителей (в основном для военных нужд). Современная биотехнология обязана своими успехами открытиям в биохимии, генетике и клеточной биологии; были разработаны методы генетической инженерии (1970-е гг.), а также появились новые научные направления – биоинформатика и протеомика. Темпы развития биотехнологической науки позволяют предположить, что она станет «наукой нового тысячелетия».

ПИОНЕРЫ БИОТЕХНОЛОГИИ. Биотехнология – прикладная наука, и решения многих биотехнологических задач имеют важное коммерческое значение. Французский химик Луи Пастер в 1864 г. доказал, что брожение вызывают микроорганизмы. Чтобы наблюдать за этим процессом, он использовал микроскоп. Предложенные Пастером методы получения чистых культур микроорганизмов и стерилизации питательных сред (пастеризация) заложили основы прикладной микробиологии. Первыми успехами в исследовании и разработке методов борьбы с патогенными микроорганизмами мы также обязаны Пастеру и его научной школе. В начале XX в. немецкий химик Отто Рём и японский ученый Йокиши Такаmine предложили использовать для технологических целей ферменты, полученные из отходов мясной промышленности или из культуральной жидкости после культивирования плесневых грибов. Открытие Рёма позволило значительно усовершенствовать процесс выделки кожи (до этого времени в качестве источника ферментов использовали экскременты собак). Методы, разработанные Такаmine, ознакомили переход на новый уровень технологии в производстве

крахмала и солода. Успехи биотехнологии впервые получили признание широкой общественности в 1900 г., когда преимущество биотехнологической очистки воды в борьбе с распространением эпидемий стало очевидным. Во время Первой мировой войны был сделан целый ряд важнейших открытий. В Германии Карл Нейберг разработал метод получения глицерина с помощью дрожжей; Хаим Вейцман, эмигрировавший из России в Англию, предложил способ производства ацетона, основанный на анаэробной ферментации бактериями рода *Clostridium*. Ацетон и глицерин служили сырьем при получении взрывчатых веществ (нитроглицерина и бездымного пороха кордита), поэтому усовершенствование их производства в военное время имело особенно важное значение. Технология, предложенная Нейбергом и Вейцманом, получила широкую известность и по сути послужила развитию других ферментативных технологий. Символическим признанием заслуг Вейцмана стало его избрание первым президентом государства Израиль, созданного в соответствии с декларацией Бальфура в 1948 г. В послевоенные годы технология производства ацетона с помощью клеток *Clostridium* не потеряла своей актуальности, а бутанол, побочный продукт этой ферментативной реакции, получил широкое применение в качестве растворителя, например, в лакокрасочном производстве. В 1922 г. Александр Флеминг случайно обнаружил антибактериальное действие пенициллина. Хоуард Уолтер Флори выделил это вещество и впервые применил в медицине. Во время Второй мировой войны, когда происходили активный поиск антибиотиков и разработка соответствующих технологий их промышленного производства, и к 1950 г. их число превысило 1000. Антибиотики очень широко используются в медицине, в животноводстве и растениеводстве. В 1950 г. благодаря появлению новых приборов стала развиваться аналитическая биотехнология: ферменты и антитела стали применяться в высокочувствительных методах анализа пищевых продуктов и медицинской диагностики. В последние 30 лет в связи с надвигающимся нефтяным кризисом и ввиду неуклонно растущего населения Земли особый интерес вызывает получение из биомассы таких энергоносителей, как этанол и метанол.

