



# В РАЗВИТИЕ МЕТАНОТРОФНОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

**С. ГЛУХИХ**, директор Центра промышленного внедрения прикладных разработок НИИ РАН «Биоцентр-САС»

Как показала практика, интерес к метанотрофной биотехнологии проявляют не только компании, обладающие возможностью диверсификации поставок природного газа, но и компании, имеющие в своем распоряжении высшие гомологи метана (этан, пропан, бутан), а также ПНГ (попутный нефтяной газ), СОГ (сухой отбензиненный газ), биогаз, шахтный метан, метан и углекислый газ от переработки активного ила очистных сооружений методом сверхкритической флюидной технологии. Думаю, что со временем появятся и другие сырьевые источники для производства метанотрофного белка, и тогда эта технология станет интересна не только странам, добывающим природный газ и нефть.

Создание новых штаммов, отработка эффективных и недорогих питательных сред, а главное — современные технологические приемы и конструктивные решения при создании основного и вспомогательного технологического оборудования, оставляют в прошлом проблемы, имевшие место в этой области, сделают технологию более доступной и устойчивой в эксплуатации при крупнотоннажном производстве.

Но сначала уточним юридический аспект самого понятия «технология метанотрофного биосинтеза». Бытует мнение, что существуют одна-единственная технология и единственный патент на нее. Но это большое заблуждение: патентов на производство белка на основе метанотрофных микроорганизмов десятки. Известно, что в формуле изобретения после констатирующей части есть слова: «...отличающаяся тем, что...».

## «ТРЕУГОЛЬНИК» БИОТЕХНОЛОГИИ

Любую биотехнологию условно можно представить в виде треугольника, по углам которого распределено: засевная культура — питательная среда — технологическое решение.

*Засевная культура*, или инокулят, — это, если по-простому, производственный штамм. Он может быть один или их может быть несколько — главные и вспомогательные. Причем главных тоже может быть несколько. Они могут помогать друг другу на разных стадиях биосинтеза и менять свои лидирующие позиции, в том числе в экстренных случаях. Если вдруг прекратится подача природного газа на завод, и чтобы не останавливать производство, нужно срочно перейти на резервный источник углерода, напри-

мер на метanol. На такой случай есть решение использовать ассимилирующие углерод штаммы, как метана, так и метанола. В итоге только на приведенных примерах возможно применение до пяти вариантов засевной культуры.

*Питательная среда* готовится на воде, которая в разных регионах страны имеет свой, уникальный с точки зрения биотехнологии, химический состав. Среда может быть и на основе морской воды, после ее специальной подготовки. Кроме того, каждая культура выдвигает различные требования к составу питательной среды, биогенным факторам и др. А если еще ввести в питательную среду интенсифицирующую добавку, как это сделали мы, добавив разработанный нами композиционный биостимулятор (КБС). В лабораторных опытах бактериальная метанотрофная культура с КБС показала, по сравнению с контролем, прирост биомассы при фиксации оптической плотности в среднем на 35 %. Одновременно с исследованием влияния КБС на бактериальный биосинтез был успешно отработан на колбах и метанотрофный псевдохемостат. Разумеется, есть разница между исследовательской работой на колбах в лаборатории и работой на производственном многокубиковом аппарате. Тем не менее результат интенсифицирующего воздействия КБС на метанотрофные бактерии нас впечатлил. Ранее КБС успешно прошел испытания на 17 действующих спиртовых заводах и на производствах кормового белка и БВК (белково-витаминный концентрат). КБС на этапе брожения стабильно давал прирост от 6 до 10 % спирта, а на производствах кормовых дрожжей — до 20 % дополнительной биомассы. Все это достигается без дополнительных затрат на производство и происходит благодаря более глубокой утилизации клетками микроорганизмов питательных веществ среды.

Таким образом, в формуле изобретения могут быть не менее пяти вариантов питательной среды.

