

МЕТАН УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ И ШАХТ — ИСТОЧНИК КОРМОВОГО БЕЛКА

С. ГЛУХИХ, Interbiotechnology

Интенсификация животноводства требует резкого увеличения производства кормового белка, компенсирующего его недостаток в традиционных растительных кормах. Дефицит этого продукта в России в настоящее время превышает 2 млн т в год. Помочь его ликвидации может биотехнология, которая в отличие от других технологий, базируется на применении уникальных инструментов — высокопродуктивных промышленных штаммов микроорганизмов. К ним относятся штаммы метаноксилирующих бактерий (метанотрофов), которые в связке с метанпродуцирующими бактериями (метаногенами) создавали и поддерживают мир, в котором мы живем.

Метанотрофные бактерии являются основными в биотехнологии белка из метана. Это первичное звено пищевой цепи в океане, что предопределяет направленность использования их биомассы в качестве корма и компонента комбикорма в рыбоводстве, птицеводстве и животноводстве. Кроме того, их можно применять для производства ферментов, липидов, стероидов, антиоксидантов, пигментов, полисахаридов, факторов транспорта железа, первичных и вторичных метаболитов, биотрансформации органических соединений, снижения содержания метана в угольных шахтах, создания биосенсоров и энергетических биоэлементов.

Получение белка из метана одноклеточных имеет ряд преимуществ по сравнению с жидкими углеводородами: большие запасы природного газа, хорошая его транспортабельность, возможность получения готового продукта без дополнительной очистки от субстрата.

Основной путь снижения и ликвидации дефицита кормового белка — производство биомассы с помощью микробного синтеза. Следует подчеркнуть ее преимущества перед другими источниками белка для выработки комбикормов: микроорганизмы обладают рекордной скоростью накопления биомассы, микробные клетки способны создавать большое количество белка, сам процесс биосинтеза менее трудоемок по сравнению с получением сельскохозяйственной продукции и идет непрерывно вне зависимости от времени года и погоды. Кроме того, белок стабилен по качеству.

Кормовую бактериальную биомассу из метана в советские времена называли гаприном (сокращенно от «газовый протеин»), в Норвегии — биопротеином, в Дании — унипротеином. Единственным крупнейшим производителем гаприна из природного газа в СССР был Светлоярский завод БВК (Волгоградской область).

По своему составу гаприн — это белковый продукт с высоким содержанием витаминов группы В (особенно В₁₂), аминокислот и микроэлементов. Как полноценный заменитель животного белка гаприн обеспечивает сбалансированное аминокислотное питание животных, птицы и рыбы в отличие от кормов растительного происхождения, включая злаковые и бобовые культуры. Например, он содержит в пять раз больше белка, чем ячмень или овес, по своей питательной ценности и сбалансированности по аминокислотному составу превосходит рыбную муку и соевый шрот.

Белково-витаминный концентрат гаприн (бактериальная биомасса из природного газа с содержанием белка 75–79% (ТУ-11249895-12-09-92)) нетоксичен, не обладает канцерогенным и кумулятивным действием. Продукт прошел полный комплекс длительных медико-биологических и хозяйственных испытаний на всех видах сельскохозяйственных животных, птицы и рыбы. Полученные данные свидетельствуют об эффективности применения гаприна в рационах животных. В 1994 г. Минсельхоз России выпустил «Наставление по применению гаприна в комбикормах и белково-витаминных добавках для сельскохозяйственных животных, птицы и рыбы».

Стандартная биотехнология производства биомассы метанотрофов с разницей в некоторых технологических нюансах может базироваться на различных источниках метана: метан природного газа из газопроводной системы; метан биогаза от переработки отходов сельского хозяйства; метан попутного нефтяного газа (ПНГ) нефтяных месторождений и НПЗ (ж. «Комбикорма»: №6-2014, с. 8–10; №10-2014, с. 27-28; №1-2015, с. 63–68); метан угольных пластов и шахт.

Геологические ресурсы метана угольных пластов в мире оцениваются в объеме 260 трлн куб. м, в том числе в России — 78, США — 60, Китае — 28, Австралии — 22, Индии — 18, Германии — 16, ЮАР — 13, Украине — 8, Казахстане — 8, Польше — 3.

