

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный университет»
(Астраханский государственный университет)

Кафедра английской филологии

Письменный перевод

по книге **“Environmental Biotechnology”**

выходные данные: **John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West
Sussex PO19 8SQ, England, 2003**

перевод стр. с **1** по **25**

для сдачи кандидатского экзамена
по иностранному языку
(английский (English))

Выполнил:

ФИО : **Мерхави Кидане Тсегай**

Кафедра: Биотехнологии, зоологии и аквакультуры

Астрахань – 2021 г.

Environmental Biotechnology

Chapter: 1

Introduction to Biotechnology

The Chambers Science and Technology Dictionary defines biotechnology as ‘the use of organisms or their components in industrial or commercial processes, which can be aided by the techniques of genetic manipulation in developing e.g. novel plants for agriculture or industry.’ Despite the inclusiveness of this definition, the biotechnology sector is still often seen as largely medical or pharmaceutical in nature, particularly amongst the general public. While to some extent the huge research budgets of the drug companies and the widespread familiarity of their products makes this understandable, it does distort the full picture and somewhat unfairly so. However, while therapeutic instruments form, in many respects, the ‘acceptable’ face of biotechnology, elsewhere the science is all too frequently linked with unnatural interference. While the agricultural, industrial and environmental applications of biotechnology are potentially very great, the shadow of Frankenstein has often been cast across them. Genetic engineering may be relatively commonplace in pharmaceutical thinking and yet in other spheres, like agriculture for example, society can so readily and thoroughly demonise it.

Экологическая биотехнология

Глава: 1

Введение в биотехнологию

Словарь ‘Чамберс’ науки и технологий определяет биотехнологию как «использование организмов или их компонентов в промышленных или коммерческих процессах, чему могут способствовать методы генетических манипуляций при разработке, например, новые растения для сельского хозяйства или промышленности ». Несмотря на всеобъемлющий характер этого определения, сектор биотехнологии по-прежнему часто рассматривается в основном как медицинский или фармацевтический по своей природе, особенно среди широкой общественности. Хотя до некоторой степени огромные бюджеты фармацевтических компаний на исследования и широкая известность их продуктов делают это понятным, это действительно искажает полную картину, и это несколько несправедливо. Однако пока формируются терапевтические инструменты, во многих отношениях «приемлемое» лицо биотехнологии, в других областях наука слишком часто связана с неестественным вмешательством. Хотя применение биотехнологии в сельском хозяйстве, промышленности и окружающей среде потенциально очень велико, на них часто падает тень Франкенштейна. Генная инженерия может быть относительно обычным явлением в фармацевтическом мышлении, но тем не менее в других сферах, таких как, например, сельское хозяйство, общество может так легко и тщательно демонизировать это.

The history of human achievement has always been episodic. For a while, one particular field of endeavour seems to hold sway as the preserve of genius and development, before the focus shifts and development forges ahead in dizzy exponential rush in an entirely new direction. So it was with art in the renaissance, music in the 18th century, engineering in the 19th and physics in the 20th. Now it is the age of the biological, possibly best viewed almost as a rebirth, after the great heyday of the Victorian naturalists, who provided so much input into the developing science. It is then, perhaps, no surprise that the European Federation of Biotechnology begins its 'Brief History' of the science in the year 1859, with the publication of *On the Origin of Species by Means of Natural Selection* by Charles Darwin.

Though his famous voyage aboard *HMS Beagle*, which led directly to the formulation of his (then) revolutionary ideas, took place when he was a young man, he had delayed making them known until 1858, when he made a joint presentation before the Linnaean Society with Alfred Russell Wallace, who had, himself, independently come to very similar conclusions himself, independently come to very similar conclusions. Their contribution was to view evolution as the driving force of life, with successive selective pressures over time endowing living beings with optimised

История человеческих достижений всегда была эпизодической. Какое-то время одна конкретная сфера деятельности, кажется, остается прерогативой гения и развития, прежде чем фокус смещается и развитие неуклонно движется вперед в совершенно новом направлении. Так было с искусством эпохи Возрождения, музыкой в 18 веке, инженерией в 19-м и физикой в 20-м. Сейчас наступила эпоха биологического, возможно, лучше всего рассматриваемого почти как возрождение после великого расцвета викторианских естествоиспытателей, внесших столь большой вклад в развитие науки. Поэтому неудивительно, что Европейская федерация биотехнологии начинает свою «Краткую историю» науки в 1859 году с публикации Чарльза Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора».

Хотя его знаменитое путешествие на борту HMS Beagle, которое привело непосредственно к формулированию его (тогда) революционных идей, имело место, когда он был молодым человеком, он отложил обнародование их до 1858 года, когда он сделал совместную презентацию перед Линнеевским обществом. с Альфредом Расселом Уоллесом, который сам независимо пришел к очень похожим выводам. Их вклад заключался в том, чтобы рассматривать эволюцию как движущую силу жизни с последовательным селективное давление с течением времени наделяет живые существа оптимальными 'взаимодействие мутации

characteristics for survival. Neo-Darwinian thought sees the interplay of mutation and natural selection as fundamental.

The irony is that Darwin himself rejected mutation as too deleterious to be of value, seeing such organisms, in the language of the times, as 'sports' – oddities of no species benefit. Indeed, there is considerable evidence to suggest that he seems to have espoused a more Lamarckist view of biological progression, in which physical changes in an organism's lifetime were thought to shape future generations. Darwin died in 1882. Ninety-nine years after his death, the first patent for a genetically modified organism was granted to Ananda Chakrabarty of the US General Electric, relating to a strain of *Pseudomonas aeruginosa* engineered to express the genes for certain enzymes in order to metabolize crude oil.

Twenty years later still, in the year that saw the first working draft of the human genome sequence published and the announcement of the full genetic blueprint of the fruit fly, *Drosophila melanogaster*, that archetype of eukaryotic genetics research, biotechnology has become a major growth industry with increasing numbers of companies listed on the world's stock exchanges. Thus, at the other end of the biotech timeline, a century and a half on from *Origin of Species*, the principles it first set out remain of direct

характеристиками для выживания. Неодарвинистская мысль видит естественный отбор как фундаментальный.

Ирония заключается в том, что сам Дарвин отверг мутации как слишком вредные, чтобы представлять ценность, рассматривая такие организмы, говоря языком времени, как «спорт» - странности, не приносящие пользы ни одному виду. Действительно, есть веские основания полагать, что он, похоже, придерживался более ламаркистского взгляда на биологическую прогрессию, в соответствии с которым считалось, что физические изменения в течение жизни организма формируют будущие поколения. Дарвин умер в 1882 году. Через девяносто девять лет после его смерти Ананде Чакрабарты из американской General Electric был выдан первый патент на генетически модифицированный организм, относящийся к штамму *Pseudomonas aeruginosa*, сконструированному для экспрессии генов определенных ферментов с целью метаболизировать сырую нефть.

Еще двадцать лет спустя, в год, когда был опубликован первый рабочий проект последовательности человеческого генома и был анонсирован полный генетический план плодовой мушки *Drosophila melanogaster*, архетип исследования эукариотической генетики, биотехнология стала крупной отраслью роста. с ростом числа компаний, котирующихся на мировых фондовых биржах. Таким образом, на другом конце временного графика биотехнологии, через полтора века после появления *Origin of Species*, принципы, изложенные в нем, по-прежнему имеют прямое

relevance for what has been termed the chemical evolution' of biologically active substances and are commonly used in laboratories for in vitro production of desired qualities in biomolecule

The Role of Environmental Biotechnology

While pharmaceutical biotechnology represents the glamorous end of the market, environmental applications are decidedly more in the Cinderella mould. The reasons for this are fairly obvious. The prospect of a cure for the many diseases and conditions currently promised by gene therapy and other biotech-oriented medical miracles can potentially touch us all. Our lives may, quite literally, be changed. Environmental biotechnology, by contrast, deals with far less apparently dramatic topics and, though their importance, albeit different, may be every bit as great, their direct relevance is far less readily appreciated by the bulk of the population.

Cleaning up contamination and dealing rationally with wastes is, of course, in everybody's best interests, but for most people, this is simply addressing a problem which they would rather had not existed in the first place. Even for industry, though the benefits may be noticeable on the balance sheet, the likes of effluent treatment or pollution control are more of an inevitable obligation than a primary goal in themselves. In general, such activities are typically funded on a

отношение к тому, что было названо «химическая эволюция» биологически активных веществ и обычно используются в лабораториях для получения in vitro желаемых качеств в биомолекулы.

Роль экологической биотехнологии

В то время как фармацевтическая биотехнология представляет собой гламурный конец рынка, экологические приложения явно больше похожи на «Золушку». Причины этого достаточно очевидны. Перспектива лечения многих болезней и состояний, которые в настоящее время обещает генная терапия и другие биотехнологические методы медицинские чудеса могут коснуться всех нас. Наша жизнь может измениться буквально. Экологическая биотехнология, напротив, имеет дело с гораздо менее очевидными драматическими темами, и, хотя их важность, хотя и различная, может быть ничуть не меньше, их прямая значимость гораздо менее ценится большинством населения.

Очистка от загрязнений и рациональное обращение с отходами, конечно, в общих интересах, но для большинства людей это просто решение проблемы, которой они бы предпочли не существовать. Даже для промышленности, хотя выгоды могут быть заметны в балансе, очистка сточных вод или борьба с загрязнением являются скорее неизбежным обязательством, чем самоцелью. Как правило, такая деятельность обычно финансируется из явно ограниченного бюджета и традиционно рассматривается как

distinctly limited budget and have traditionally been viewed as a necessary inconvenience. This is in no way intended to be disparaging to industry; it simply represents commercial reality.

In many respects, there is a logical fit between this thinking and the aims of environmental biotechnology. For all the media circus surrounding the grand questions of our age, it is easy to forget that not all forms of biotechnology involve xenotransplantation, genetic modification, the use of stem cells or cloning. Some of the potentially most beneficial uses of biological engineering, and which may touch the lives of the majority of people, however indirectly, involve much simpler approaches. Less radical and showy, certainly, but powerful tools, just the same.

Environmental biotechnology is fundamentally rooted in waste, in its various guises, typically being concerned with the remediation of contamination caused by previous use, the impact reduction of current activity or the control of pollution. Thus, the principal aims of this field are the manufacture of products in environmentally harmonious ways, which allow for the minimization of harmful solids, liquids or gaseous outputs or the clean-up of the residual effects of earlier human occupation. The means by which this may be achieved are essentially two-fold. Environmental biotechnologists

необходимое неудобство. Это никоим образом не предназначено для того, чтобы унижить промышленность; это просто представляет коммерческую реальность.

Во многих отношениях есть логическое соответствие между этим мышлением и целями экологической биотехнологии. Несмотря на весь медийный цирк, окружающий грандиозные вопросы нашего времени, легко забыть, что не все формы биотехнологии включают ксенотрансплантацию, генетическую модификацию, использование стволовых клеток или клонирование. Некоторые из потенциально наиболее полезных применений биологической инженерии и которые могут коснуться жизни большинства людей, однако косвенно, предполагают гораздо более простые подходы. Конечно, менее радикальные и эффектные, но все же мощные инструменты.

Экологическая биотехнология коренится в отходах в их различных проявлениях, обычно связанных с устранением загрязнения, вызванного предыдущим использованием, снижением воздействия текущей деятельности или контролем загрязнения. Таким образом, основными целями в этой области являются производство продуктов экологически безопасными способами, которые позволяют свести к минимуму вредные твердые, жидкие или газообразные продукты или устранить остаточные эффекты прежней деятельности человека. может быть достигнуто по существу двояко. Биотехнологии-экологи

may enhance or optimize conditions for existing biological systems to make their activities happen faster or more efficiently, or they resort to some form of alteration to bring about the desired outcome. The variety of organisms which may play a part in environmental applications of biotechnology is huge, ranging from microbes through to trees and all are utilised on one of the same three fundamental bases – accept, acclimatise or alter. For the vast majority of cases, it is the former approach, accepting and making use of existing species in their natural, unmodified form, which predominates.

