

Б. П. Плешков

**Биохимия
сельскохозяйственных
растений**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 37-053.2
ББК 74.27я7
Б11

Б11 **Б. П. Плешков**
Биохимия сельскохозяйственных растений / Б. П. Плешков – М.: Книга
по Требованию, 2013. – 496 с.

ISBN 978-5-458-28126-3

Учебник содержит представления о важнейших химических соединениях, входящих в состав растений, и биохимических превращениях веществ и энергии, а также изменчивости химического состава растений в зависимости от условий выращивания. Книга предназначена для студентов сельскохозяйственных вузов по специальности «Агрохимия и почвоведение».

ISBN 978-5-458-28126-3

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ВВЕДЕНИЕ

Биохимия, или биологическая химия, изучает химический состав организмов, а также превращения веществ и энергии, находящиеся в основе жизнедеятельности организмов.

По объектам исследования биохимию разделяют обычно на биохимию растений, животных и микроорганизмов. Биохимия может быть разделена также на статическую биохимию, занимающуюся исследованием химического состава микроорганизмов, растений и животных, и динамическую биохимию, изучающую процессы обмена веществ в организмах. Такое деление отражает исторические этапы в развитии биохимии как науки: прежде чем исследовать химические процессы, лежащие в основе обмена веществ, необходимо изучить химические вещества, которые входят в состав организмов и подвергаются превращениям в процессах обмена веществ.

Биохимия, изучающая обмен веществ организмов, с полным правом может быть названа наукой о жизни. Достижения в области биохимии позволяют лучше понять и объяснить процессы, которые находятся в основе жизнедеятельности организмов.

Биохимия как самостоятельная наука выделилась из общего комплекса биологических и химических наук во второй половине XIX в., но ее элементы были известны еще в глубокой древности. Например, в доисторические времена были известны и практически использовались процессы ферментации: брожение виноградного сока, варка пива, приготовление спиртных напитков из меда. Однако все эти биохимические процессы были объяснены и изучены значительно позднее.

Развитие науки в конце XVIII — начале XIX вв. позволило выделить из растений ряд органических кислот (яблочная, щавелевая, лимонная, молочная) и алкалоидов. Было показано, что в составе всех жиров содержится глицерин. При окислении сахара была получена муравьиная кислота. В тот же период Лавуазье выяснил химизм дыхания и горения; он установил, что при дыхании в организмах медленно окисляется углерод и водород; этот процесс во многом сходен с обычным горением. К концу XVIII — началу XIX вв. относятся первые научные наблюдения над действием ферментов. В 1783 г. Спаланцани отметил, что мясо разжигается под действием желудочного сока хищных птиц. В 1814 г. русский ученый К. С. Кирхгоф показал, что в прорастающем зерне пшеницы содержится вещество, способное превращать крахмал в сахар и декстрин, а в 1833 г. Пайон и Персо выделили из солода

это вещество, которое было названо диастазой. В 1836 г. Шванн описал фермент пепсин.

В XIX в. крупные успехи были достигнуты в статической биохимии и в изучении обмена веществ в организмах. Используя новые методы исследования, Либих определил состав многих пищевых продуктов, разделил входящие в них вещества на белки, углеводы и жиры и установил содержание азота в белках. Важные результаты в исследовании химизма белков были получены Н. Э. Лясковским и А. Я. Данилевским. В 1884 г. А. Я. Данилевский впервые с помощью ферментов получил белковоподобные вещества. Несколько позднее Э. Фишер синтезировал ряд полипептидов. В 1880 г. Н. И. Луинин открыл витамины.

Установление химического состава растений, открытие ферментов и выяснение их роли в обмене веществ, открытие витаминов и гормонов, развитие химии аминокислот и белков, жиров и углеводов привели к формированию динамической биохимии, с развитием которой стали создаваться единые представления об общих закономерностях процессов обмена веществ и превращений энергии в организмах.

