

Дерево накормит, напоит



Художник Н. Крауцин

Если мы хотим достичь какого-либо согласия с Природой, то в большинстве случаев нам надо принимать ее условия.

*Р. Риклефс.
Основы общей
экологии*

Практически любой живой организм на Земле, будь то бактерия или человек, прямо либо косвенно использует для своей жизнедеятельности энергию Солнца. Человек — косвенный потребитель солнечной энергии (хемо-органотроф): его организм, «присваивает» энергию химических связей

органических веществ, накопленных растениями в процессе фотосинтеза. При этом мы используем только те компоненты растений, которые может переварить наш желудочно-кишечный тракт: моно- и дисахариды; разветвленные полисахариды (крахмал и гликоген); жиры и жирные кислоты; бел-

и бак заправит



ки; органические кислоты (уксусная, молочная, яблочная и т. д.); одно- и многоатомные спирты (этиловый, глицерин, ксилит) и т. д. Этих веществ в биомассе естественных растительных биоценозов (лесов) менее 6%, остальные 94% — это целлюлоза, гемицеллюлозы и лигнин, которые не входят

Кандидат
технических наук

А.И.Сизов



ТЕХНОЛОГИИ

в пищевые цепи большинства животных и человека.

Низкая пищевая продуктивность лесов вынудила человека создать искусственные биоценозы — агробиоценозы, которые могут производить до 50–60% пригодных в пищу веществ от общего прироста биомассы. Сейчас под сельскохозяйственные угодья занято более 13% (с лугами 34%) суши. Вырубка лесов и расширение возделываемых земель изменили природные ландшафты и гидрологический режим, привели к деградации почв и загрязнению большинства рек, исчезновению многих видов животных и растений.

Особенно сильно это проявилось в последние 50 лет, когда произошла индустриализация мирового сельскохозяйственного производства. С одной стороны, более чем в три раза возросла продуктивность сельскохозяйственных земель, но с другой — еще больше увеличилась нагрузка на окружающую среду, поскольку человек начал использовать энергию ископаемого топлива для механизированной обработки почвы, для получения и внесения удобрений, пестицидов, гербицидов и т. д.

Возникает вопрос: как обеспечить человечество продовольствием при дефиците ископаемого топлива? Ведь уже сейчас ясно, что современные методы обработки земель ведут к экологическому кризису, а при нехватке каменного угля, нефти и газа продуктивность агробиоценозов упадет, и они не смогут прокормить растущее население планеты. Концепция устойчивого развития, принятая международным сообществом еще в 1992 году, призывает преодолеть экологический кризис, рационализируя потребление и регулируя численность населения, то есть снижая потребление в развитых странах и прирост населения в развивающихся. Несмотря на то что за последние 10 лет темпы роста населения планеты действительно снизились с 6,1 до 3,4 ребенка на одну женщину, в развивающихся странах более 800 млн. человек все еще голодают. Говорить же о снижении уровня потребления в развитых странах даже и не приходится.

Однако существуют более простые пути преодоления экологического кризиса.

Ресурсы растут в природе

Есть довольно рациональное решение: постепенно расширить площади лесов и построить производства, позволяющие использовать их биомассу для получения кормов и продуктов питания. Не подумайте, речь не о сокращении производства яблок, картошки и зерна, то есть всего, что человек потребляет в естественном виде. Речь идет о тех сельскохозяйственных культурах, продукцию которых человек использует после глубокой переработки, практически в виде чистых веществ: сахар, растительное масло, этиловый спирт, белковые изоляты, а также кормовые продукты для животноводства. Такие культуры занимают чуть меньше 50% общей площади сельхозугодий, и замена их лесами на долгие годы отодвинула бы наступление экологического кризиса. Это не утопическая идея, а вполне реальная технология, проверенная на практике (о чем чуть ниже).

Биомасса лесов отличается от биомассы сельскохозяйственных культур тем, что она в основном состоит из линейного полисахарида — целлюлозы, тогда как почти все выращенное человеком — из разветвленного полисахарида крахмала или сахаров. При этом продуктивность и КПД фотосинтеза лесов и полей примерно одинаковы. Так, 1 га леса в умеренных широтах дает прирост биомассы 3,0–5,5 т/год, 1 га степи — 4,0–5,0 т/год. Если пересчитать на линейные полисахариды, то это 1,8–3,3 т/год — столько же полисахаридов, только разветвленных, получится с 1 га кукурузы.

При этом растет древесина сама и не требует никакой дополнительной энергии, помимо солнечной. Она очень технологична — может долгое время храниться под открытым небом, не имеет сезонности при заготовке и удобно транспортируется. Ключевой вопрос: как превратить полисахариды, содержащиеся в древесине, в полноценный пищевой или кормовой продукт?

Как из дерева сделать спирт и сахар

Эту проблему начали решать сразу после того, как в 1819 году французский химик А. Браконно доказал, что молекулы целлюлозы, как и крахмала, состоят из виноградного сахара (глюкозы). Браконно обработал льняное полотно (целлюлозу) концентрированной 91%-ной серной кислотой и получил практически чистую кристаллическую глюкозу. Тем не менее использовать целлюлозу как сырье для промышленного получения глюкозы невозможно, поскольку процесс ее выделения из древесины сложный и дорогой. Можно думать только о прямой переработке древесины.