The Scope for Use

There are three key points for environmental biotechnology interventions, namely in the manufacturing process, waste management or pollution control. Accordingly, the range of businesses to which environmental biotechnology has potential relevance is almost limitless. One area where this is most apparent is with regard to waste. All commercial operations generate waste of one form or another and for many, a proportion of what is produced is biodegradable. With disposal costs rising steadily across the world, dealing with refuse constitutes an increasingly high contribution to overheads. Thus, there is a clear incentive for all businesses to identify potentially cost-cutting approaches to waste and employ them where possible.

может улучшить или оптимизировать условия для существующих биологических систем, чтобы сделать их действия происходят быстрее или эффективнее, либо они прибегают к какой-либо форме изменений, чтобы добиться желаемого результата. Разнообразие организмов, которые могут играть роль в экологических приложениях биотехнологии, огромно, от микробов до деревьев, и все они используются на одной из трех основных основ - принять, акклиматизироваться или изменить. В подавляющем большинстве случаев преобладает первый подход, заключающийся в принятии и использовании существующих видов в их естественной, неизменной форме.

Сфера использования

Есть три ключевых момента для вмешательства в экологическую биотехнологию, а именно: производственный процесс, управление отходами или контроль загрязнения. Соответственно, круг предприятий, для которых экологическая биотехнология имеет потенциальное значение, практически безграничен. Одна из областей, где это наиболее очевидно, - это отходы. Все коммерческие операции образуют отходы той или иной формы, и для многих часть производимых продуктов является биоразлагаемой. Поскольку затраты на утилизацию во всем мире неуклонно растут, работа с мусором составляет все более высокий вклад в накладные расходы. Таким образом, у всех предприятий есть явный стимул для определения потенциально сокращающих затрат подходов к отходам и их использования там, где это возможно.

Changes in legislation throughout Europe, the US and elsewhere, have combined to drive these issues higher up the political agenda and biological methods of waste treatment have gained far greater acceptance as a result. For those industries with particularly high biowaste production, the various available treatment biotechnologies can offer considerable savings.

Manufacturing industries can benefit from the applications of whole organisms or isolated biocomponents. Compared with conventional chemical processes, microbes and enzymes typically function at lower temperatures and pressures. The lower energy demands this makes leads to reduced costs, but also has clear benefits in terms of both the environment and workplace safety.

Additionally, biotechnology can be of further commercial significance by converting low-cost organic feed stocks into high value products or, since enzymatic reactions are more highly specific than their chemical counterparts, by deriving final substances of high relative purity. Almost inevitably, manufacturing companies produce waste waters or effluents, many of which contain biodegradable contaminants, in varying degrees.

Изменения в законодательстве по всей Европе, США и в других странах вместе подняли эти вопросы на более высокий уровень политической повестки дня, и в результате биологические методы обработки отходов получили гораздо большее признание. Для отраслей с особенно высоким производством биоотходов: различные доступные биотехнологии обработки могут дать значительную экономию.

Обрабатывающая промышленность может получить выгоду от применения целых организмов или отдельных биокomпонентов. По сравнению с обычными химическими процессами, микробы и ферменты обычно функционируют при более низких температурах и давлениях. Это приводит к снижению энергопотребления, что приводит к снижению затрат, но также имеет очевидные преимущества с точки зрения окружающей среды и безопасности на рабочем месте.

Кроме того, биотехнология может иметь дальнейшее коммерческое значение за счет преобразования дешевого органического сырья в ценные продукты или, поскольку ферментативные реакции более специфичны, чем их химические аналоги, путем получения конечных веществ с высокой относительной чистотой. Практически неизбежно производственные компании производят сточные воды или сточные воды, многие из которых содержат биоразлагаемые загрязнители в той или иной степени.

Though traditional permitted discharges to sewer or water courses may be adequate for some, other industries, particularly those with recalcitrant or highly concentrated effluents, have found significant benefits to be gained from using biological treatment methods themselves on site.

Though careful monitoring and process control are essential, biotechnology stands as a particularly cost-effective means of reducing the pollution potential of wastewater, leading to enhanced public relations, compliance with environmental legislation and quantifiable cost savings to the business.

Those involved in processing organic matter, for example, or with drying, printing, painting or coating processes, may give rise to the release of volatile organic compounds (VOCs) or odours, both of which represent environmental nuisances, though the former is more damaging than the latter. For many, it is not possible to avoid producing these emissions altogether, which leaves treating them to remove the offending contaminants the only practical solution. Especially for relatively low concentrations of readily water-soluble VOCs or odorous chemicals, biological technologies can offer an economic and effective alternative to conventional methods.

Хотя традиционные разрешенные сбросы в канализацию или водоемы могут быть достаточными для некоторых, другие отрасли, особенно те, которые имеют трудноустойчивые или высококонцентрированные сточные воды, обнаружили значительные выгоды от использования самих методов биологической очистки на месте.

Хотя тщательный мониторинг и контроль процесса имеют важное значение, биотехнология является особенно экономичным средством снижения потенциального загрязнения сточных вод, ведущим к усилению связей с общественностью, соблюдению экологического законодательства и ощутимой экономии затрат для бизнеса.

Те, кто участвует в переработке органических веществ, например, или в процессах сушки, печати, окраски или нанесения покрытий, могут вызывать выделение летучих органических соединений (ЛОС) или запахов, которые представляют собой вред для окружающей среды, хотя первые более опасны, чем последний. Для многих невозможно полностью избежать образования этих выбросов, поэтому единственным практическим решением остается их обработка для удаления вредных загрязняющих веществ. Биологические технологии могут предложить экономичную и эффективную альтернативу традиционным методам, особенно для относительно низких концентраций легко растворимых в воде ЛОС или пахучих химикатов.

The use of biological cleaning agents is another area of potential benefit, especially where there is a need to remove oils and fats from process equipment, work surfaces or drains. Aside from typically reducing energy costs, this may also obviate the need for toxic or dangerous chemical agents. The pharmaceutical and brewing industries, for example, both have a long history of employing enzyme-based cleaners to remove organic residues from their process equipment. In addition, the development of effective biosensors, powerful tools which rely on biochemical reactions to detect specific substances, has brought benefits to a wide range of sectors, including the manufacturing, engineering, chemical, water, food and beverage industries. With their ability to detect even small amounts of their particular target chemicals, quickly, easily and accurately, they have been enthusiastically adopted for a variety of process monitoring applications, particularly in respect of pollution assessment and control.

Contaminated land is a growing concern for the construction industry, as it seeks to balance the need for more houses and offices with wider social and environmental goals. The reuse of former industrial sites, many of which occupy prime locations, may typically have associated planning conditions attached which demand that the land be cleaned up as part of the development process.

Использование биологических чистящих средств является еще одной областью потенциальных преимуществ, особенно там, где необходимо удалить масла и жиры с технологического оборудования, рабочих поверхностей или стоков. Помимо обычного снижения затрат на электроэнергию, это также может устранить необходимость в токсичных или опасных химических веществах. Например, фармацевтическая и пивоваренная промышленность уже давно используют очистители на основе ферментов для удаления органических остатков с технологического оборудования. Кроме того, разработка эффективных биосенсоров, мощных инструментов, которые полагаются на биохимические реакции для обнаружения конкретных веществ, принесла пользу широкому кругу секторов, включая производство, машиностроение, химическую промышленность, водоснабжение, пищевую промышленность и производство напитков. Благодаря их способности быстро, легко и точно обнаруживать даже небольшие количества конкретных целевых химикатов, они были с энтузиазмом приняты для множества приложений мониторинга процессов, особенно в отношении оценки и контроля загрязнения.

Загрязненная земля вызывает растущую озабоченность строительной отрасли, поскольку она стремится сбалансировать потребность в большем количестве домов и офисов с более широкими социальными и экологическими целями. Повторное использование бывших промышленных площадок, многие из которых занимают лучшие места, обычно может иметь связанные с этим условия планирования, которые требуют, чтобы земля была очищена как часть процесса застройки.

With urban regeneration and the reclamation of 'brown-field' sites increasingly favoured in many countries over the use of virgin land, remediation has come to play a significant role and the industry has an ongoing interest in identifying cost-effective methods of achieving it. Historically, much of this has involved simply digging up the contaminated soil and removing it to landfill elsewhere. Bioremediation technologies provide a competitive and sustainable alternative and in many cases, the lower disturbance allows the overall scheme to make faster progress.

As the previous brief examples show, the range of those which may benefit from the application of biotechnology is lengthy and includes the chemical, pharmaceutical, water, waste management and leisure industries, as well as manufacturing, the military, energy generation, agriculture and horticulture. Clearly, then, this may have relevance to the viability of these ventures and, as was mentioned at the outset, biotechnology is an essentially commercial activity.

Environmental biotechnology must compete in a world governed by the best practicable environmental option (BPEO) and the best available techniques not entailing excessive cost (BATNEEC). Consequently, the economic aspect will always have a large influence on the uptake of all initiatives in environmental

В связи с тем, что восстановление городов и рекультивация участков «коричневых полей» во многих странах все больше отдается предпочтению по сравнению с использованием целинных земель, рекультивация стала играть значительную роль, и промышленность постоянно проявляет интерес к поиску экономически эффективных методов ее достижения. Исторически сложилось так, что большая часть этого заключалась в простом выкапывании загрязненной почвы и ее вывозе на свалку в другом месте. Технологии биоремедиации представляют собой конкурентоспособную и устойчивую альтернативу, и во многих случаях меньшее беспокойство позволяет общей схеме добиться более быстрого прогресса.

Как показывают предыдущие краткие примеры, спектр тех предприятий, которым может быть полезно применение биотехнологии, обширен и включает в себя химическую, фармацевтическую, водную промышленность, управление отходами и досуг, а также производство, военную промышленность, производство энергии, сельское хозяйство и садоводство. . Таким образом, очевидно, что это может иметь отношение к жизнеспособности этих предприятий, и, как было упомянуто вначале, биотехнология является в основном коммерческой деятельностью.

Экологическая биотехнология должна конкурировать в мире, управляемом наилучшим практически осуществимым экологическим вариантом (BPEO) и наилучшими доступными технологиями, не влекущими за собой чрезмерных затрат (BATNEEC). Следовательно, экономический аспект всегда будет иметь большое влияние на принятие всех инициатив в области охраны окружающей среды

biotechnology and, most particularly, in the selection of methods to be used in any given situation. It is impossible to divorce this context from the decision making process. By the same token, the sector itself has its own implications for the wider economy.

The Market for Environmental Biotechnology

The UK's Department of Trade and Industry estimated that 15–20% of the global environmental market in 2001 was biotech-based, which amounted to about 250–300 billion US dollars and the industry is projected to grow by as much as ten-fold over the following five years. This expected growth is due to greater acceptance of biotechnology for clean manufacturing applications and energy production, together with increased landfill charges and legislative changes in waste management which also alter the UK financial base favourably with respect to bioremediation. Biotechnology-based methods are seen as essential to help meet European Union (EU) targets for bio waste diversion from landfill and reductions in pollutants. Across the world the existing regulations on environmental pollution are predicted to be more rigorously enforced, with more stringent compliance standards implemented.

биотехнологии и особенно, в выборе методов, которые будут выбраны в любой конкретной ситуации. Этот контекст невозможно отделить от процесса принятия решений. Точно так же сам сектор имеет свои последствия для экономики в целом.