Работы русских и советских ученых оказали огромное влияние на развитие биохимии. Имена многих наших ученых приобрели мировую известность. Всемирно признанными стали труды К. А. Тимирязева в области фотосинтеза, физики и химии хлорофилла; М. С. Цвета, который разработал хроматографический анализ, изучал хлорофилл и растительные каротиноиды; С. Н. Виноградского по биохимии микробов; Д. И. Ивановского, открывшего фильтрующиеся вирусы. И. П. Бородин, А. Н. Бах, В. И. Палладин, С. П. Костычев, Л. А. Иванов, А. Н. Лебедев выполнили работы по выяснению химизма процессов брожения и дыхания. Многие из этих исследований считаются классическими.

Основоположителем современных представлений о роли азота в жизни растений и обмене азотистых соединений в них является Д. Н. Прянишников. Широко известны также биохимические работы его учеников — В. С. Буткевича, А. И. Смирнова, А. А. Шмука и других. Биохимические аспекты происхождения жизни на земле получили развитие в трудах А. И. Опарина. Узловые вопросы растительной биохимии — обмен азотистых веществ в растениях и биохимия зерна — успешно разрешаются в работах В. Л. Кретьевича и его многочисленных учеников.

В нашей стране интенсивно изучаются биохимические особенности важнейших сельскохозяйственных растений. В этом отношении большую роль сыграли работы Н. Н. Иванова и ряда других советских ученых. В настоящее время в Советском Союзе проблемы биохимии растений разрабатываются во многих научных учреждениях: Институте биохимии имени А. Н. Баха АН СССР, Институте физиологии растений имени К. А. Тимирязева, Институте химии природных соединений, на кафедрах биологической химии университетов и в сельскохозяйственных учебных заведениях. Ис-

ледования в области частной биохимии растений проводятся также в отраслевых институтах Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина.

Значение биохимии с каждым годом возрастает в самых различных областях, особенно в медицине, в промышленности, связанной с переработкой сельскохозяйственного сырья, в генетике и селекции растений и животных.

Цель возделывания сельскохозяйственных растений — получение определенных химических веществ: белков, жиров, крахмала, сахара, клетчатки, витаминов, алкалоидов, каучука, эфирных масел и других веществ, которые используются в питании человека, на корм сельскохозяйственных животных или служат сырьем для промышленности.

При выращивании растений агроном должен стремиться получить наибольший урожай высокого качества. Но, чтобы оказывать нужное влияние на формирование урожая и его качество, необходимо, кроме общих агрономических знаний, иметь представление о процессах обмена веществ в растениях на разных периодах их роста и развития.

Благодаря успехам биохимии в основном раскрыт химизм таких важнейших звеньев обмена веществ, как дыхание и брожение, фотосинтез, обмен азотистых соединений, образование и распад жиров, синтез и взаимные превращения углеводов и органических кислот и многие другие процессы. Большие успехи достигнуты в выяснении особенностей химического состава и обмена веществ отдельных групп сельскохозяйственных растений. Получены новые данные об аминокислотном составе растительных белков и, в частности, о содержании в них незаменимых аминокислот, о содержании и составе в растениях крахмала, сахаров, жиров, витаминов, алкалоидов, в основном выяснены закономерности биосинтеза и обмена белков, аминокислот, углеводов и других соединений, а также влияние удобрений и ряда агротехнических приемов на процессы обмена веществ и качество урожая сельскохозяйственных культур.

В результате совместной работы биохимиков, генетиков и селекционеров создаются и внедряются в производство высоколизиновая кукуруза и ячмень со сбалансированным аминокислотным составом белков, высокосахаристые сорта сахарной свеклы, высококачественные сорта картофеля, овощей и ряда других культур.

В последнее время исследовано влияние многих факторов внешней среды на процесс обмена веществ и на количественную и качественную изменчивость химического состава растений. К таким факторам относятся температура, влажность, особенности питания, количество и качество света, почвенные условия, агротехника, действие стимуляторов роста и т. д.

Под влиянием внешних факторов могут наблюдаться изменения содержания отдельных химических веществ в растениях. Например, количество жира в масличных культурах уменьшается при

продвижении с севера на юг. Под действием условий выращивания может изменяться аминокислотный состав растений, относительное содержание органических кислот, качество эфирного масла и т. д.

Таким образом, знание биохимических особенностей растений, знание процессов обмена веществ в растениях и внешних факторов, которые тем или иным путем влияют на обмен веществ и химический состав растений, необходимо агроному для получения высоких урожаев наилучшего качества.