В древесине нам важна углеводная часть, которая, собственно, и имеет пищевую и кормовую ценность. Углеводная часть представлена гемицеллюлозами (15–30%) и целлюлозой (35–50%), все остальное — полифенольное соединение лигнин (12–30%), смолистые вещества, терпены, стеринны, таннины и т. д. (1–5%) — имеет сугубо техническое значение.

Первые технологические приемлемые решения переработки древесины с получением продуктов, которые ранее добывали только из сельскохозяйственного сырья, были опробованы в 1899 году практически одновременно в России, США и Германии. Процессы эти были весьма несовершенны, и вскоре промышленные установки закрыли. Только в 1934 году в Германии и Советском Союзе заработали производства, основанные на гидролизе древесины, разбавленной серной кислотой. При таком методе гемицеллюлоза гидролизировалась полностью, древесная целлюлоза на 70–80%,

а из одной тонны древесины получали до 500 кг смеси гексозных и пентозных сахаров.

Правда, растворы сахаров получались очень разбавленными (3–5%), в них было много различных примесей (неуглеводных компонентов древесины) и продуктов распада сахаров. Самостоятельной пищевой ценности гидролизаты древесины не имели, зато такой раствор легко можно было сбродить и получить этиловый спирт либо вырастить дрожжевую биомассу, то есть получить продукты, которые до этого делали исключительно из пищевого сырья.

Сейчас, когда «нефтяной век» заканчивается, возникает вопрос: как обеспечить человечество продовольствием при дефиците ископаемого топлива?

Очевидно, что в 1934 году гидролизные заводы создавали вовсе не для решения экологических проблем: нужен был каучук, для каучука — бутадиен, для бутадиена — этиловый спирт. А во время и после войны, как в Германии, так и Советском Союзе, древесина осталась единственным доступным непищевым углеводным сырьем для производства спирта. В годы Великой Отечественной войны его нужно было еще больше, но никто и помыслить не мог делать спирт из зерна или картофеля, поэтому в

самые тяжелые военные годы (1942–1944) пустили в эксплуатацию Архангельский, Тавдинский, Канский и Саратовский гидролизные заводы. Каждый завод, помимо выпуска стратегического продукта, сэкономил до 40 000 тонн зерна в год, которое спасло от голода более 900 000 человек.

Расцвет отечественной гидролизной промышленности пришелся на 70-е годы прошлого века. Спирт как конечный продукт гидролизного производства потерял свое значение, производства переориентировались на выпуск белковых кормовых дрожжей. В стране работали 46 гидролизных заводов, которые давали более 450 тыс. т/год кормового белка и 140 млн. литров этилового спирта. Это же количество могло быть получено с 270 тыс. га посевов сои и 280 тыс. га пшеницы. Площадь же леса, необходимого для обеспечения сырьем такого производства, была всего 14 тыс. гектаров. Более того, в качестве сырья для гидролизных заводов никогда не использовали «деловую» древесину, а только дрова и отходы лесопиления.

Параллельно с развитием действующей технологии в Советском Союзе и Германии шли работы по созданию других процессов гидролиза, в том числе с помощью концентрированных кислот: серной и 41–58%-ной хлористоводородной. Новая технология предполагала совсем другой процесс — он проходил при температуре 40–80°C, не сопровождался распадом сахаров и позволял получать довольно чистые концентрированные растворы сахаров (20%) с выходом до 600 кг из 1 т древесины. Такие растворы уже имели самостоятельную кормовую и пищевую ценность, их можно было использовать для получения чистых углеводных про-

Таблица

Сравнение энергозатрат при производстве спирта из растительной биомассы

Наименование сырья	Расход сырья	Расход энергии на получение 1 т сырья	Сумма затрат энергии на сырье	Затраты энергии на процесс	Суммарный расход энергии	Количество побочных продуктов	Компенсация затрат на производство побочных продуктов	Общий баланс энергии на процесс
	Т	Гкал	Гкал	Гкал	Гкал	кг	Гкал	Гкал
Кукуруза	2,5	1,20	3,00	6,80**	9,80	850	1,02	8,78
Пшеница	2,8	1,32	3,70	7,40**	11,10	1050	1,26	9,84
Древесина 1	5,9	0,24	1,42	4,40*	5,82	480	0,58	5,24
Древесина 2	5,0	0,24	1,20	3,30*	4,50	450	0,54	3,96

Древесина 1 — древесина, полученная гидролизом разбавленной серной кислотой.

Древесина 2 — древесина, полученная гидролизом концентрированной соляной кислотой.

* С учетом использования влажного древесного лигнина (6200 кг) в качестве котельного топлива.

** С включением затрат тепла на сушку барды.

При расчете были приняты среднеотраслевые нормы расхода сырья, материалов и энергоресурсов на производство спирта. Чтобы можно было сравнить различные виды энергии, используемые на тот или иной процесс, для электроэнергии введен коэффициент 0,4, для пара — 0,75.