Рынок экологической биотехнологии

По оценкам Министерства торговли и промышленности Великобритании, 15–20% мирового рынка окружающей среды в 2001 году составляли биотехнологии, что составило около 250–300 миллиардов долларов США, и, по прогнозам, отрасль вырастет более чем в десять раз. следующие пять лет. Этот ожидаемый рост обусловлен более широким распространением биотехнологии для экологически чистых производств и производства энергии, а также увеличением платы за захоронение отходов и законодательными изменениями в управлении отходами, которые также благоприятно влияют на финансовую базу Великобритании в отношении биоремедиации. Методы, основанные на биотехнологии, считаются важными для достижения целей Европейского Союза (ЕС) в отношении утечки биологических отходов со свалок и сокращения загрязняющих веществ. Ожидается, что во всем мире существующие правила по загрязнению окружающей среды будут более строго соблюдаться, при этом будут применяться более строгие стандарты соответствия.

All of this is expected to stimulate the sales of biotechnology based environmental processing methods significantly and, in particular, the global market share is projected to grow faster than the general biotech sector trend, in part due to the anticipated large-scale EU aid for environmental clean-up in the new accession countries of Eastern Europe.

Other sources paint a broadly similar picture. The BioIndustry Association (BIA) survey, Industrial Markets for UK Biotechnology – Trends and Issues, published in 1999 does not quote any monetary sector values per year, but gives the size of the UK sector as employing 40 000 people in 1998 with an average yearly growth over 1995–98 of 20%. Environmental biotech is reported as representing around 10% of this sector. An Arthur Anderson report of 1997 gives the turnover of the UK biotech sector as 702 million pounds sterling in 1995/96, with a 50% growth over three years. A 1998 Ernst and Young report on the European Life Sciences Sector says that the market for biotechnology products has the potential to reach 100 billion pounds sterling worldwide by 2005.

The Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) estimates that the global market for environmental biotechnology products and services alone will rise to some US\$75

Ожидается, что все это значительно стимулирует продажи основанных на биотехнологиях методов обработки окружающей среды, и, в частности, прогнозируется, что доля мирового рынка будет расти быстрее, чем общая тенденция биотехнологического сектора, отчасти из-за ожидаемой крупномасштабной помощи ЕС для экологическая очистка в новых присоединяющихся странах Восточной Европы.

Другие источники рисуют в целом аналогичную картину. В обзоре Ассоциации биопромышленности “(BIA) Industrial Markets for UK Biotechnology - Trends and Issues”, опубликованном в 1999 г., не приводятся данные по денежно-кредитному сектору за год, но указывается размер сектора Великобритании, в котором в 1998 г. работало 40 000 человек со среднегодовой рост за 1995–98 гг. на 20%. Экологические биотехнологии составляют около 10% этого сектора. В отчете Артура Андерсона от 1997 года говорится, что оборот биотехнологического сектора Великобритании в 1995/96 году составил 702 миллиона фунтов стерлингов, с 50% -ным ростом за три года. В отчете Эрнст энд Янг о Европейском секторе наук о жизни за 1998 год говорится, что к 2005 году рынок биотехнологических продуктов может достичь 100 миллиардов фунтов стерлингов во всем мире.

По оценкам Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), только мировой рынок продуктов и услуг, связанных с экологической биотехнологией, вырастет до примерно 75 миллиардов долларов США к 2000

billion by the year 2000, accounting for some 15 to 25% of the overall environmental technology market, which has a growth rate estimated at 5.5% per annum.

The UK potential market for environmental biotechnology products and services is estimated at between 1.65 and 2.75 billion US dollars and the growth of the sector stands at 25% per annum, according to the *BioCommerce Data European Biotechnology Handbook*. An unsourced quote found on a Korean University website says that the world market size of biotechnology products and services was estimated to be approximately 390 billion US dollars in the year 2000.

The benefits are not, however, confined to the balance sheet. The Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD 2001) concluded that the industrial use of biotechnology commonly leads to increasingly environmentally harmonious processes and additionally results in lowered operating and/or capital costs. For years, industry has appeared locked into a seemingly unbreakable cycle of growth achieved at the cost of environmental damage. The OECD investigation provides what is probably the first hard evidence to support the reality of biotechnology's long-heralded promise of alternative production methods, which are ecologically sound and economically efficient.

году, что составляет от 15 до 25% всего рынка экологических технологий, на который приходится темп роста оценивается в 5,5% годовых.

Потенциальный рынок "Великобритании" для экологической биотехнологии стоимость продуктов и услуг оценивается в 1,65–2,75 млрд долларов США, а рост сектора составляет 25% в год, согласно Европейскому справочнику по биотехнологиям BioCommerce Data. Цитата без источников, найденная на веб-сайте Корейского университета, гласит, что размер мирового рынка биотехнологических продуктов и услуг оценивался примерно в 390 миллиардов долларов США в 2000 году.

Однако выгоды не ограничиваются балансом. Организация экономического сотрудничества и развития (OECD 2001) пришла к выводу, что промышленное использование биотехнологии обычно приводит к все более гармоничным с экологической точки зрения процессам и, кроме того, к снижению операционных и / или капитальных затрат. В течение многих лет промышленность находилась в замкнутом, казалось бы, неразрывном цикле роста, достигнутого за счет ущерба окружающей среде. Исследование ОЭСР предоставляет, вероятно, первое убедительное свидетельство в пользу реальности давно провозглашенного обещания биотехнологии альтернативных методов производства, которые являются экологически безопасными и экономически эффективными.

A variety of industrial sectors including pharmaceuticals, chemicals, textiles, food and energy were examined, with a particular emphasis on biomass renewable resources, enzymes and biocatalysis. While such approaches may have to be used in tandem with other processes for maximum effectiveness, it seems that their use invariably leads to reduction in operating or capital costs, or both. Moreover, the research also concludes that it is clearly in the interests of governments of the developed and developing worlds alike to promote the use of biotechnology for the substantial reductions in resource and energy consumption, emissions, pollution and waste production it offers. The potential contribution to be made by the appropriate use of biotechnology to environmental and economic sustainability would seem to be clear.

The upshot of this is that few biotech companies in the environmental sector perceive problems for their own business development models, principally as a result of the wide range of businesses for which their services are applicable, the relatively low market penetration to date and the large potential for growth. Competition within the sector is not seen as a major issue either, since the field is still largely open and unsaturated. Moreover, there has been a discernible tendency in recent years towards niche specificity, with companies operating in

Были изучены различные промышленные секторы, включая фармацевтическую, химическую, текстильную, пищевую и энергетическую, с особым упором на возобновляемые ресурсы биомассы, ферменты и биокатализ. Хотя такие подходы, возможно, придется использовать в tandem с другими процессами для максимальной эффективности, кажется, что их использование неизменно приводит к снижению операционных или капитальных затрат, или к тому и другому. Более того, исследование также пришло к выводу, что в интересах правительств как развитых, так и развивающихся стран продвигать использование биотехнологии для значительного сокращения потребления ресурсов и энергии, выбросов, загрязнения и производства отходов, которые она предлагает. Потенциальный вклад, который будет внесено надлежащим использованием биотехнологии в экологическую и экономическую устойчивость, кажется очевидным.

Результатом этого является то, что немногие биотехнологические компании в экологическом секторе видят проблемы для своих собственных моделей развития бизнеса, в основном из-за широкого круга предприятий, для которых применимы их услуги, относительно низкого проникновения на рынок на сегодняшний день и большого потенциала для роста. Конкуренция внутри сектора также не рассматривается как серьезная проблема, поскольку месторождение все еще остается в значительной степени открытым и ненасыщенным. Более того, в последние годы наметилась заметная тенденция к определению ниши, когда компании работают в

more specialised subarenas within the environmental biotechnology umbrella. Given the number and diversity of such possible slots, coupled with the fact that new opportunities, and the technologies to capitalise on them, are developing apace, this trend seems likely to continue. It is not without some irony that companies basing their commercial activities on biological organisms should themselves come to behave in such a Darwinian fashion. However, the picture is not entirely rosy.

Typically the sector comprises a number of relatively small, specialist companies and the market is, as a consequence, inevitably fragmented. Often the complexities of individual projects make the application of 'standard' off-the-shelf approaches very difficult, the upshot being that much of what is done must be significantly customised. While this, of course, is a strength and of great potential environmental benefit, it also has hard commercial implications which must be taken into account. A sizeable proportion of companies active in this sphere, have no products or services which might reasonably be termed suitable for generalised use, though they may have enough expertise, experience or sufficiently perfected techniques to deal with a large number of possible scenarios.

более специализированные подразделения в рамках экологической биотехнологии. Учитывая количество и разнообразие таких возможных слотов, а также тот факт, что новые возможности и технологии, позволяющие использовать их, быстро развиваются, эта тенденция, вероятно, сохранится. Не без некоторой иронии в том, что компании, основывающие свою коммерческую деятельность на биологических организмах, сами должны вести себя таким дарвиновским способом. Однако картина не совсем радужная.

Как правило, сектор включает ряд относительно небольших специализированных компаний, и, как следствие, рынок неизбежно фрагментирован. Часто сложность отдельных проектов очень затрудняет применение «стандартных» готовых подходов, в результате чего многое из того, что делается, необходимо значительно настраивать. Хотя это, конечно, является сильной стороной и огромной потенциальной выгодой для окружающей среды, это также имеет серьезные коммерческие последствия, которые необходимо учитывать. Значительная часть компаний, работающих в этой сфере, не имеет продуктов или услуг, которые можно было бы с полным основанием считать подходящими для общего использования, хотя у них может быть достаточно знаний, опыта или достаточно совершенных методов для работы с большим количеством возможных сценариев.

The fact remains that one of the major barriers to the wider uptake of biological approaches is the high perceived cost of these applications. Part of the reason for this lies in historical experience. For many years, the solutions to all environmental problems were seen as expensive and for many, particularly those unfamiliar with the multiplicity of varied technologies available, this has remained the prevalent view. Generally, there is often a lack of financial resource allocation available for this kind of work and biotech providers have sometimes come under pressure to reduce the prices for their services as a result. Greater awareness of the benefits of biotechnology, both as a means to boost existing markets and for the opening up of new ones, is an important area to be addressed. Many providers, particularly in the UK, have cited a lack of marketing expertise as one of the principal barriers to their exploitation of novel opportunities.

In addition, a lack of technical understanding of biotech approaches amongst target industries and, in some cases, downright scepticism regarding their efficacy, can also prove problematic. Good education, in the widest sense, of customers and potential users of biological solutions will be one major factor in any future upswing in the acceptance and utilisation of these technologies.

Факт остается фактом: одним из основных препятствий на пути более широкого внедрения биологических подходов является высокая предполагаемая стоимость этих приложений. Отчасти причина этого кроется в историческом опыте. В течение многих лет решения всех экологических проблем считались дорогостоящими, и для многих, особенно тех, кто не знаком с множеством различных доступных технологий, эта точка зрения оставалась преобладающей. Как правило, для такого рода работ часто не хватает финансовых ресурсов, и в результате поставщики биотехнологий иногда оказываются под давлением, чтобы снизить цены на свои услуги. Повышение осведомленности о преимуществах биотехнологии как средства расширения существующих рынков и открытия новых является важной областью, требующей решения. Многие провайдеры, особенно в Великобритании, назвали отсутствие маркетинговых знаний одним из основных препятствий на пути использования новых возможностей.

Кроме того, отсутствие технического понимания подходов к биотехнологии в целевых отраслях промышленности и, в некоторых случаях, откровенный скептицизм относительно их эффективности также могут оказаться проблематичными. Хорошее образование, в самом широком смысле, клиентов и потенциальных пользователей биологических решений будет одним из основных факторов любого будущего роста принятия и использования этих технологий.