Несмотря на огромную важность прикладной биохимии, еще более быстрыми темпами развивается общая биохимия, в задачу которой входит изучение процессов обмена веществ и энергии в организмах, управление этими процессами, познание существа жизненных явлений.

Биохимия развивается на основе теории химии, ее методов, а также современных достижений биологической науки. У биохимии выработались свои методы исследования, которые существенно отличаются от обычных химических или биологических. Главное их отличие от химических методов заключается в том, что биохимик почти всегда имеет дело с живыми объектами, и при изучении процессов обмена веществ в них необходимо использовать более гибкие и быстрые методы анализов. Методы, разработанные другими науками, которые могут помочь раскрыть отдельные звенья процессов обмена веществ, также широко применяются биохимики. Примером может служить использование изотопных методов, которые нашли наиболее широкое применение именно в биохимии.

Биохимия сельскохозяйственных растений тесно связана с рядом других наук, которые входят в цикл подготовки агронома.

Биохимия является теоретической основой молекулярной генетики; в ряде разделов биохимия становится теоретической основой химической защиты растений, хранения и переработки сельскохозяйственных продуктов. Биохимия оказывает большое влияние на дальнейшее развитие физиологии растений, агрономической химии, растениеводства, плодоводства, овощеводства и ряда других наук, преподаваемых в сельскохозяйственных вузах.

В последние десятилетия биохимия достигла крупных успехов и проникает буквально во все области биологических наук. Однако при огромном количестве проблем, которые разрешает сейчас биохимия, основными являются изучение белков, нуклеиновых кислот, фотосинтеза и связанные с ними вопросы ферментологии. Именно в этих областях достигнуты наиболее крупные успехи, и уже в ближайшем будущем мы вправе ожидать воспроизведения синтеза белка и фотосинтеза вне живых организмов.

Советские ученые успешно разрешают многие биохимические проблемы. Несомненно, что в недалеком будущем биохимия будет иметь еще большее значение во многих областях науки и практики и в конечном счете способствовать тому, что человек в еще большей степени будет управлять силами природы.

ОБЩАЯ

Глава I

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ БИОЭНЕРГЕТИКИ

Обмен веществ в растениях неразрывно связан с обменом энергии. Изучением обмена энергии в живых организмах занимается раздел биохимии, который называют биоэнергетикой.

Все организмы для осуществления жизненных процессов требуют затраты энергии. Без снабжения энергией отдельные клетки данного организма и весь организм в целом теряют способность к росту, в них прекращаются процессы новообразования веществ, необходимых для их жизнедеятельности, а также процессы передвижения химических соединений и в конечном счете, после израсходования всех веществ, которые могут служить источниками энергии, живые клетки и организмы погибают. Таким образом, одним из важнейших условий осуществления процессов жизнедеятельности является постоянное и бесперебойное снабжение организмов энергией.

В зависимости от преимущественных источников потребляемой энергии все организмы можно разделить на три группы: организмы, для которых основным источником энергии являются кванты света, — хлорофиллоносные растения; организмы, получающие энергию главным образом за счет окисления органических веществ растительного и животного происхождения, поступающих в них из внешней среды (углеводов, жиров, белков, органических кислот, аминокислот, спиртов и т. д.), — человек и животные и, наконец, микроорганизмы, которые получают необходимую энергию в результате окисления часто сравнительно небольшой группы специфических органических или неорганических веществ.

Однако такое деление организмов на группы с точки зрения биохимической энергетики не предполагает полной автономности этих групп. Наоборот, в процессе эволюционного развития у отдельных групп организмов, особенно у растений и животных, выработались общие механизмы, с помощью которых живые клетки получают необходимую им энергию в результате преобразования химических соединений. Например, механизмы таких процессов, как анаэробный распад углеводов, окислительное фосфорилирование, окисление ряда аминокислот, жирных кислот, органических

кислот и других веществ, в результате которых выделяется энергия, осуществляются идентичными путями как в растительных, так и в животных клетках. Более того, установлено, что энергия, необходимая для поддержания процессов жизнедеятельности, аккумулируется и переносится, как правило, в виде одних и тех же химических соединений как в растительных клетках, так и в клетках животных и микроорганизмов.