Промышленная добыча метана угольных пластов в США началась в начале 1980-х годов. В 2000 г. его добыли в объеме 40 млрд куб. м, что составляло 7% суммарной добычи газа в стране.

В результате добычи угля в Китае выбросы метана в атмосферу составляют 6–19 млрд куб. м в год. В 1996 г. была учреждена Китайская объединенная корпорация по метану из угольных пластов (CUCBM). К 2009 г. добыча газа вы-

росла до 700 млн куб. м. В том же году началось строительство более 3600 буровых скважин для его добычи.

Прогнозные ресурсы метана в основных угольных бассейнах России составляют 49 трлн куб. м, что соответствует примерно пятой части прогнозных ресурсов природного газа страны.

Среди угольных бассейнов России особое место принадлежит Кузбассу, который по праву можно считать крупнейшим метаноугольным бассейном мира, обладающим реальными возможностями широкомасштабной добычи метана. Неслучайно в России принята программа «Метан Кузбасса». Кузбасс может производить около 20 млрд куб. м метана ежегодно. Его запасы здесь оцениваются в 13 трлн куб. м. Данная оценка ресурсов угля и метана соответствует глубине 1800–2000 м. Большие глубины угольного бассейна сохраняют на отдаленную перспективу огромное количество метана, которое прогнозируется в 20 трлн куб. м.

Печорский бассейн занимает второе место по масштабности ресурсов метана в пластах — около 2 трлн куб. м.

Среди регионов России, необеспеченных в достаточном объеме газовым топливом, ряд угледобывающих регионов мог бы полностью покрыть свои потребности в газе за счет широкомасштабной добычи метана из угольных пластов, улучшив экологию и открыв новые рабочие места. Это в первую очередь относится к Кемеровской области, где можно обеспечить ежегодную коммерческую добычу до 15–17 млрд куб. м газа.

Кемеровская область первой в России приступила к горизонтальному бурению скважин. Это передовая технология по извлечению газа метана из угольных пластов. Кузбасс первым в России начал использовать опасный метан, главного «врага» шахтеров, в мирных целях. Дегазация угольных пластов в действующих шахтных выработках значительно повысила безопасность добычи угля. Извлечение же газа из недр еще до строительства шахты сводит метановую опасность практически до нуля. Благодаря усилиям Кузбасса в ноябре 2011 г. газ метан в России был признан самостоятельным полезным ископаемым и значится теперь как «метан угольных пластов».

Для добычи газа из газоносных пород во время и после добычи угля в зависимости от нужд шахты используются различные системы дегазации метана. Дегазация позволяет снизить стоимость проветривания горных выработок, сократить простой оборудования и повысить безопасность работы. Она выполняется бурением трех типов буровых скважин: вертикальных с поверхности, подземных горизонтальных и наклонных, которые проходят через угольные пласты и вмещающие породы.

В СССР активно рассматривался вопрос использования шахтного метана как отхода угледобычи для производства кормового белка и применения бактерий для дегазации угольных шахт. Над этой темой работали ведущие профильные НИИ Москвы, Пушкино, Киева, Донецка, Одессы, Днепропетровска и др.

Экспериментальное производство метанооксиляющих бактерий на шахтном метане показало техническую возможность использования его для производства гаприна (рис. 1).

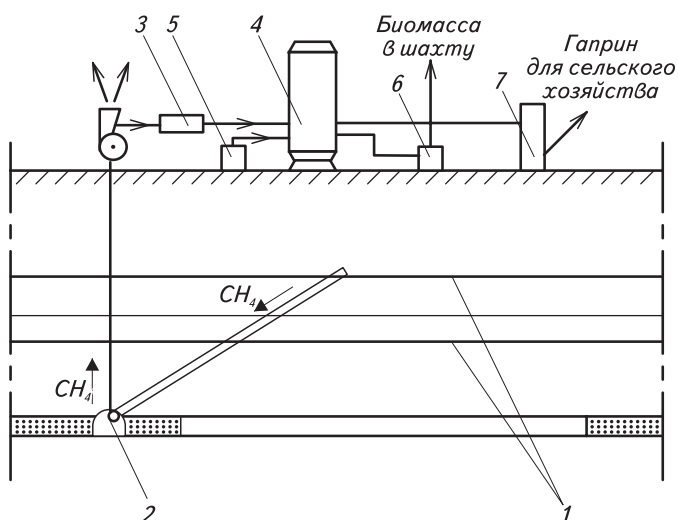


Рис. 1. Технологическая схема извлечения и использования шахтного метана:

- 1 — угольные пласты; 2 — дегазационная система шахты;
- 3 — узел подготовки метано-воздушной смеси;
- 4 — ферментер; 5 — узел подготовки питательной среды;
- 6 — пункт приготовления суспензии;
- 7 — пункт обезвоживания и сушки суспензии.

В советское время для выполнения дегазационных работ биомассу доставляли из Светлоярского завода. Транспортировка биомассы на тысячи километров снижала ее метаноокислительную активность. Поэтому в профильных НИИ были выполнены комплексные работы по использованию шахтного метана для получения биомассы метанотрофных бактерий на местах угледобычи.

Экспериментальная установка для культивирования метанооксиляющих бактерий на шахтном метане впервые была испытана в условиях действующей шахты. Полученная биомасса применялась для дегазации шахты (рис. 2).

К настоящему времени разработаны технологии производства гаприна на шахтном метане и применения его для дегазации шахт. При этом снижается выброс метана в атмосферу и повышается безопасность горных работ, что помогает комплексно решать социальные и экономические вопросы. Для его решения на дегазационной установке одной из действующих шахт Донбасса были отобраны пробы газовой смеси и воды. Анализы показали, что в составе капируемых метановоздушных смесей концентрация метана изменяется от 7 до 57%, составляя в среднем около 20%. Экспериментально было доказано, что принципиальных ограничений для применения ферментационной технологии по газовому фактору на шахте нет.

Однако при всей привлекательности использования биомассы метанотрофов в шахтах и в сельском хозяйстве возникает вопрос оценки экономической целесообразности применения этой технологии.

При анализе химического состава технических вод установлено, что они практически стабильны. Сравнение его с комплексом химических элементов, необходимых для жизнедеятельности метаноокисляющих бактерий, показало, что применение в ферментерах технической воды из скважин технически возможно. Она содержит и достаточное количество микроэлементов. Также были выполнены расчеты экономических показателей производства белка метаноокисляющих бактерий при концентрации метана в каптируемой смеси от 5 до 25% при ее расходе 90 куб. м/мин.

Для стационарного выпуска гаприна необходимо принять производственную мощность завода не менее 10 тыс. т продукта в год. При этом источник метана должен быть с дебетом из расчета 5000 куб. м метана на 1 т гаприна. Структурная блок-схема одного из имеющихся вариантов биотехнологии гаприна приведена на рисунке 3.

Технологический процесс получения гаприна непрерывен и состоит из следующих основных стадий: выращивание товарной продукции; сгущение и инактивация микробной суспензии; сушка, фасовка, упаковка готового продукта.

Для обеспечения основных технологических стадий процесса в составе установки предусматриваются вспомога-

тельные производственные стадии: прием, приготовление растворов и подача в ферментеры аммиачной воды, ортофосфорной кислоты, солей и других химикатов в необходимых концентрациях; подготовка и подача кислорода воздуха; выращивание засевной «чистой культуры»; вывод отходящих газов процесса ферментации для утилизации; очистка газо-воздушных выбросов на стадиях сгущения, сушки и упаковки готового продукта; мойка и дезинфекция оборудования.

Технические характеристики системы охлаждения ферментационного оборудования уточняются при проектировании с учетом местных климатических условий.