Modalities and local influences

Another of the key factors affecting the practical uptake of environmental biotechnology is the effect of local circumstances. Contextual sensitivity is almost certainly the single most important factor in technology selection and represents a major influence on the likely penetration of biotech processes into the marketplace. Neither the nature of the biological system, nor of the application method itself, play anything like so relevant a role. This may seem somewhat unexpected at first sight, but the reasons for it are obvious on further inspection.

While the character of both the specific organisms and the engineering remain essentially the same irrespective of location, external modalities of economics, legislation and custom vary on exactly this basis. Accordingly, what may make abundant sense as a biotech intervention in one region or country, may be totally unsuited to use in another. In as much as it is impossible to discount the wider global economic aspects in the discussion, disassociating political, fiscal and social conditions equally cannot be done, as the following example illustrates. In 1994, the expense of bioremediating contaminated soil in the United Kingdom greatly exceeded the cost of removing it to landfill. Six years later, with successive changes of legislation and the imposition of a landfill,

Условия и местное влияние

Еще один ключевой фактор, влияющий на практическое освоение экологической биотехнологии, - это влияние местных условий. Контекстная чувствительность почти наверняка является самым важным фактором при выборе технологии и оказывает большое влияние на вероятное проникновение биотехнологических процессов в рынок. Ни природа биологической системы, ни сам метод нанесения не играют столь важной роли. На первый взгляд это может показаться несколько неожиданным, но причины этого очевидны при дальнейшем рассмотрении.

В то время как характер и конкретных организмов, и инженерия остаются по существу одинаковыми независимо от местоположения, внешние модальности экономики, законодательства и обычаев меняются именно на этой основе. Соответственно, то, что может иметь большой смысл в качестве биотехнологического вмешательства в одном регионе или стране, может быть совершенно непригодным для использования в другом. Поскольку при обсуждении невозможно сбрасывать со счетов более широкие глобальные экономические аспекты, невозможно в равной степени разделить политические, фискальные и социальные условия, как показывает следующий пример. В 1994 году расходы на биологическую очистку загрязненной почвы в Соединенном Королевстве значительно превысили затраты на ее вывоз на свалку. Шесть лет спустя, после последовательных изменений законодательства и создания свалки,

tax, the situation has almost completely reversed. In those other countries where landfill has always been an expensive option, remediation has been embraced far more readily.

While environmental biotechnology must, inevitably, be viewed as contextually dependent, as the previous example shows, contexts can change. In the final analysis, it is often fiscal instruments, rather than the technologies, which provide the driving force and sometimes seemingly minor modifications in apparently unrelated sectors can have major ramifications for the application of biotechnology.

Again as has been discussed, the legal framework is another aspect of undeniable importance in this respect. Increasingly tough environmental law makes a significant contribution to the sector and changes in regulatory legislation are often enormously influential in boosting existing markets or creating new ones. When legislation and economic pressure combine, as, for example, they have begun to do in the European Landfill Directive, the impetus towards a fundamental paradigm shift becomes overwhelming and the implications for relevant biological applications can be immense.

налог, ситуация практически полностью изменилась. В тех странах, где захоронение мусора всегда было дорогостоящим вариантом, реабилитация была принята гораздо охотнее.

Хотя экологическая биотехнология неизбежно должна рассматриваться как контекстно-зависимая, как показывает предыдущий пример, контексты могут измениться. В конечном итоге движущей силой зачастую являются финансовые инструменты, а не технологии, и иногда кажущиеся незначительными изменения в явно несвязанных секторах могут иметь серьезные разветвления для применения биотехнологии.

Опять же, как уже говорилось, правовая база является еще одним аспектом, неоспоримо важным в этом отношении. Все более жесткое экологическое законодательство вносит значительный вклад в развитие сектора, а изменения в регулирующем законодательстве часто имеют огромное влияние на развитие существующих рынков или создание новых. Когда законодательство и экономическое давление сочетаются, как, например, они начали делать это в Европейской директиве о захоронениях отходов, импульс к фундаментальному изменению парадигмы становится огромным, и последствия для соответствующих биологических применений могут быть огромными.

There is a natural tendency to delineate, seeking to characterize technologies into particular categories or divisions. However, the essence of environmental biotechnology is such that there are many more similarities than differences. Though it is, of course, often helpful to view individual technology uses as distinct, particularly when considering treatment options for a given environmental problem, there are inevitably recurrent themes which feature throughout the whole topic.

Moreover, this is a truly applied science. While the importance of the laboratory bench cannot be denied, the controlled world of research translates imperfectly into the harsh realities of commercial implementation. Thus, there can often be a dichotomy between theory and application and it is precisely this fertile ground which is explored in the present work. In addition, the principal underlying approach of specifically *environmental* biotechnology, as distinct from other kinds, is the reliance on existing natural cycles, often directly and in an entirely unmodified form.

Thus, this science stands on a foundation of fundamental biology and biochemistry. To understand the application, the biotechnologist must simply examine the essential elements of life, living systems and ecological circulation sequences. However engineered the approach, this fact remains true.

Существует естественная тенденция к разделению, стремлению разделить технологии на определенные категории или подразделения. Однако сущность экологической биотехнологии такова, что сходств гораздо больше, чем различий. Хотя, конечно, часто полезно рассматривать отдельные виды использования технологий как отдельные, особенно при рассмотрении вариантов лечения данной экологической проблемы, неизбежно повторяющиеся темы, которые присутствуют во всей теме.

Более того, это действительно прикладная наука. Нельзя отрицать важность лабораторного стенда, но контролируемый мир исследований несовершенно отражается в суровых реалиях коммерческого внедрения. Таким образом, часто может существовать дихотомия между теорией и применением, и именно эта благодатная почва исследуется в настоящей работе. Кроме того, основной основной подход конкретно экологической биотехнологии, в отличие от других видов, заключается в опоре на существующие природные циклы, часто прямо и в совершенно неизменной форме.

Таким образом, эта наука стоит на фундаменте фундаментальной биологии и биохимии. Чтобы понять приложение, биотехнолог должен просто изучить основные элементы жизни, живых систем и экологических циклов циркуляции. Каким бы ни был спроектированный подход, этот факт остается верным.

In many respects environmental biotechnology stands as the purest example of the newly emergent bio industry, since it is the least refined, at least in terms of the basis of its action. In essence, all of its applications simply encourage the natural propensity of the organisms involved, while seeking to enhance or accelerate their action. Hence, optimisation, rather than modification, is the typical route by which the particular desired end result, whatever it may be, is achieved and, consequently, a number of issues feature as common threads within the discussions of individual technologies.

Integrated Approach

Integration is an important aspect for environmental biotechnology. One theme that will be developed throughout this book is the potential for different biological approaches to be combined within treatment trains, thereby producing an overall effect which would be impossible for any single technology alone to achieve.

However, the wider goal of integration is not, of necessity, confined solely to the specific methods used. It applies equally to the underpinning knowledge that enables them to function in the first place and an understanding of this is central to the rationale behind this book. In some spheres, traditional biology has become

Во многих отношениях экологическая биотехнология является наиболее чистым примером зарождающейся биоиндустрии, поскольку она наименее усовершенствована, по крайней мере, с точки зрения основы ее действия. По сути, все его приложения просто поощряют естественную предрасположенность задействованных организмов, стремясь усилить или ускорить их действие. Следовательно, оптимизация, а не модификация - это типичный путь, с помощью которого достигается конкретный желаемый конечный результат, каким бы он ни был, и, следовательно, ряд проблем рассматривается как общие темы в обсуждениях отдельных технологий.

Комплексный подход

Интеграция - важный аспект экологической биотехнологии. Одна из тем, которая будет развиваться в этой книге, - это возможность комбинирования различных биологических подходов в цепочках обработки, тем самым создавая общий эффект, который невозможно достичь с помощью одной отдельной технологии.

Однако более широкая цель интеграции по необходимости не ограничивается только конкретными используемыми методами. Это в равной степени применимо к фундаментальным знаниям, которые позволяют им функционировать в первую очередь, и понимание этого является центральным для обоснования этой книги. В некоторых сферах традиционная биология стала

rather unfashionable and the emphasis has shifted to more exciting sounding aspects of life science. While the new-found concentration on 'ecological processes', or whatever, sounds distinctly more 'environmental', in many ways, and somewhat paradoxically, it sometimes serves the needs of environmental biotechnology rather less well.

The fundamentals of living systems are the stuff of this branch of science and, complex though the whole picture may be, at its simplest the environmental biotechnologist is principally concerned with a relatively small number of basic cycles. In this respect, a good working knowledge of biological processes like respiration, fermentation and photosynthesis, a grasp of the major cycles by which carbon, nitrogen and water are recycled and an appreciation of the flow of energy through the biosphere must be viewed as prerequisites.

Unsurprisingly, then, these basic processes appear throughout this book, either explicitly or tacitly accepted as underpinning the context of the discussion. The intent here has been neither to insult the readership by parading what is already well known, nor gloss over aspects which, if left unexplained, at least in reasonable detail, might only serve to confuse.

немодно и акцент сместился на более захватывающие аспекты звучания науки о жизни. В то время как вновь обретенная концентрация на «экологических процессах» или чем-то еще во многом звучит более «экологично» и несколько парадоксально, иногда она гораздо хуже отвечает потребностям экологической биотехнологии.

Основы живых систем являются предметом этой области науки, и, несмотря на всю сложность всей картины, в простейшем случае экологический биотехнолог в основном занимается относительно небольшим числом основных циклов. В этом отношении хорошее практическое знание биологических процессов, таких как дыхание, ферментация и фотосинтез, понимание основных циклов рециркуляции углерода, азота и воды, а также понимание потока энергии через биосферу должны рассматриваться как предварительные условия.

Неудивительно, что эти базовые процессы появляются на протяжении всей книги, явно или неявно принимаемые как основа контекста дискуссии. Здесь не было намерения оскорбить читателей, выставляя напоказ то, что уже хорошо известно, или замалчивать аспекты, которые, если их не объяснить, по крайней мере в разумных деталях, могут только сбить с толку.

The intention is to introduce and explain the necessary aspects and elements of various metabolic pathways, reactions and abilities as required to advance the reader's understanding of this particular branch of biotechnology. A large part of the reasons for approaching the subject in this way is the fact that there really is no such thing as a 'typical' environmental biotechnologist.

Practitioners come into the profession from a wide variety of disciplines and by many different routes. Thus, amongst their ranks are agronomists, biochemists, biologists, botanists, enzymologists, geneticists, microbiologists, molecular biologists, process engineers and protein technologists, all of whom bring their own particular skills, knowledge base and experiences. The applied nature of environmental biotechnology is obvious. While the science underlying the processes themselves may be as pure as any other, what distinguishes this branch of biological technology are the distinctly real-life purposes to which it is put.

Hence, part of the intended function of this book is to attempt to elucidate the former in order to establish the basis of the latter. At the same time, as any applied scientist will confirm, what happens in the field under operational conditions represents a distinct compromise between the theoretical and the practically achievable.

Намерение состоит в том, чтобы представить и объяснить необходимые аспекты и элементы различных метаболических путей, реакций и способностей, необходимых для улучшения понимания читателем этой конкретной отрасли биотехнологии. Большая часть причин для такого подхода к предмету заключается в том, что на самом деле не существует такой вещи, как «типичный» экологический биотехнолог.

Практики приходят в профессию из самых разных дисциплин и разными путями. Таким образом, в их рядах есть агрономы, биохимики, биологи, ботаники, энзимологи, генетики, микробиологи, молекулярные биологи, инженеры-технологи и технологи по белкам, каждый из которых имеет свои особые навыки, базу знаний и опыт. Прикладной характер экологической биотехнологии очевиден. Хотя наука, лежащая в основе самих процессов, может быть такой же чистой, как и любая другая, то, что отличает эту отрасль биологической технологии, - это явно реальные цели, для которых она ставится.