Законы биохимической энергетики интересуют биохимиков прежде всего потому, что их использование позволяет установить, может ли данная биохимическая реакция протекать спонтанно или для ее осуществления необходима энергия каких-либо других источников. Биохимическая энергетика дает также ответы на вопросы о количестве энергии, выделившейся и использованной организмом в результате той или иной биохимической реакции, о количестве энергии, необходимой для синтетических процессов, о взаимных превращениях энергии в живых организмах и дает возможность с энергетической точки зрения предсказать вероятность осуществления тех или иных реакций или процессов. Все эти сведения позволяют более глубоко понять и объяснить существо биохимических превращений веществ, сущность жизненных явлений.

Биохимические реакции в живых организмах подчиняются законам химии и физики и принципам химической термодинамики, — науки о взаимосвязи между различными формами энергии (химической, тепловой, механической, электрической, лучистой и т. д.). Для биохимической энергетики наибольшее значение имеют первые два закона термодинамики.

Первый закон термодинамики известен как закон сохранения энергии. Существо его может быть сформулировано следующим образом: в закрытой системе общее количество внутренней энергии всегда остается величиной постоянной и может уменьшаться или увеличиваться только за счет энергии окружающей среды. Внутренняя энергия U представляет собой общий запас энергии данного тела. Количество внутренней энергии тела зависит не только от его массы или состава, но также и от температуры T , объема V и давления p . В настоящее время внутреннюю энергию тела U измерить невозможно, но можно определить изменение внутренней энергии ΔU при переходе тела из одного состояния в другое. Например, если тело или система тел переходит из одного состояния (1) в другое (2), то изменение внутренней энергии $\Delta U = U_2 - U_1$.

Закрытыми называют системы, которые не обмениваются ни веществом, ни энергией с окружающей средой и имеют постоянный объем. Однако растения и любые отдельные растительные клетки представляют собой так называемые открытые системы, в которых постоянно происходит обмен веществом и энергией со средой. Упомянутый выше первый закон термодинамики полностью применим и к таким открытым системам, которыми являются живые организмы.

В соответствии с законом сохранения энергии внутренняя энергия системы зависит только от состояния системы в данный момент и не зависит от предшествующих ему состояний. Если происходит переход тела или системы из одного энергетического состояния (U_1) в другое состояние (U_2), то изменение внутренней энергии $\Delta U = U_2 - U_1$ не зависит от того, каким путем тело переходит из одного состояния в другое, а только от начального и конечного состояния тела. Другими словами, изменяем ли мы энергию тела или системы тел сразу или постепенно, прямым путем или какими-либо обходными, косвенными, путями, величина ΔU остается одной и той же.

Этот очень важный вывод необходимо всегда учитывать при рассмотрении любых вопросов биохимической энергетики.

Выше мы говорили, что, зная законы энергетрики, имеется возможность предсказать, будет ли определенное биохимическое превращение протекать спонтанно или для его осуществления необходимо дополнительное количество энергии. Однако первый закон термодинамики не может дать ответа на этот очень важный вопрос, так как для открытых систем, зная только величину ΔU , еще нельзя сделать заключения о возможности самопроизвольного осуществления данного биохимического превращения. Тепловой эффект процесса, или теплота реакции Q , которую обычно выражают в калориях, также не может служить критерием самопроизвольного течения данного процесса, так как самопроизвольно могут протекать реакции, для которых величина Q может быть положительной, отрицательной или равна нулю.

Возможная направленность превращений веществ и энергии и критерии самопроизвольного их осуществления были установлены благодаря открытию второго закона термодинамики, в соответствии с которым вероятность самопроизвольного осуществления реакции или процесса определяется не величиной Q (изменением теплоты), а определенной функцией от этой величины, которая представляет собой отношение $\frac{Q}{T}$, где T — абсолютная температура. Было показано, что для того, чтобы узнать, может ли данная обратимая реакция протекать в закрытой системе самопроизвольно, необходимо прежде всего определить величину $\frac{Q}{T}$ данной реакции или данного превращения. Если эта функция положительна, т. е. $\frac{Q}{T} > 0$, то реакция может протекать самопроизвольно, если $\frac{Q}{T} = 0$, то система находится в равновесии, а если отношение $\frac{Q}{T} < 0$, то в закрытой системе процесс самопроизвольно может протекать лишь в обратном направлении. Эта функция получила название *энтропии*, она обозначается буквой S . Таким образом, энтропия — это такая функция (S) состояния системы, изменение которой (ΔS) в обратимом изотермическом процессе равняется