Биотехнология – древняя наука



- 1 Пивоварение
2 Хлебопечение
3 Выделка кожи

Древность	Сбраживание соков с получением этанола Получение кисломолочных продуктов и дрожжевого теста Выделка кож с использованием эксcrementов собак
1650	«Орлеанский» способ получения уксусной кислоты
Ок. 1680	Антоний Левенгук впервые наблюдал бактериальные клетки в оптический (световой) микроскоп
1867	Луи Пастер разделил культуры пивных дрожжей и уксуснокислых бактерий
Ок. 1890	Луи Пастер и Роберт Кох разработали первые вакцины
1900	Йокише Такаминае использовал α -амилазу в технологических целях
1908	Отто Рём применил животные протеиназы при изготовлении стирального порошка
1916	Хаим Вейцман разработал ферментативный метод получения бутанола и ацетона
С 1920	Получение лимонной кислоты путем ферментации с <i>Aspergillus niger</i>
1928/29	Александр Флеминг открыл антибактериальное действие пенициллина
1943	Зельман Ваксман выделил стрептомицин
С 1949	Микробная трансформация стероидов в промышленных масштабах
С 1957	Получение глутаминовой кислоты ферментацией с <i>Corynebacterium glutamicum</i>
С 1960	Микробные протеиназы добавляют в стиральные порошки
С 1965	Применение микробного реннина в сыроварении
С 1970	Полученный ферментативными методами «сироп с повышенным содержанием фруктозы» заменяет сахар в производстве безалкогольных напитков
1972/73	Стэнли Коэн и Герберт Бойер разработали стратегию переноса генов с помощью плазмидных векторов
1975	Сезар Мильштейн и Георг Кёллер предложили гибридную технологию получения моноклональных антител
С 1977	Производство рекомбинантных белков в бактериальных клетках
1982	Получены первые трансгенные растения, устойчивые к гербицидам, и трансгенные животные (нокаутные линии мышей)
1985	Кэри Муллис разработал метод быстрой амплификации ДНК – метод ПЦР
С 1990	Начало реализации проекта «Геном человека»
1995	Трансгенные томаты разрешены к свободной продаже в США и Великобритании
С 1995	Попытки генной терапии на человеке
1996	Установлена нуклеотидная последовательность генома пекарских дрожжей
1996	Родилась овечка Долли – первое клонированное млекопитающее
1998	В базах данных содержится информация о последовательностях различных ДНК общим размером 2 млрд п.н.
1999	Геном дрозофилы размером 1,6 млрд п.н. полностью прочитан за четыре месяца
1999	Получена культура клеток человека
1999	Годовой объем мирового рынка рекомбинантных белков для фармакологии превысил 10 млрд долл. США
2001	Опубликована расшифрованная последовательность генома человека длиной более 3 млрд п.н.

Биотехнология сегодня

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ. В 1973 г. Стэнли Козну и Герберту Бойеру в Сан-Франциско удалось впервые ввести чужеродный ген в бактериальную клетку и осуществить его экспрессию. Спустя всего лишь 10 лет первый медицинский препарат, полученный методами генетической инженерии, был допущен к применению, а в настоящее время число таких препаратов уже превысило несколько десятков. Среди них такие важные лекарственные препараты, как инсулин (применяют при сахарном диабете), эритропоэтин (при малокровии), фактор VIII (при заболеваниях крови) и β -интерферон (при рассеянном склерозе). Сотни других препаратов находятся на стадиях разработки и клинических испытаний. В последнее время методы генетической инженерии находят применение не только в медицине, но и в сельском хозяйстве. Так, в странах Северной Америки широкое распространение получили трансгенные растения, обладающие повышенной устойчивостью к насекомым или к действию гербицидов. Современные генно-инженерные технологии позволяют получать растения с улучшенными пищевыми показателями или со специфическими декоративными характеристиками, а также создавать сорта древесины, обладающие новыми свойствами. В химической промышленности все большее значение приобретает биокатализ – использование микроорганизмов или ферментов для осуществления стадий химического синтеза. Центральным направлением современной генетической инженерии, несомненно, является исследование генома. К настоящему времени удалось секвенировать геномы более 200 микроорганизмов и некоторых высших животных, в том числе человека. Полученная информация используется при разработке новых лекарств, а также при изучении молекулярных основ сложных болезней с помощью функционального анализа генома (протеомика). Методы генной терапии позволяют осуществлять замену поврежденных генов, являющихся причиной заболевания, на «здоровые». Разработки в этой области подкрепляются исследованиями в клеточной биологии, которая также стремительно развивается в последнее время.