*Технологических решений* может быть огромное количество. Это различные методы загрузки среды, перемешивания, циркуляции культуральной жидкости, регулирования температуры, а также различные уровни pH среды, концентрации метана, кислорода, углекислого газа, азота и т.д. Кроме того, ферментеры могут быть двухфазными или однофазными, горизонтальными или вертикальными, а также они могут быть разной формы и изготавливаться из разных материалов, вплоть до поликарбоната. Даже если взять в расчет пять вариантов возможных технологических

решений, то в итоге будем иметь 125 ( $5 \times 5 \times 5$ ) вариантов различных технологий метанотрофного биосинтеза.

Следует отметить, что при желании создать собственное производство гаприна необязательно приобретать дорогостоящую лицензию — можно разработать собственную биотехнологию, изменив лишь один из ее «углов». При этом не нужно обращаться к иностранным специалистам: в нашей стране имеются наилучшие технологические решения.

Рассмотренный нами «треугольник» биотехнологии должен быть всегда максимально сбалансирован и устойчив в условиях реального производства. Технология получает право на жизнь, то есть на внедрение, только после плавного ее масштабирования с моделированием и отработкой всевозможных ситуаций.

## МЕТАНОТРОФЫ КАК НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ БЕЛКА

Метанокисляющие (метанотрофные) бактерии были открыты в начале прошлого века, когда учеными Фостером и Дэвисом были выделены облигатные метанокисляющие бактерии, использующие только метан и метanol в качестве источника углерода и энергии. И только спустя полвека удалось выделить облигатные метанокисляющие штаммы и изучить некоторые особенности их физиологии. В 60–70-х годах прошлого века были достигнуты значительные успехи в разработке методик выделения облигатных метилотрофов, показано их видовое разнообразие, изучены некоторые оригинальные физиологические и цитологические особенности, изучен механизм биохимического окисления. Были разработаны технологические режимы выращивания смешанных культур на природном газе в непрерывном процессе, а также различные типы ферментеров.

К тому же, видимо, пришло время рассматривать белок из метана не только в качестве компонента для производства комбикормов, но и как сырьевую продукт для дальнейшей глубокой переработки с получением широкого ассортимента медицинской, фармацевтической, пищевой, парфюмерной и другой продукции. При этом можно будет говорить о прикладной метанотрофии как об отрасли, способствующей диверсификации прямых экспортных поставок природного газа, что может стать, наряду с импортозамещением западных товаров, экспортозамещением отечественных сырьевых поставок.

## ГАПРИН. ИССЛЕДОВАНИЯ И СЛОЖНОСТИ

Белок (гаприн), полученный в результате биотрансформации метана, характеризуется высоким содержанием сырого протеина, аминокислот и витаминов. Однако его производство связано и с определенными сложностями, такими как низкая растворимость газов (кислорода и метана) в культуральной жидкости, а также проявление непрореагированных газов и побочного продукта биосинтеза — углекислого газа. Поэтому основным фактором, определяющим высокую производительность процесса, является массопередающая

характеристика применяемого аппаратурного решения. При культивировании на метане основная задача состоит в том, чтобы переместить газообразные питательные вещества к стенкам растущих клеток для дальнейшего переноса их в область локализации клеточных ферментов, где происходят метаболические реакции.

Исследования по биосинтезу белковых веществ на газовом сырье были начаты за рубежом более 60 лет назад практически одновременно с разработкой процессов, основанных на использовании жидких углеводородов. Основное внимание было уделено метану как главной составной части природного газа. Некоторый прогресс в этой области наметился лишь через несколько лет, когда ряд зарубежных научно-исследовательских организаций и промышленных компаний сообщили, что ими разработаны технологические процессы, пригодные для создания промышленного производства белка на газовом сырье. Одновременно с этим в Советском Союзе было осуществлено опытное производство БВК на природном газе.

К тому времени относится и получение подавляющего числа патентов. Вот далеко не полный перечень основных процессов, запатентованных по теме в тот период:

- непрерывный процесс выращивания микроорганизмов в двух последовательно соединенных ферментерах (компания «Сосьете Франсес де Петроль ВР»);



1-моноацилглицерид

**САЛКОЛИ™ МОНОВР**

— против грамотрицательных бактерий (*E. coli*, сальмонелла, клостридия, лавсония, брахиспира и др.)