Следовательно, часть предполагаемой функции этой книги состоит в том, чтобы попытаться разъяснить первое, чтобы установить основу второго. В то же время, как подтвердит любой ученый-прикладник, то, что происходит в полевых условиях в эксплуатационных условиях, представляет собой явный компромисс между теоретическим и практически достижимым.

At times, anything more than an approximation to the expected results may be counted as something of a triumph of environmental engineering.

Closing Remarks

The celebrated astronomer and biologist, Sir Fred Hoyle, said that the solutions to major unresolved problems should be sought by the exploration of radical hypotheses, while simultaneously adhering to well-tried and tested scientific tools and methods. This approach is particularly valid for environmental biotechnology.

With new developments in treatment technologies appearing all the time, the list of what can be processed or remediated by biological means is ever changing. By the same token, the applications for which biotechnological solutions are sought are also subject to alteration. For the biotech sector to keep abreast of these new demands it may be necessary to examine some truly 'radical hypotheses' and possibly make use of organisms or their derivatives in ways previously unimagined. This is the basis of innovation; the inventiveness of an industry is often a good measure of its adaptability and commercial robustness.

Иногда что-либо большее, чем приближение к ожидаемым результатам, можно считать чем-то вроде триумфа экологической инженерии.

Заключительные замечания

Знаменитый астроном и биолог сэр Фред Хойл сказал, что решения основных нерешенных проблем следует искать путем исследования радикальных гипотез, одновременно придерживаясь проверенных научных инструментов и методов. Этот подход особенно актуален для экологической биотехнологии.

Постоянно появляются новые разработки в технологиях лечения, и список того, что можно обработать или исправить биологическими средствами, постоянно меняется. Точно так же могут быть изменены приложения, в которых ищутся биотехнологические решения. Чтобы биотехнологический сектор был в курсе этих новых требований, может потребоваться изучить некоторые действительно «радикальные гипотезы» и, возможно, использовать организмы или их дериваты способами, о которых раньше невозможно было даже представить. Это основа новаторства; Изобретательность отрасли часто является хорошим показателем ее адаптируемости и коммерческой устойчивости.

Chapter: 2

Microbes and Metabolism

So fundamental are the concepts of cell growth and metabolic capability to the whole of environmental biotechnology and especially to remediation, that this chapter is dedicated to their exploration.

Metabolic pathways (Michal 1992) are interlinked to produce what can develop into an extraordinarily complicated network, involving several levels of control. However, they are fundamentally about the interaction of natural cycles and represent the biological element of the natural geobiological cycles. These impinge on all aspects of the environment, both living and nonliving.

Using the carbon cycle as an example, carbon dioxide in the atmosphere is returned by dissolution in rainwater, and also by the process of photosynthesis to produce sugars, which are eventually metabolised to liberate the carbon once more. In addition to constant recycling through metabolic pathways, carbon is also sequestered in living and nonliving components such as in trees in the relatively short term, and deep ocean systems or ancient deposits, such as carbonaceous rocks, in the long term.

Глава 2

Микробы и метаболизм

Концепции роста клеток и метаболических возможностей для всей экологической биотехнологии и особенно для восстановления настолько фундаментальны, что эта глава посвящена их изучению.

Метаболические пути (Michal 1992) взаимосвязаны и образуют то, что может развиваться в чрезвычайно сложную сеть, включающую несколько уровней контроля. Тем не менее, они основаны на взаимодействии природных циклов и представляют собой биологический элемент естественных геобиологических циклов. Они затрагивают все аспекты окружающей среды, как живые, так и неживые.

Если взять в качестве примера углеродный цикл, то углекислый газ в атмосфере возвращается в результате растворения в дождевой воде, а также в процессе фотосинтеза с образованием сахаров, которые в конечном итоге метаболизируются, чтобы снова высвободить углерод. Помимо постоянной рециркуляции через метаболические пути, углерод также поглощается живыми и неживыми компонентами, такими как деревья в относительно краткосрочной перспективе и глубокие океанические системы или древние отложения, такие как углеродистые породы, в долгосрочной перспективе.

Cycles which involve similar principles of incorporation into biological molecules and subsequent re-release into the environment operate for nitrogen, phosphorus and sulphur. All of these overlap in some way, to produce the metabolic pathways responsible for the synthesis and degradation of biomolecules. Superimposed, is an energy cycle, ultimately driven by the sun, and involving constant consumption and release of metabolic energy.

The Immobilisation, Degradation or Monitoring of Pollutants from a Biological Origin

Removal of a material from an environment takes one of two routes: it is either degraded or immobilised by a process which renders it biologically unavailable for degradation and so is effectively removed. Immobilisation can be achieved by chemicals excreted by an organism or by chemicals in the neighbouring environment which trap or chelate a molecule thus making it insoluble. Since virtually all biological processes require the substrate to be dissolved in water, chelation renders the substance unavailable. In some instances this is a desirable end result and may be viewed as a form of remediation, since it stabilises the contaminant. In other cases it is a nuisance, as digestion would be the preferable option.

Циклы, которые включают аналогичные принципы включения в биологические молекулы и последующего повторного высвобождения в окружающую среду, работают для азота, фосфора и серы. Все они каким-то образом перекрываются, чтобы продуцировать метаболические пути, ответственные за синтез и разложение биомолекул. Накладывается энергетический цикл, в конечном итоге под воздействием солнца и предполагает постоянное потребление и высвобождение метаболической энергии.

Иммобилизация, разложение или мониторинг загрязнителей биологического происхождения

Удаление материала из окружающей среды происходит по одному из двух путей: он либо разлагается, либо иммобилизуется в результате процесса, который делает его биологически недоступным для разложения и поэтому эффективно удаляется. Иммобилизация может быть достигнута химическими веществами, выделяемыми организмом, или химическими веществами в соседней среде, которые захватывают или хелатируют молекулу, делая ее нерастворимой. Поскольку практически все биологические процессы требуют растворения субстрата в воде, хелатирование делает вещество недоступным. В некоторых случаях это желаемый конечный результат, который можно рассматривать как форму восстановления, поскольку он стабилизирует загрязнение. В других случаях это неприятно, так как пищеварение было бы предпочтительным вариантом.

Such 'unwanted' immobilisation can be a major problem in remediation, and is a common state of affairs with aged contamination. Much research effort is being applied to find methods to reverse the process.

Degradation is achieved by metabolic pathways operating within an organism or combination of organisms, sometimes described as consortia. These processes are the crux of environmental biotechnology and thus form the major part of this chapter. Such activity operates through metabolic pathways functioning within the cell, or by enzymes either excreted by the cell or, isolated and applied in a purified form. Biological monitoring utilises proteins, of which enzymes are a subset, produced by cells, usually to identify, or quantify contaminants. This has recently developed into an expanding field of biosensor production.

The players

Traditionally, life was placed into two categories – those having a true *nucleus* (eukaryotes) and those that do not (prokaryotes). This view was dramatically disturbed in 1977 when Carl Woese proposed a third domain, the archaeobacteria, now described as archaea, arguing that although apparently prokaryote at first glance they contain sufficient similarities with eukaryotes, in addition to unique features of their own, to

Такая «нежелательная» иммобилизация может стать серьезной проблемой при реабилитации и является обычным явлением для старых загрязнений. В настоящее время прилагаются большие исследовательские усилия, чтобы найти способы обратить этот процесс вспять.

Разложение достигается метаболическими путями, действующими внутри организма или комбинации организмов, иногда называемых консорциумами. Эти процессы составляют основу экологической биотехнологии и составляют большую часть этой главы. Такая активность осуществляется через метаболические пути, функционирующие внутри клеткой или ферментами, которые либо выделяются клеткой, либо выделяются и применяются в очищенной форме. Биологический мониторинг использует белки, часть которых составляют ферменты, производимые клетками, обычно для идентификации или количественного определения загрязнителей. Недавно это расширилось в области производства биосенсоров.

Игроки

Традиционно жизнь подразделялась на две категории: имеющие истинное ядро (эукариоты) и те, у которых его нет (прокариоты). Эта точка зрения была резко нарушена в 1977 году, когда Карл Вёзе предложил третий домен, археобактерии, ныне описываемые как археи, утверждая, что, хотя на первый взгляд кажутся прокариотами, они обладают достаточным сходством с эукариотами, помимо собственных уникальных особенностей, чтобы

merit their own classification (Woese and Fox 1977, Woese, Kandler and Wheelis 1990). The arguments raised by this proposal continue (Cavalier-Smith 2002) but throughout this book the classification adopted is that of Woese, namely, that there are three divisions: bacteria, archaea (which together comprise prokaryotes) and eukaryotes. By this definition, then, what are referred to throughout this work simply as 'bacteria' are synonymous with the term eubacteria (meaning 'true' bacteria).

It is primarily to the archaea, which typically inhabit extreme niches with respect to temperature, pressure, salt concentration or osmotic pressure, that a great debt of gratitude is owed for providing this planet with the metabolic capability to carry out processes under some very odd conditions indeed. An appreciation of the existence of these classifications is important, as they differ from each other in the detail of their cell organization and cellular processes making it unlikely that their genes are directly interchangeable. However, it is interesting to examine the potentially prokaryotic origins of the eukaryotic cell. There are many theories but the one which appears to have the most adherents is the endosymbiotic theory. It suggests that the 'proto' eukaryotic cell lost its cell wall, leaving only a membrane, and phagocytosed or subsumed various other bacteria with

заслуживают своей собственной классификации (Woese and Fox 1977, Woese, Kandler and Wheelis 1990). Аргументы, выдвинутые этим предложением, продолжаются (Cavalier-Smith 2002), но в этой книге принята классификация Везе, а именно, что существует три подразделения: бактерии, археи (которые вместе составляют прокариоты) и эукариоты. Таким образом, согласно этому определению, то, что в данной работе упоминается просто как «бактерии», является синонимом термина эубактерии (что означает «настоящие» бактерии).

В первую очередь археями, которые обычно обитают в экстремальных нишах с точки зрения температуры, давления, концентрации соли или осмотического давления, являются огромным долгом благодарности за то, что они предоставили этой планете метаболическую способность выполнять процессы в очень странных условиях. Действительно, понимание существования этих классификаций важно, поскольку они отличаются друг от друга деталями своей клеточной организации и клеточных процессов, что делает маловероятным прямую взаимозаменяемость их генов. Тем не менее, интересно изучить потенциально прокариотическое происхождение эукариотической клетки. Существует много теорий, но больше всего приверженцев имеет эндосимбиотическая теория. Это предполагает, что «прото» эукариотическая клетка потеряла свою клеточную стенку, оставив только мембрану, и фагоцитировала или поглотила различные другие бактерии, с

which it developed a symbiotic relationship. These included an aerobic bacterium, which became a mitochondrion, endowing the cell with the ability to carry out oxidative phosphorylation, a method of producing chemical energy able to be transferred to the location in the cell where it is required. Similarly, the chloroplast, the site of photosynthesis in higher plants, is thought to have been derived from cyanobacteria, the so-called blue-green algae. Chloroplasts are a type of plastid. These are membrane-bound structures found in vascular plants. Far from being isolated cellular organelles, the plastids communicate with each other through interconnecting tubules (Kohler " *et al.* 1997).

Various other cellular appendages are also thought to have prokaryotic origins such as cilia or the flagellum on a motile eukaryotic cell which may have formed from the fusion of a spirochete bacterium to this 'proto' eukaryote. Nuclei may well have similar origins but the evidence is still awaited. No form of life should be overlooked as having a potential part to play in environmental biotechnology. However, the organisms most commonly discussed in this context are microbes and certain plants. They are implicated either because they are present by virtue of being in their natural environment or by deliberate introduction.