При расчете затрат энергии на утилизацию отходов производства предполагалось, что они используются полностью и из них получается сухой белковый кормовой продукт, эквивалентный по питательной ценности пшенице.



дуктов (медицинской глюкозы, глюкозо-фруктозных сиропов, кормовой патоки), а также продуктов их биохимической переработки (микробного белка, аминокислот, жиров, антибиотиков, ферментных препаратов, ксилита, этилового спирта и т. д.).

*В сущности, все деревья
плодоносны, просто
не всякий плод съедобен
для человека.*

Фазиль Искандер

Несмотря на ее очевидные преимущества, технологию гидролиза концентрированными кислотами остановили на опытно-промышленной стадии. В 60-х годах казалось, что индустриализация сельского хозяйства скоро решит все проблемы продовольствия, и уже никто не думал об экономии сырья пищевого назначения...

Сейчас из-за ухудшения экологической обстановки было бы полезно вспомнить технологии переработки древесины. Ведь это и есть та самая возможность производить пищевые и кормовые продукты с минимальным расходом ископаемого топлива, одновременно не влияя на естественные экосистемы.

Лес вместо поля: экология плюс энергия

Продукты для питания и корма — это энергия для роста и жизнедеятельности, но для их получения также нужна энергия. Чем меньше энергии расходуется на получение единицы продукта и чем меньше энергия не утилизируемых отходов производства, тем меньше воздействие на окружающую среду.

Посчитаем, сколько нужно затратить энергии, чтобы получить 1000 л этилового спирта из древесины и зерна в климатических условиях Центральной России (см. таблицу). При этом надо помнить: выращивание зерна требует

помимо солнца топливно-энергетических затрат на обработку почвы, производство удобрений и средств защиты растений, и все это нужно учесть в общем энергетическом балансе производства. В то же время если использовать древесину, то дополнительная энергия расходуется только на ее заготовку, транспорт и измельчение. Более того, лигнин — неуглеводную часть древесины, можно использовать в качестве котельного топлива (теплотворная способность влажного лигнина около 2500 ккал/кг) для компенсации энергозатрат, идущих на гидролиз целлюлозы.

Из приведенных в таблице данных видно, что использование древесины энергетически значительно эффективнее. Этот вывод тем более ценен, что в настоящее время ученые разрабатывают проекты производства топливного этанола из сельскохозяйственной продукции. Причем все это делается под «экологическим» лозунгом замены ископаемого топлива на возобновляемое, растительное. Однако на получение 1000 л этанола (с теплотворной способностью 5 Гкал) из кукурузы нужно потратить около 9 Гкал ископаемого топлива! Может, в США это и имеет какой-то смысл, поскольку там постоянное перепроизводство зерна и получение топливного этанола из этого ценного продукта дотирует государство. Но гораздо выгодней заняться гидрогенизацией углей с прямым получением из него моторных топлив или развивать производство топливного этанола из биомассы леса.

Что же касается пищевых продуктов и кормов, то получать из древесины сахар, глюкозо-фруктозные сиропы, кормовую патоку и кормовой белок не только экологически, но и экономически более целесообразно, чем выращивать сахарную свеклу или сою.

Перспективы

Эпиграф к этой статье указывает наиболее целесообразный путь производства продуктов питания. Брать только то, что дает сама Природа, и грамотно пользоваться ее дарами, не пыта-

ясь разрушить сложившуюся экосистему.

Самый большой дар природы — лес, и только он, в условиях нарастающего дефицита ископаемого топлива, накормил человечество. Для России — страны с громадными лесными ресурсами, страны, большая часть которой лежит в зоне рискованного земледелия, развитая гидролизная промышленность — это практически единственный путь получения продовольственной независимости.

Продуктами гидролитической переработки древесины могут стать не только традиционные спирт, фурфурол, кормовые дрожжи, кормовая патока и пищевая глюкоза, но и продукты биохимической переработки глюкозы — глюкозо-фруктозные сиропы, белковые изоляты, аминокислоты, витамины, ферменты, жиры и т. д.

Есть еще один сопутствующий эффект — расширение площади лесов поможет снизить эффект от выбросов парниковых газов, что особенно актуально в связи с вступлением в силу Киотского протокола.

Конечно, суть предложения — не немедленная ликвидация пахотных земель и посадка там леса. Леса растут медленно, да и заводы строятся не мгновенно. Речь — о тенденциях. Нужно кормовую, пищевую и химическую промышленности ориентировать на использование древесины в качестве сырья, поскольку она требует значительно меньших энергетических затрат на воспроизводство, чем сельскохозяйственная продукция. С уменьшением запасов нефти, газа и угля, сельскохозяйственное производство будет дорожать, продуктивность его падать, а лес как рос, так и будет расти...

Что еще можно прочитать о гидролизной переработке древесины

Ю.И.Холькин. Технология гидролизных производств. М.: Лесная промышленность, 1989.