тепловому эффекту процесса, деленному на абсолютную температуру, т. е. $\Delta S = \frac{Q}{T}$. Энтропия выражается в кал/градус и относится

обычно к одной грамм-молекуле соединения или к одному грамм-атому элемента. При самопроизвольных превращениях в закрытых системах энтропия системы возрастает $\Delta S > 0$, а в системах, находящихся в состоянии равновесия, $\Delta S = 0$.

Таким образом, второй закон термодинамики, исключительно важный для биохимии, позволяет определять направление, в котором в данных условиях может самопроизвольно, т. е. без затраты энергии извне, осуществляться определенное биохимическое превращение. Он также дает возможность определить положение равновесия такого процесса.

Для рассмотрения законов биохимической энергии нам необходимо познакомиться еще с некоторыми термодинамическими функциями. Одной из таких функций является энтальпия, или теплосодержание системы.

Энтальпия — это термодинамическая функция, равная сумме внутренней энергии (U) и произведения давления (p) на объем (V). Как правило, энтальпию относят к одной грамм-молекуле вещества и обозначают H . Таким образом, $H = U + pV$. Обычно измеряют не абсолютную величину энтальпии, а ее изменение в результате реакции или процесса (изменение теплосодержания), которое выражается уравнением $\Delta H = \Delta U + p\Delta V$.

Так как энтальпия является функцией состояния, то все ее изменения зависят только от начального и конечного состояния системы и не зависят от путей переходов или последовательности химических реакций. Положительное значение $+\Delta H$ означает поглощение теплоты в ходе процесса или реакции, отрицательное значение $-\Delta H$ — выделение теплоты. Таким образом, если в результате реакции происходит выделение тепла ($+Q$ кал.), то энтальпия системы уменьшается, а при поглощении тепла из внешней среды, когда тепловой эффект реакции отрицателен ($-Q$ кал.), энтальпия системы увеличивается. Реакции, происходящие с выделением тепла, называются *экзотермическими*, а реакции, при которых тепло поглощается из внешней среды, получили название *эндотермических*.

Для того чтобы пользоваться функцией энтропии (а это дает право сделать вывод о возможности самопроизвольного осуществления реакций и процессов), необходимо определить изменение энтропии как в самой реагирующей системе, так и в окружающей эту систему среде. Выполнить эту задачу крайне сложно. Было бы проще ограничиться рассмотрением превращений веществ только в самой реагирующей системе и при условиях, характерных для большинства биохимических реакций, т. е. при атмосферном давлении и постоянной температуре. Иными словами, вместо энтропии желательно было бы пользоваться другой функцией, которая бы отвечала указанным выше условиям. Такая функция была найдена.

В соответствии с первым законом изменение внутренней энергии системы ΔU может происходить за счет перехода некоторого количества теплоты Q из системы в окружающую среду или наоборот и за счет работы A , совершаемой системой или получаемой ею, т. е. $\Delta U = Q - A$.

С другой стороны, известно, что $\Delta A = p\Delta V$, откуда следует, что $\Delta U = Q - p\Delta V$ и $Q = \Delta U + p\Delta V$.

Из второго закона термодинамики известно, что для систем, находящихся в равновесии, $\frac{Q}{T\Delta S} = 0$ или $Q - T\Delta S = 0$.

Объединив первый и второй законы термодинамики для систем, находящихся в равновесии, получим уравнение $\Delta U + p\Delta V - T\Delta S = 0$.

Очевидно, что если левая часть этого уравнения меньше нуля, то реакция может протекать самопроизвольно, а если больше нуля, то реакция может протекать лишь при доставке необходимого дополнительного количества энергии из внешней среды.