которыми она установила симбиотические отношения. К ним относятся аэробная бактерия, которая превратилась в митохондрию, наделяя клетку способностью проводить окислительное фосфорилирование, метод производства химической энергии, которая может быть передана в то место в клетке, где это необходимо. Точно так же считается, что хлоропласт, место фотосинтеза у высших растений, произошел от цианобактерий, так называемых сине-зеленых водорослей. Хлоропласты являются разновидностью пластид. Это мембранные структуры, обнаруженные в сосудистых растениях. Далекие от изолированных клеточных органелл, пластиды сообщаются друг с другом посредством соединяющихся канальцев (Kohler " *et al.* 1997).

Считается, что различные другие клеточные придатки также имеют прокариотическое происхождение, такое как реснички или жгутик подвижной эукариотической клетки, которые могли образоваться в результате слияния бактерии-спирохеты с этим «прото» эукариотом. Ядра вполне могут иметь похожее происхождение, но доказательства все еще ожидаются. Ни одна форма жизни не может быть упущена из виду как имеющая потенциальную роль в экологической биотехнологии. Однако в этом контексте чаще всего обсуждаются микробы и некоторые растения. Они вовлечены либо потому, что они присутствуют в силу своего естественного окружения, либо в результате преднамеренного внедрения.

Microbes

Microbes are referred to as such, simply because they cannot be seen by the naked eye. Many are bacteria or archaea, all of which are prokaryotes, but the term 'microbe' also encompasses some eukaryotes, including yeasts, which are unicellular fungi, as well as protozoa and unicellular plants. In addition, there are some microscopic multicellular organisms, such as rotifers, which have an essential role to play in the microsystem ecology of places such as sewage treatment plants.

An individual cell of a eukaryotic multicellular organism like a higher plant or animal, is approximately 20 microns in diameter, while a yeast cell, also eukaryotic but unicellular, is about five microns in diameter. Although bacterial cells occur in a variety of shapes and sizes, depending on the species, typically a bacterial cell is rod shaped, measuring approximately one micron in width and two microns in length. At its simplest visualisation, a cell, be it a unicellular organism, or one cell in a multicellular organism, is a bag, bounded by a membrane, containing an aqueous solution in which are all the molecules and structures required to enable its continued survival. In fact, this 'bag' represents a complicated infrastructure differing distinctly between prokaryotes and eukaryotes (Cavalier-Smith 2002),

Микробы

Микробы называются таковыми просто потому, что их нельзя увидеть невооруженным глазом. Многие из них представляют собой бактерии или археи, все из которых являются прокариотами, но термин «микроб» также охватывает некоторых эукариот, включая дрожжи, которые являются одноклеточными грибами, а также простейшие и одноклеточные растения. Кроме того, существуют некоторые микроскопические многоклеточные организмы, такие как коловратки, которые играют важную роль в микросистемной экологии таких мест, как очистные сооружения.

Отдельная клетка эукариотического многоклеточного организма, такого как высшее растение или животное, имеет диаметр около 20 микрон, в то время как дрожжевая клетка, также эукариотическая, но одноклеточная, имеет диаметр около пяти микрон. Хотя бактериальные клетки бывают разных форм и размеров, в зависимости от вида, обычно бактериальная клетка имеет форму стержня, размером приблизительно один микрон в ширину и два микрона в длину. При простейшей визуализации клетка, будь то одноклеточный организм или одна клетка в многоклеточном организме, представляет собой мешок, ограниченный мембраной, содержащий водный раствор, в котором находятся все молекулы и структуры, необходимые для ее дальнейшего выживания. Фактически, этот «мешок» представляет собой сложную инфраструктуру, которая четко различается между прокариотами и эукариоты (Cavalier-Smith 2002),

Depending on the microbe, a variety of other structures may be present, for instance, a cell wall providing additional protection or support, or a flagellum, a flexible tail, giving mobility through the surrounding environment. Survival requires cell growth, replication of the DNA and then division, usually sharing the contents into two equal daughter cells. Under ideal conditions of environment and food supply, division of some bacteria may occur every 20 minutes, however, most take rather longer. However, the result of many rounds of the binary division just described, is a colony of identical cells. This may be several millimetres across and can be seen clearly as a contamination on a solid surface, or if in a liquid, it will give the solution a cloudy appearance.

Other forms of replication include budding off, as in some forms of yeast, or the formation of spores as in other forms of yeast and some bacteria. This is a type of DNA storage particularly resistant to environmental excesses of heat and pH, for example. When the environment becomes more hospitable, the spore can develop into a bacterium or yeast, according to its origins, and the life cycle continues.

Micro-organisms may live as free individuals or as communities, either as a clone of one organism, or as a mixed group. Biofilms are examples of microbial communities, the components of which

В зависимости от микроба может присутствовать множество других структур, например, клеточная стенка, обеспечивающая дополнительную защиту или поддержку, или жгутик, гибкий хвост, придающий подвижность в окружающей среде. Для выживания требуется рост клеток, репликация ДНК, а затем деление, обычно разделяющее содержимое на две равные дочерние клетки. В идеальных условиях окружающей среды и пищевых продуктов деление некоторых бактерий может происходить каждые 20 минут, однако для большинства требуется больше времени. Однако результатом многих циклов только что описанного бинарного деления является колония идентичных клеток. Это может быть несколько миллиметров в поперечнике, и его можно отчетливо увидеть как загрязнение на твердой поверхности, или, если оно находится в жидкости, оно придаст раствору мутный вид.

Другие формы репликации включают отпочкование, как у некоторых форм дрожжей, или образование спор, как у других форм дрожжей и некоторых бактерий. Это тип хранилища ДНК, особенно устойчивый, например, к чрезмерному воздействию тепла и pH окружающей среды. Когда окружающая среда становится более благоприятной, спора может развиваться в бактерию или дрожжи в зависимости от своего происхождения, и жизненный цикл продолжается.

Микроорганизмы могут жить как свободные индивидуумы или как сообщества, либо как клон одного организма, либо как смешанная группа. Биопленки являются примерами микробных сообществ, компоненты которых

may number several hundred species. This is a fairly loose term used to describe any aggregation of microbes which coats a surface, consequently, biofilms are ubiquitous. They are of particular interest in environmental biotechnology since they represent the structure of microbial activity in many relevant technologies such as trickling filters. Models for their organisation have been proposed (Kreft *et al.* 2001).

Their structure, and interaction between their members, is of sufficient interest to warrant at least one major symposium (Allison *et al.* 2000). Commonly, biofilms occur at a solid/liquid interphase. Here, a mixed population of microbes live in close proximity which may be mutually beneficial. Such consortia can increase the habitat range, the overall tolerance to stress and metabolic diversity of individual members of the group. It is often thanks to such communities, rather than isolated bacterial species, that recalcitrant pollutants are eventually degraded due to combined contributions of several of its member.

Another consequence of this close proximity is the increased likelihood of bacterial transformation. This is a procedure whereby a bacterium may absorb free deoxyribonucleic acid (DNA), the macromolecule which stores genetic material, from its surroundings released by other organisms, as a result of cell death,

может насчитывать несколько сотен видов. Это довольно свободный термин, используемый для описания любого скопления микробов, покрывающего поверхность, следовательно, биопленки встречаются повсеместно. Они представляют особый интерес в экологической биотехнологии, поскольку они представляют структуру микробной активности во многих соответствующих технологиях, таких как капельные фильтры. Были предложены модели их организации (Kreft *et al.* 2001).

Их структура и взаимодействие между их членами представляют достаточный интерес для проведения по крайней мере одного крупного симпозиума (Allison *et al.* 2000). Обычно биопленки образуются на границе раздела твердое / жидкое. Здесь смешанная популяция микробов живет в непосредственной близости, что может быть взаимовыгодным. Такие консорциумы могут увеличить диапазон обитания, общую устойчивость к стрессу и метаболическое разнообразие отдельных членов группы. Часто именно благодаря таким сообществам, а не изолированным видам бактерий, стойкие загрязнители в конечном итоге разлагаются из-за совокупного вклада нескольких его членов.

Еще одно следствие такой близости - повышенная вероятность бактериальной трансформации. Это процедура, при которой бактерия может поглощать свободную дезоксирибонуклеиновую кислоту (ДНК), макромолекулу, которая хранит генетический материал, из окружающей среды, высвобождаемой другими организмами в результате гибели клетки.

for example. The process is dependent on the ability, or competence, of a cell to take up DNA, and upon the concentration of DNA in the surrounding environment. This is commonly referred to as horizontal transfer as opposed to vertical transfer which refers to inherited genetic material, either by sexual or asexual reproduction. Some bacteria are naturally competent, others exude competence factors and recently, there is laboratory evidence that lightning can impart competence to some bacteria (Demaneche *et al.* 2001). It is conceivable that conditions allowing transformation prevail in biofilms considering the very high local concentration of microbes. Indeed there is evidence that such horizontal transfer of DNA occurs between organisms in these communities (Ehlers 2000).

In addition to transformation, genes are readily transferred on plasmids as described later in this chapter. It is now well established that, by one method or another, there is so much exchange of genetic material between bacteria in soil or in aquatic environments, that rather than discrete units, they represent a massive gene pool (Whittam 1992).

The sliminess often associated with biofilms is usually attributed to excreted molecules often protein and carbohydrate in nature, which may coat and protect the

например. Процесс зависит от способности или способности клетки поглощать ДНК и от концентрации ДНК в окружающей среде. Это обычно называют горизонтальным переносом, в отличие от вертикального переноса, который относится к унаследованному генетическому материалу путем полового или бесполого размножения. Некоторые бактерии обладают естественной компетентностью, другие источают факторы компетентности, и недавно появились лабораторные доказательства того, что молния может придавать компетентность некоторым бактериям (Demaneche *et al.* 2001). Можно предположить, что в биопленках преобладают условия, допускающие трансформацию, учитывая очень высокую локальную концентрацию микробов. Действительно, есть свидетельства того, что такая горизонтальная передача ДНК происходит между организмами в этих сообществах (Ehlers 2000).

Помимо трансформации, гены легко переносятся на плазмиды, как описано далее в этой главе. В настоящее время точно установлено, что тем или иным способом происходит такой интенсивный обмен генетическим материалом между бактериями в почве или в водной среде. среды, которые, а не отдельные единицы, они представляют собой огромный генофонд (Whittam 1992).

Слизистость, часто связанная с биопленками, обычно приписывается выделяемым молекулам, часто белковым и углеводным по своей природе, которые могут покрывать и защищать

film. Once established, the biofilm may proliferate at a rate to cause areas of anoxia at the furthest point from the source of oxygen, thus encouraging the growth of anaerobes. Consequently, the composition of the biofilm community is likely to change with time. To complete the picture of microbial communities, it must be appreciated that they can include the other micro-organisms listed above, namely, yeasts, protozoa, unicellular plants and some microscopic multicellular organisms such as rotifers.

Plants

In contrast with microbes, the role of plants in environmental biotechnology is generally a structural one, exerting their effect by oxygenation of a microbe-rich environment, filtration, solid to gas conversion or extraction of the contaminant. These examples are examined in detail in Chapters 7 and 10. Genetic modification of crop plants to produce improved or novel varieties is discussed in Chapter 9. This field of research is vast and so the discussion is confined to relevant issues in environmental biotechnology rather than biotechnology in general.

фильм. После образования биопленка может разрастаться со скоростью, вызывающей аноксию в областях, наиболее удаленных от источника кислорода, тем самым способствуя росту анаэробов. Следовательно, состав сообщества биопленок со временем может измениться. Для полноты картины микробных сообществ следует понимать, что они могут включать другие перечисленные выше микроорганизмы, а именно дрожжи, простейшие, одноклеточные растения и некоторые микроскопические многоклеточные организмы, такие как коловратки.