**САЛКОЛИ™ ЛАУРИ**

— против грамположительных бактерий (стрептококки, стафилококки, энтерококки и др.), грибов, хламидий,

а также против вирусов в липидной оболочке

(инфекционный бронхит, грипп, герпес, болезнь

Ньюкасла и др.)

**САЛКОЛИ™ ВС4**

— дополнительный источник энергии для роста ворсинок

кишечника, улучшает усвоение питательных веществ

и конверсию корма

— дезинфицирует питьевую воду

— обеззараживает корма и желудочно-кишечный тракт

— энзимные комплексы для зерна (сухие, жидкие

и концентрированные)

**ЭКОЗИМ™ В**

**ЭКОЗИМ™ Р**

— энзимные комплексы для сои, подсолнечника и рапса

— энзимные комплексы фитазы 5 000 и 10 000 ед.

(сухие и жидкие)

**ЭКОЗИМ™ 2**

— энзимные комплексы для зерна, сои, подсолнечника

и рапса

**ЭКОЗИМ™ 3**

— энзимные комплексы для зерна, сои, подсолнечника,

рапса и фитаза

**АНОК™**

**ТОКСИПОЛ™**

— антиоксидант сухой и жидкий

— комбинированные органические и минеральные

абсорбенты микотоксинов

**СЛИВОЧНО-ВАНИЛЬНЫЙ АРОМАТ**

— увеличивает привесы

**ОРО-ЖЕЛТЫЙ**

— натуральный источник каротиноидов

КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ,  
ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ КОРМОВ,  
ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ, МЯСА И ЯИЦ

### НОВЫЕ МОЛЕКУЛЫ САЛКОЛИ™

разработаны на основе высокоеффективных

антибактериальных и антивирусных веществ

нового поколения — моноглицеридов:

1-монобутират, 1-монолаурина, диглицерата

и трибутират, производимых в Европе

по международным патентам

**В мясе и яице не будет сальмонеллы**

— против грамположительных бактерий (стрептококки, стафилококки, энтерококки и др.), грибов, хламидий,

а также против вирусов в липидной оболочке

(инфекционный бронхит, грипп, герпес, болезнь

Ньюкасла и др.)

**САЛКОЛИ™ ВС4**

— дополнительный источник энергии для роста ворсинок

кишечника, улучшает усвоение питательных веществ

и конверсию корма

— дезинфицирует питьевую воду

— обеззараживает корма и желудочно-кишечный тракт

— энзимные комплексы для зерна (сухие, жидкие

и концентрированные)

**ЭКОЗИМ™ В**

**ЭКОЗИМ™ Р**

— энзимные комплексы для сои, подсолнечника и рапса

— энзимные комплексы фитазы 5 000 и 10 000 ед.

(сухие и жидкие)

**ЭКОЗИМ™ 2**

— энзимные комплексы для зерна, сои, подсолнечника

и рапса

**ЭКОЗИМ™ 3**

— энзимные комплексы для зерна, сои, подсолнечника,

рапса и фитаза

**АНОК™**

**ТОКСИПОЛ™**

— антиоксидант сухой и жидкий

— комбинированные органические и минеральные

абсорбенты микотоксинов

**СЛИВОЧНО-ВАНИЛЬНЫЙ АРОМАТ**

— увеличивает привесы

**ОРО-ЖЕЛТЫЙ**

— натуральный источник каротиноидов

— увеличивает привесы

— натуральный источник каротиноидов

— увеличивает привесы</p

- непрерывный процесс биосинтеза на метане, пригодный для промышленного производства (Институт газовой технологии, США), на основании которого предполагалось в 1975 г. построить завод мощностью 9 тыс. т белка в год;
- технологический процесс компании «Бритиш Колумбия ресерч» (Канада) со строительством завода по получению белка биосинтезом на природном газе мощностью 10 тыс. т в год;
- способ выращивания микроорганизмов на среде с метаном и метanolом (фирма «Шелл»);
- ряд процессов на высших гомологах метана (на пропане и бутане) и устройства для их осуществления (компания «Киева Хакко Когё», Япония).