Левая часть указанного выше выражения получила название изменение функции свободной энергии Гиббса и обычно обозначается как ΔG .

Часто эту величину называют изменением химического потенциала. Таким образом, $\Delta G = \Delta U + p\Delta V - T\Delta S$.

Из изложенного выше следует, что если изменение свободной энергии ΔG для данной реакции отрицательно, то она может протекать самопроизвольно, если ΔG равно нулю, то система находится в равновесии, а если ΔG положительно, то для осуществления реакции необходимо затратить какое-то количество энергии.

По аналогии с экзотермическими и эндотермическими реакциями процессы и реакции, идущие с уменьшением свободной энергии ($\Delta G < 0$), называются *экзергоническими*, а с увеличением свободной энергии ($\Delta G > 0$) — *эндергоническими*.

Изменение теплосодержания или энтальпии системы выражается уравнением $\Delta H = \Delta U + p\Delta V$.

Подставляя выражение энтальпии в приведенное уравнение, получаем более упрощенное равенство, характеризующее изменение свободной энергии системы: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$, т. е. изменение свободной энергии системы представляет собой разность между изменением энтальпии и произведением изменения энтропии на абсолютную температуру.

Следует всегда иметь в виду, что в отличие от реакций, которые проводятся на химических заводах или в химических лабораториях и которые зачастую сопровождаются значительными изменениями объема, при осуществлении большинства биохимических реакций изменения объема ΔV в процессе реакции очень незначительны. Поэтому величина $p\Delta V$ крайне мала и в подавляющем большинстве случаев ею можно пренебречь. В связи с этим можно почти безошибочно принять, что $\Delta H \cong \Delta U$, т. е. что изменение энтальпии практически равно изменению внутренней энергии системы. Поэтому $\Delta G = \Delta U - T\Delta S$.

Таким образом, изменение свободной энергии реакции или системы зависит от изменения внутренней энергии в ходе превращения, а также от абсолютной температуры и энтропии.

Кроме перечисленных выше характеристик и функций, для биоэнергетики важное значение имеют величины теплоты сгорания веществ. Известно, что если потенциальная энергия изолированной системы или какого-либо вещества, находящегося в этой системе, полностью превращается в тепловую энергию и система не совершает никакой работы, то заключенную в ней энергию можно определить по количеству выделившегося тепла, т. е. по теплоте сгорания.

Теплоту сгорания определяют калориметрически и выражают в килокалориях на 1 грамм-молекулу вещества. Ниже приводится теплота сгорания некоторых соединений, имеющих важное биохимическое значение (ккал/моль):

аланин	390	мочевина	152
бензойная кислота . .	772	пальмитиновая кислота . .	2330
глицерин	397	пировиноградная кислота . .	273
галактоза	670	сахароза	1351
глюкоза	626	стеариновая кислота . . .	2711
лактоза	1351	уксусная кислота	209
мальтоза	1351	этиловый спирт	329
		янтарная кислота	356

Имеется известная аналогия между горением и дыханием, но в отличие от горения процессы окисления органических веществ в организмах обычно протекают через ряд последовательных промежуточных реакций. Однако, согласно законам термодинамики, при полном окислении этих веществ общее количество выделившейся при этом энергии не зависит от путей и стадий окисления, а равно теплоте сгорания исходного органического вещества.

При окислении различных органических веществ в растениях и других организмах далеко не все количество выделившейся в результате окисления энергии может быть использовано для осуществления полезной работы. Это находилось бы в противоречии с термодинамическими принципами, так как коэффициент полезного действия реакций или процессов никогда не может быть равен 100%. Обычно 40—60% энергии, выделившейся при окислении веществ, используется для совершения какой-либо работы, например биохимического синтеза более сложных веществ из более простых, переноса и передвижения веществ, механической работы и т. д., а остальная часть рассеивается, как правило, в виде тепловой энергии.

Мы видели, что величина ΔG зависит от изменения внутренней энергии и энтропии, происходящих в ходе реакции, а также от температуры. Далее оказалось, что ΔG зависит от концентрации реагирующих веществ. При измерениях величин ΔG в биохимии принимаются определенные, стандартные условия, когда концентрации реагирующих веществ составляют 1 М, а температура +25°C (т. е.