Растения

В отличие от микробов, роль растений в экологической биотехнологии, как правило, носит структурный характер, поскольку они проявляют свое влияние путем насыщения кислородом богатой микробами среды, фильтрации, преобразования твердого вещества в газ или экстракции загрязнителя. Эти примеры подробно рассматриваются в главах 7 и 10. Генетическая модификация сельскохозяйственных культур для получения улучшенных или новых сортов обсуждается в главе 9. Эта область исследований обширна, и поэтому обсуждение ограничивается соответствующими вопросами экологической биотехнологии, а не биотехнологии. в общем.

Metabolism

The energy required to carry out all cellular processes is obtained from ingested food in the case of chemotrophic cells, additionally from light in the case of phototrophs and from inorganic chemicals in lithotrophic organisms. Since all biological macromolecules contain the element carbon, a dietary source of carbon is a requirement.

Ingested food is therefore, at the very least, a source of energy and carbon, the chemical form of which is rearranged by passage through various routes called metabolic pathways. One purpose of this reshuffling is to produce, after addition or removal of other elements such as hydrogen, oxygen, nitrogen, phosphorous and sulphur, all the chemicals necessary for growth. The other is to produce chemical energy in the form of adenosine triphosphate (ATP), also one of the 'building blocks' of nucleic acids. Where an organism is unable to synthesise all its dietary requirements, it must ingest them, as they are, by definition, essential nutrients. The profile of these can be diagnostic for that organism and may be used in its identification in the laboratory. An understanding of nutritional requirements of any given microbe, can prove essential for successful remediation by bioenhancement.

Метаболизм

Энергия, необходимая для выполнения всех клеточных процессов, получается из съеденной пищи в случае хемотрофных клеток, дополнительно из света в случае фототрофов и из неорганических химикатов у литотрофных организмов. Поскольку все биологические макромолекулы содержат элемент углерод, диетический источник углерода является обязательным.

Таким образом, проглоченная пища является, по крайней мере, источником энергии и углерода, химическая форма которого изменяется при прохождении через различные пути, называемые метаболическими путями. Одна из целей этой перетасовки - произвести после добавления или удаления других элементов, таких как водород, кислород, азот, фосфор и сера, всех химикатов, необходимых для роста. Другой - производство химической энергии в форме аденозинтрифосфата (АТФ), который также является одним из «строительных блоков» нуклеиновых кислот. Если организм не может синтезировать все свои диетические потребности, он должен принимать их, поскольку они по определению являются основными питательными веществами. Их профиль может быть диагностическим для этого организма и может использоваться для его идентификации в лаборатории. Понимание потребностей в питании любого конкретного микроба может оказаться важным для успешного восстановления с помощью биоусиления.

At the core of metabolism are the central metabolic pathways of glycolysis and the tricarboxylic acid (TCA) cycle on which a vast array of metabolic pathways eventually converge or from which they diverge. Glycolysis is the conversion of the six-carbon phosphorylated sugar, glucose 6-phosphate, to the three-carbon organic acid, pyruvic acid, and can be viewed as pivotal in central metabolism since from this point, pyruvate may enter various pathways determined by the energy and synthetic needs of the cell at that time. A related pathway, sharing some but not all of the reactions of glycolysis, and which operates in the opposite direction is called gluconeogenesis. Pyruvate can continue into the TCA cycle whose main function is to produce and receive metabolic intermediates and to produce energy, or into one of the many fermentation routes.

The principles of glycolysis are universal to all organisms known to date, although the detail differs between species. An outline of glycolysis, the TCA, and its close relative the glyoxalate, cycles is given in Figure 2.1, together with an indication of the key points at which the products of macromolecule catabolism, or breakdown, enter these central metabolic pathways. The focus is on degradation rather than metabolism in general, since this is the crux of bioremediation. A description of the biological

В основе метаболизма лежат центральные метаболические пути гликолиза и цикл трикарбоновых кислот (ТСА), на которых в конечном итоге сходятся или расходятся широкий спектр метаболических путей. Гликолиз - это превращение шестиуглеродного фосфорилированного сахара, глюкозо-6-фосфата, в трехуглеродный. органическая кислота, пировиноградная кислота и могут рассматриваться как стержневые в центральном метаболизме, поскольку с этого момента пируват может проникать в различные пути, определяемые энергетическими и синтетическими потребностями клетки в это время. Связанный путь, разделяющий некоторые, но не все реакции гликолиза и действующий в противоположном направлении, называется глюконеогенезом. Пируват может продолжаться в цикле ТСА, основная функция которого заключается в производстве и получении промежуточных продуктов метаболизма и в производстве энергии, или в одном из многих путей ферментации.

Принципы гликолиза универсальны для всех известных на сегодняшний день организмов, хотя детали у разных видов различаются. Схема циклов гликолиза, ТСА и его близкого родственника, глиоксалата, представлена на рисунке 2.1, вместе с указанием ключевых точек, в которых продукты катаболизма или распада макромолекул попадают в эти центральные метаболические пути. Основное внимание уделяется деградации, а не метаболизму в целом, поскольку это суть биоремедиации

macromolecules which are lipids, carbohydrates, nucleic acids and proteins are given in the appropriate figures.

Not all possible metabolic routes are present in the genome of any one organism. Those present are the result of evolution, principally of the enzymes which catalyse the various steps, and the elements which control their expression. However, an organism may have the DNA sequences, and so have the genetic capability for a metabolic route even though it is not 'switched on'. This is the basis for the description of 'latent pathways' which suggests the availability of a route able to be activated when the need arises, such as challenge from a novel chemical in the environment. Additionally, there is enormous potential for uptake and exchange of genetic information as discussed earlier in this chapter. It is the enormous range of metabolic capability which is harnessed in environmental biotechnology.

The basis of this discipline is about ensuring that suitable organisms are present which have the capability to perform the task required of them. This demands the provision of optimal conditions for growth, thus maximising degradation or removal of the contaminant. Linked to many of the catalytic steps in the metabolic pathway are reactions which release sufficient energy to allow the synthesis of ATP.

макромолекулы, представляющие собой липиды, углеводы, нуклеиновые кислоты и белки, приведены на соответствующих фигурах. Не все возможные метаболические пути присутствуют в геноме какого-либо одного организма. Те, что присутствуют, являются результатом эволюции, главным образом ферментов, которые катализируют различные стадии, и элементов, контролирующих их экспрессию. Однако организм может иметь последовательности ДНК, а значит, и генетическую возможность метаболического пути, даже если он не «включен». Это основа для описания «скрытых путей», которое предполагает наличие пути, который может быть активирован при возникновении необходимости, например, при воздействии нового химического вещества в окружающей среде. Кроме того, существует огромный потенциал для получения и обмена генетической информацией, как обсуждалось ранее в этой главе. Это огромный диапазон метаболических возможностей, который используется в экологической биотехнологии.

В основе этой дисциплины лежит обеспечение наличия подходящих организмов, способных выполнять требуемую от них задачу. Это требует обеспечения оптимальных условий для роста, что способствует максимальному разложению или удалению загрязнителя. Со многими каталитическими стадиями метаболического пути связаны реакции, которые высвобождают достаточно энергии, чтобы обеспечить синтез АТФ.

This is the energy 'currency' of a cell which permits the transfer of energy produced during degradation of a food to a process which may be occurring in a distant location and which requires energy. For brevity, the discussions in this chapter consider the metabolic processes of prokaryotes and unicellular eukaryotes as equivalent to a single cell of a multicellular organism such as an animal or plant. This is a hideous oversimplification but justified when the points being made are general to all forms of life. Major differences are noted.

The genetic blueprint for metabolic capability

Metabolic capability is the ability of an organism or cell to digest available food. Obviously, the first requirement is that the food should be able to enter the cell which sometimes requires specific carrier proteins to allow penetration across the cell membrane. Once entered, the enzymes must be present to catalyse all the reactions in the pathway responsible for degradation, or catabolism. The information for this metabolic capability, is encoded in the DNA. The full genetic information is described as the genome and can be a single circular piece of DNA as in bacteria, or may be linear and fragmented into chromosomes as in higher animals and plants. Additionally, many bacteria carry plasmids, which are much smaller pieces of DNA, also circular and self-replicating.

Это энергетическая «валюта» клетки, которая позволяет передавать энергию, производимую во время разложения пищи, процессу, который может происходить в отдаленном месте и требует энергии. Для краткости обсуждения в этой главе рассматривают метаболические процессы прокариот и одноклеточных эукариот как эквивалент одной клетки многоклеточного организма, такого как животное или растение. Это отвратительное упрощение, но оно оправдано, когда высказываемые мысли являются общими для всех форм жизни. Отмечены основные отличия.

Генетический план метаболических возможностей

Метаболическая способность - это способность организма или клетки переваривать доступную пищу. Очевидно, первое требование состоит в том, чтобы пища могла проникать в клетку, для чего иногда требуются специфические белки-носители для проникновения через клеточную мембрану. После введения ферменты должны присутствовать, чтобы катализировать все реакции пути, ответственные за деградацию или катаболизм. Информация об этой метаболической способности закодирована в ДНК. Полная генетическая информация описывается как геном и может быть одним кольцевым фрагментом ДНК, как у бактерий, или может быть линейной и фрагментированной на хромосомы, как у высших животных и растений. Кроме того, многие бактерии несут плазмиды, которые представляют собой гораздо более мелкие фрагменты ДНК, также кольцевые и самовоспроизводящиеся.

These are vitally important in the context of environmental biotechnology in that they frequently carry the genes for degradative pathways. Many of these plasmids may move between different bacteria where they replicate, thus making the metabolic capability they carry, transferable. Bacteria show great promiscuity with respect to sharing their DNA. Often, bacteria living in a contaminated environment, themselves develop additional degradative capabilities. The source of that genetic information new to the organism, whether it is from modification of DNA within the organism or transfer from other microbes, or DNA free in the environment, is a source of hot debate between microbiologists.

DNA not only codes for RNA which is translated into proteins but also for RNAs which are involved in protein synthesis, namely transfer RNA (tRNA) and ribosomal RNA (rRNA), also, small RNAs which are involved in the processing of rRNA. These are illustrated in Figure 2.6. There have been many systems used to describe the degree of relatedness between organisms, but the most generally accepted is based on the sequence of the DNA coding for ribosomal RNA, the rDNA (Stackebrandt and Woese 1981). For completeness, it is important to mention the retroviruses which are a group of eukaryotic viruses with RNA rather than DNA as their genome. They carry the

Они жизненно важны в контексте экологической биотехнологии, поскольку часто несут гены путей деградации. Многие из этих плазмид могут перемещаться между различными бактериями, где они реплицируются, таким образом, делая переносимую метаболическую способность, которую они несут. Бактерии демонстрируют большую неразборчивость в отношении обмена своей ДНК. Часто бактерии, живущие в загрязненной среде, сами развивают дополнительные способности к деградации. Источник этой новой для организма генетической информации, будь то модификация ДНК внутри организма или передача от других микробов, или ДНК, свободная в окружающей среде, является источником горячих споров между микробиологами.

ДНК кодирует не только РНК, которая транслируется в белки, но также и РНК, которые участвуют в синтезе белков, а именно РНК переноса (тРНК) и рибосомную РНК (рРНК), а также малые РНК, которые участвуют в процессинге рРНК. Это показано на рисунке 2.6. Было много систем, используемых для описания степени родства между организмами, но наиболее распространенные из них основаны на последовательности ДНК, кодирующей рибосомную РНК, рДНК (Stackebrandt and Woese 1981). Для полноты картины важно упомянуть ретровирусы, которые представляют собой группу эукариотических вирусов с РНК, а не ДНК в качестве генома. Они несут

potential for integration into inheritable DNA due to the way in which they replicate their genomic RNA by way of a DNA intermediate.