Фундаментальные исследовательские работы по технологии белка на основе биосинтеза на природном газе в 70-е годы прошлого века проводились во Франции, в Великобритании, США, ФРГ, Канаде, Австрии, Японии, СССР, на Тайване.

В настоящее время за рубежом в ряде научных центров продолжаются работы в этой области.

Главным достижением советского периода в метанотрофном биосинтезе стала работа опытно-промышленной установки в р. п. Светлый Яр Волгоградской области, которая за 10 лет эксплуатации (с 1985 по 1994 гг.) нара-

ботала 40 тыс. т гаприна. Это позволило в то время провести успешные испытания гаприна в составе кормов для всех видов и возрастов сельскохозяйственных животных, птицы, рыбы, а также разработать нормы ввода в комби-корма и утвердить ТУ. Этот белковый продукт показал высокую эффективность в кормлении. С распадом СССР завод стал собственностью компании «ЮКОС», которая, к сожалению, отправила технологическую установку в металлолом.

### НЫНЕШНЯЯ СИТУАЦИЯ

В мире, после возросшей цены на природный газ, интерес к производству гаприна пошел на убыль. Однако в 1996 г. норвежская компания «Норферм» организовала производство метанотрофного белка под маркой биопротеин, который использовался в кормах для рыбы. Но в начале 2000-х годов из-за ценовых требований энергетической хартии ЕС производство было сначала остановлено, а впоследствии продано американской компании «Калиста» вместе с технологией.

Научно-исследовательские работы в области метанотрофии проводились до последнего времени и в Дании, где при Университете была построена pilotная установка биосинтеза на метане.

Отличие технологии метанотрофного биосинтеза, которая применялась в Светлом Яре, от датской и норвежско-американской только в том, что в первой осуществлялась рециркуляция газовой смеси метан-воздух, а в двух других — рециркуляция культуральной жидкости и вместо воздуха используется кислород.

В настоящее время при наличии огромного спроса на белок животного происхождения масштабного производства метанотрофного белка в мире нет, в том числе и в компаниях «Калиста» (США) и «Уни-био» (Дания). Завод в Ивангороде Ленинградской области, построенный по датской технологии с декларированной мощностью 6 тыс. т белка в год, пока не может войти в режим устойчивой эксплуатации.

Последние 10 лет в России наблюдается «ренессанс» метанотрофной технологии, чему способствуют публикации и публичные выступления руководителей и специалистов Центра промышленного внедрения прикладных разработок НИИ РАН «Биоцентр-САС».

В России работы по данной теме продолжаются, в том числе и на государственном уровне. Так, совместная программа ряда НИИ РАН и Газпрома предусматривает микробиологические исследования в рамках НИР и отработку технологии на pilotных установках. После запуска в эксплуатацию нескольких многотоннажных производств станет возможным не только частично диверсифицировать газовые сырьевые экспортные поставки, но и ликвидировать в России дефицит белка животного происхождения, к которому, наряду с рыбной мукой, относится и белок метанотрофных бактерий. ■

## ЭЛЕВАТОРМЕЛЬМОНТАЖ

### СТРОИТЕЛЬСТВО ПРЕДПРИЯТИЙ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ



Строительство заводов под ключ.  
Осуществление функции генерального подрядчика

Полная номенклатура современных зерновых и мельничных самотеков из нержавеющей стали и из черной стали, с окраской порошковыми эмалями в электростатическом поле, футурованных износостойкими листами

Нестандартизированное оборудование по чертежам заказчика для всех предприятий зерноперерабатывающей промышленности

Детали аспирации, вентиляции и электромонтажных изделий

Сборные силосы хранения сырья и комбикормов

#### СТРОИТЕЛЬСТВО, МОНТАЖ, НАЛАДКА, ПУСК

400074, г. Волгоград, ул. Козловская 50а  
тел. (8442) 944465, 944714  
тел./факс 945153  
e-mail: montaj@rlan.ru  
[www.montaj.ru](http://www.montaj.ru)

**ВОЛГОГРАД**  
50 ЛЕТНИЙ  
ОПЫТ РАБОТЫ