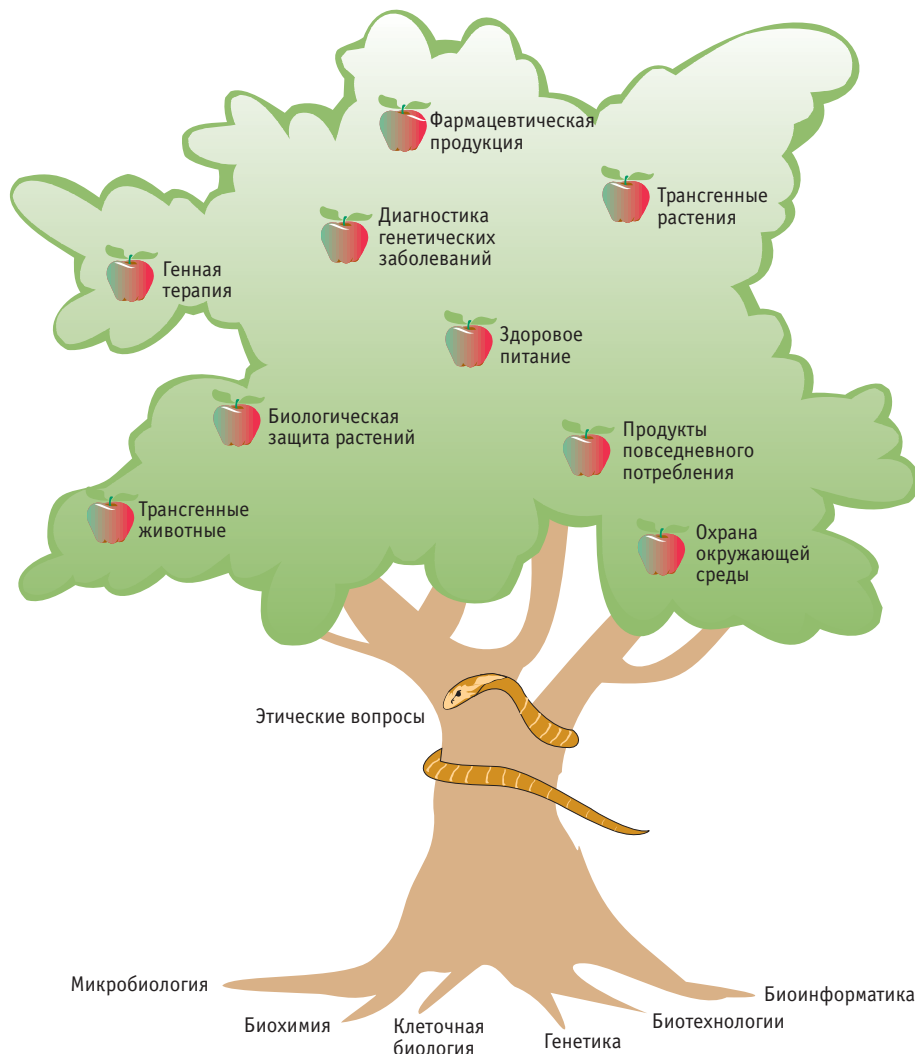
ЭТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ. Овца Долли, родившаяся в 1996 г., – первое клонированное млекопитающее, генетически полностью идентичное своей биологической матери. Ее появление вызвало бурную общественную реакцию, особенно в связи с фантастическими темпами развития эмбриологии в последние десятилетия. На какой стадии эмбрион может считаться человеком? Каково наше отношение к клонированию человека? Что такое болезнь с точки зрения индивидуума и общества? Как меняется возрастная структура популяции в связи с успехами генной тера-

пии? Насколько приемлемы генетические методы усовершенствования растений и животных в соответствии с нашими экономическими потребностями и изменившимися условиями окружающей среды? Какими должны быть экономические отношения между развивающимися и индустриально развитыми странами в период расцвета биотехнологии? Каковы экологические последствия вмешательства человека в биологическое разнообразие видов на Земле? Ответы на эти и многие другие этические вопросы еще не найдены. Возможность расширения функциональных способностей человека – лишь вопрос времени, и вскоре этическая сторона биотехнологии также станет предметом дискуссии.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ. Многие современные фармацевтические препараты представляют собой рекомбинантные белки или созданы с применением методов генетической инженерии. Знание структуры генома человека и принципов его функционирования играет все большую роль в медицинской диагностике. Методы генетической инженерии получают все более широкое распространение в животноводстве, растениеводстве, а также в пищевой промышленности. Объем рынка продукции генетических технологий составляет около 30 млрд долларов США (2004 г.) и продолжает стремительно увеличиваться. Эти данные относятся только к традиционной продукции, получаемой путем ферментации без учета производства алкогольных напитков.

Направления современной биотехнологии

- Здоровье • Пища
 Экологически чистые технологии • Рациональное ведение сельского хозяйства



Рынок некоторых продуктов биотехнологии (на 2004 г.)

	Объем производства, т	Объем мирового рынка, евро	Рыночная цена, евро/кг
Пиво	155 000 000	450 млрд	2,50
Этанол	35 000 000	9 млрд	0,25
Глутаминовая кислота	1 500 000	1 500 млн	1,00
Лимонная кислота	1 200 000	1 200 млн	1,00
Протеазы для стиральных порошков	1 000	300 млн	3,00
Цефалоспорины	–	9 млрд	–
Аспартам	30 000	150 млн	5,00
Тетрациклины	4 500	900 млн	20,00
Инсулин	8	1 млрд	125,00
Эритропоэтин	0,025	10 млрд	400 000,00