Microbial diversity

Microbes have been discovered in extraordinarily hostile environments where their continued survival has made demands on their structure and metabolic capability. These organisms, frequently members of the archaea, are those which have the capacity to degrade some of the most hazardous and recalcitrant chemicals in our environment and thus provide a rich source of metabolic capacity to deal with some very unpleasant contaminants. This situation will remain as long as the environments which harbour these invaluable microbes are recognised as such and are not destroyed. Microbial life on this planet, taken as a whole, has an immense capability to degrade noxious contaminants; it is essential to maintain the diversity and to maximize the opportunity for microbes to metabolize the offending carbon source.

Metabolic Pathways of Particular Relevance to Environmental Biotechnology

Having established that the overall strategy of environmental biotechnology is to make use of the metabolic pathways in micro-organisms to break down or metabolise organic material, this chapter now examines those pathways in some detail.

потенциал для интеграции в наследуемую ДНК из-за способа, которым они реплицируют свою геномную РНК посредством промежуточного ДНК.

Микробное разнообразие

Микробы были обнаружены в чрезвычайно враждебной среде, где их дальнейшее выживание требовало их структуры и метаболических возможностей. Эти организмы, часто являющиеся членами архей, обладают способностью разлагать некоторые из наиболее опасных и стойких химикатов в нашей окружающей среде и, таким образом, являются богатым источником метаболической способности справляться с некоторыми очень неприятными загрязнителями. Такая ситуация будет сохраняться до тех пор, пока окружающая среда, в которой обитают эти бесценные микробы, будет признана таковой и не будет уничтожена. Микробная жизнь на этой планете, взятой в целом, обладает огромной способностью разлагать вредные загрязнители; Важно поддерживать разнообразие и максимально увеличить возможности микробов усваивать вредный источник углерода.

Метаболические пути, имеющие особое значение для экологической биотехнологии

Установив, что общая стратегия экологической биотехнологии заключается в использовании метаболических путей в микроорганизмах для расщепления или метаболизма органического материала, в этой главе теперь эти пути рассматриваются более подробно.

Metabolic pathways operating in the overall direction of synthesis are termed anabolic while those operating in the direction of breakdown or degradation are described as catabolic: the terms catabolism and anabolism being applied to describe the degradative or synthetic processes respectively. It has been mentioned already in this chapter and it will become clear from the forthcoming discussion, that the eventual fate of the carbon skeletons of biological macromolecules is entry into the central metabolic pathways.

Glycolysis

As the name implies, glycolysis is a process describing the splitting of a phosphate derivative of glucose, a sugar containing six carbon atoms, eventually to produce two pyruvate molecules, each having three carbon atoms. There are at least four pathways involved in the catabolism of glucose. These are the Embden–Meyerhof, which is the one most typically associated with glycolysis, the Entner–Doudoroff and the phosphoketolase pathways and the pentose phosphate cycle, which allows rearrangement into sugars containing 3, 4, 5, 6 or 7 carbon atoms. The pathways differ from each other in some of the reactions in the first half up to the point of lysis to two three-carbon molecules, after which point the remainder of the pathways are identical. These routes are characterized by the particular enzymes

Метаболические пути, действующие в общем направлении синтеза, называются анаболическими, тогда как пути, действующие в направлении распада или деградации, описываются как катаболические: термины катаболизм и анаболизм применяются для описания процессов деградации или синтеза соответственно. Об этом уже упоминалось в этой главе, и это станет ясно из Предстоящая дискуссия о том, что окончательная судьба углеродных скелетов биологических макромолекул - это вступление в центральные метаболические пути.

Гликолиз

Как следует из названия, гликолиз - это процесс, описывающий расщепление фосфатного производного глюкозы, сахара, содержащего шесть атомов углерода, в конечном итоге с образованием двух молекул пирувата, каждая из которых имеет три атома углерода. В катаболизме глюкозы участвуют по крайней мере четыре пути. Это путь Эмбдена-Мейерхофа, который наиболее часто связан с гликолизом, пути Энтнера-Дудорова и фосфокетотазный путь, а также пентозофосфатный цикл, который позволяет перегруппировываться в сахара, содержащие 3, 4, 5, 6 или 7 атомов углерода. Пути отличаются друг от друга в некоторых реакциях в первой половине до момента лизиса двух трехуглеродных молекул, после чего остальные пути идентичны. Эти пути характеризуются определенными ферментами

present in the first half of these pathways catalysing the steps between glucose and the production of dihydroxyacetone phosphate in equilibrium with glyceraldehyde 3-phosphate. All these pathways have the capacity to produce ATP and so function in the production of cellular energy. The need for four different routes for glucose catabolism, therefore, lies in the necessity for the supply of different carbon skeletons for anabolic processes and also for the provision of points of entry to glycolysis for catabolites from the vast array of functioning catabolic pathways. Not all of these pathways operate in all organisms. Even when several are encoded in the DNA, exactly which of these are active in an organism at any time, depends on its current metabolic demands and the prevailing conditions in which the microbe is living.

The point of convergence of all four pathways is at the triose phosphates which is the point where glycerol as glycerol phosphate enters glycolysis and so marks the link between catabolism of simple lipids and the central metabolic pathways.

The addition of glycerol to the pool of trioses is compensated for by the action of *triose phosphate isomerase* maintaining the equilibrium between glyceraldehyde 3-phosphate and dihydroxy acetone phosphate which normally lies far in favour of the latter. This is perhaps surprising since it is glyceraldehyde 3-

присутствуют в первой половине этих путей, катализируя стадии между глюкозой и производством дигидроксиацетонфосфата в равновесии с глицеральдегид-3-фосфатом. Все эти пути обладают способностью производить АТФ и, таким образом, участвуют в производстве клеточной энергии. Следовательно, потребность в четырех различных путях катаболизма глюкозы заключается в необходимости снабжения различными углеродными скелетами для анаболических процессов, а также в обеспечении точек входа в гликолиз для катаболитов из огромного множества функционирующих катаболических путей. Не все эти пути действуют во всех организмах. Даже когда некоторые из них закодированы в ДНК, то, какие именно из них активны в организме в любое время, зависит от его текущих метаболических потребностей и преобладающих условий, в которых живет микроб.

Точка схождения всех четырех путей находится в триозофосфатах, которые являются точкой, где глицерин в виде глицеринфосфата вступает в гликолиз и, таким образом, отмечает связь между катаболизмом простых липидов и центральными метаболическими путями.

Добавление глицерина к пулу триоз компенсируется действием триозо фосфатизомеразы, поддерживающей равновесие между глицеральдегид-3-фосфатом и дигидрокси ацетонфосфатом, что обычно в значительной степени в пользу последнего. Это, возможно, удивительно, поскольку это глицеральдегид 3-

phosphate which is the precursor for the subsequent step. The next stage is the introduction of a second phosphate group to glyceraldehyde 3-phosphate with an accompanying oxidation, to produce glyceraldehyde 1,3-diphosphate. The oxidation involves the transfer of hydrogen to the coenzyme, NAD, to produce its reduced form, NADH. In order for glycolysis to continue operating, it is essential for the cell or organism to regenerate the NAD⁺ which is achieved either by transfer of the hydrogens to the cytochromes of an electron transport chain whose operation is associated with the synthesis of ATP, or to an organic molecule such as pyruvate in which case the opportunity to synthesise ATP is lost. This latter method is the first step of many different fermentation routes. These occur when operation of electron transport chains is not possible and so become the only route for the essential regeneration of NAD⁺. Looking at the Embden–Meyerhof pathway, this is also the third stage at which a phosphorylation has occurred. In this case, the phosphate was derived from an inorganic source, in a reaction which conserves the energy of oxidation.

The next step in glycolysis is to transfer the new phosphate group to ADP, thus producing ATP and 3-phosphoglycerate, which is therefore the first substrate level site of ATP synthesis. After rearrangement to 2-phosphoglycerate and dehydration to

фосфат, который является предшественником для последующей стадии. Следующим этапом является введение второй фосфатной группы в глицеральдегид-3-фосфат с сопутствующим окислением с образованием 1,3-дифосфата глицеральдегида. Окисление включает передачу водорода коферменту НАД с образованием его восстановленной формы НАДН. Для продолжения работы гликолиза важно, чтобы клетка или организм регенерировали NAD⁺, что достигается либо путем переноса атомов водорода на цитохромы цепи переноса электронов, работа которой связана с синтезом АТФ, либо с органической молекулой, такой как пируват, и в этом случае теряется возможность синтезировать АТФ. Этот последний метод является первым этапом множества различных способов ферментации. Это происходит, когда работа цепей переноса электронов невозможна, и поэтому они становятся единственным путем для существенной регенерации NAD⁺. Если посмотреть на путь Embden-Meyerhof, то это также третья стадия, на которой происходит фосфорилирование. В этом случае фосфат был получен из неорганического источника в реакции, сохраняющей энергию окисления.

Следующим шагом в гликолизе является перенос новой фосфатной группы на АДФ, таким образом производя АТФ и 3-фосфоглицерат, который, следовательно, является первым сайтом субстратного уровня синтеза АТФ. После перегруппировки до 2-фосфоглицерата и дегидратации до

Phosphoenol pyruvic acid, the second phosphate is removed to produce pyruvic acid and ATP, and so is the second site of substrate level ATP synthesis. As mentioned above, depending on the activity of the electron transport chains and the energy requirements of the cell balanced against the need for certain metabolic intermediates, pyruvate, or its derivatives may now be reduced by accepting the hydrogen from NADH and so continue on a fermentation route or it may be decarboxylated to an acetyl group and enter the TCA cycle. The overall energy balance of glycolysis is discussed later when considering chemical cellular energy production in more detail.

TCA cycle

Pyruvate decarboxylation produces the acetyl group bound to Coenzyme A, ready to enter the TCA cycle otherwise named Krebs's citric acid cycle in tribute to the scientist who discovered it. Not only is this cycle a source of reduced cofactors which 'fuel' electron transport and thus, the synthesis of ATP, but it is also a great meeting point of metabolic pathways. Cycle intermediates are constantly being removed or replenished. During anaerobic fermentation, many of the reactions seen in the TCA cycle are in operation even though they are not linked to electron transport.

Фосфоенол пировиноградная кислота, второй фосфат удаляется с образованием пировиноградной кислоты и АТФ, и, таким образом, это второй сайт синтеза АТФ на уровне субстрата. Как упоминалось выше, в зависимости от активности цепей переноса электронов и потребности клетки в энергии, сбалансированной с учетом потребности в определенных промежуточных продуктах метаболизма, пируват или его производные теперь могут быть уменьшены путем принятия водорода из НАДН и, таким образом, продолжения пути ферментации. или он может быть декарбоксилирован до ацетильной группы и вступить в цикл ТСА. Общий энергетический баланс гликолиза обсуждается позже при более подробном рассмотрении химического производства энергии клетками.

Цикл ТСА

Декарбоксилирование пирувата дает ацетильную группу, связанную с коферментом А, готовую вступить в цикл ТСА, иначе называемый циклом лимонной кислоты Кребса, в честь открывшего его ученого. Этот цикл не только является источником восстановленных кофакторов, которые «подпитывают» транспорт электронов и, таким образом, синтез АТФ, но он также является отличным местом встречи метаболических путей. Промежуточные звенья цикла постоянно удаляются или пополняются. Во время анаэробной ферментации многие из реакций, наблюдаемых в цикле ТСА, действуют, даже если они не связаны с переносом электронов.