Основной технологический процесс выращивания гаприна происходит в специальных аппаратах — ферментерах. Перемешивание и аэрирование в них ведется с помощью циркуляционных насосов с эжекторами с напорной стороны насосов для ввода воздуха и организации рециркуляции газовой фазы. Природный газ и при необходимости дополнительный воздух вводятся через барбатыеры. Температуру процесса стабилизируют контурциркуляции, содержащий насос и теплообменник. Контроль pH, концентрации растворенного кислорода и температуры ведется датчиками, установленными на трубопроводе контурциркуляции. Состав газовой фазы на выходе ферментера контролируют газоанализаторами на кислород, метан, углекислый газ. Давление в аппарате регулируется на линии отходящего газа. Ферментер укомплектовывается насосами-дозаторами,

- Ф — ферментер;
ГФ — фильтр;
Н — насос;
ОР — охлаждающая рубашка;
К — кран

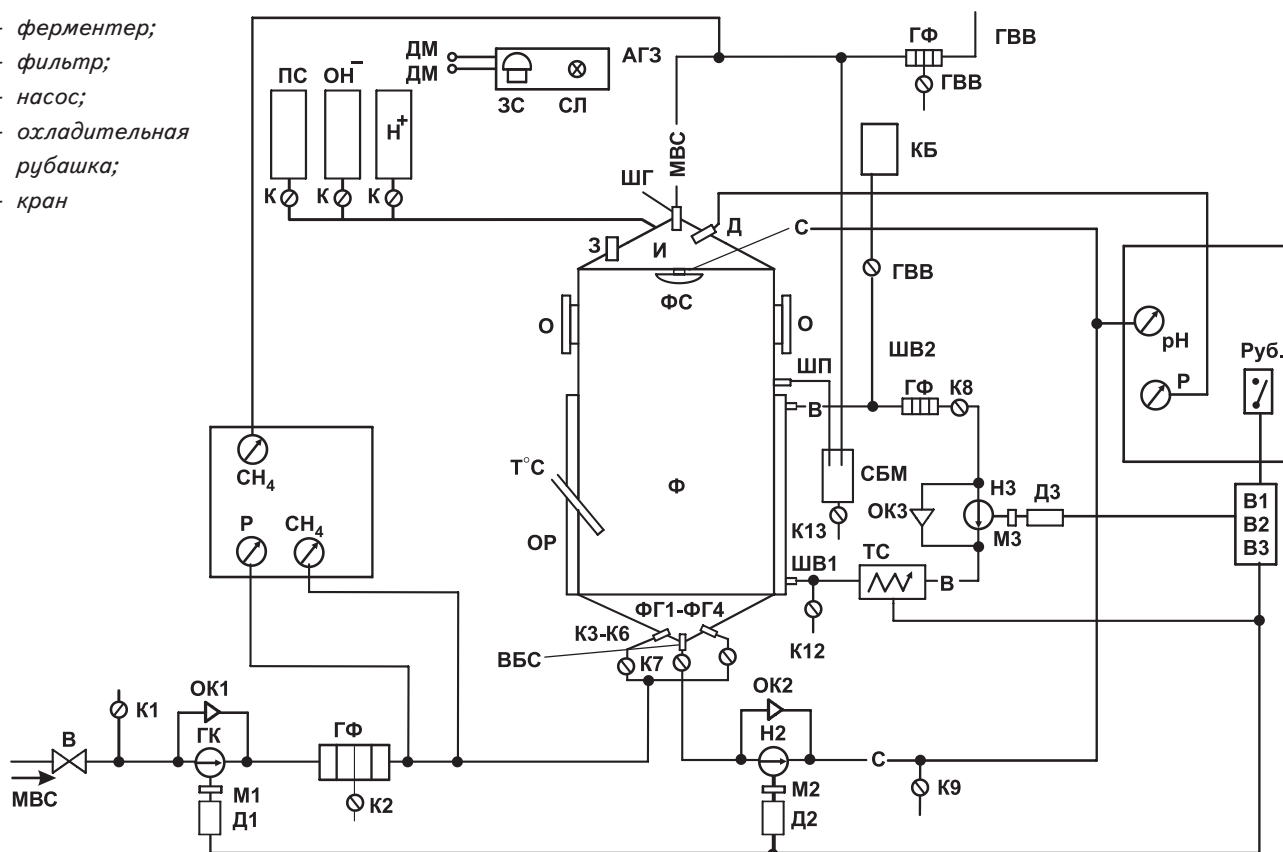
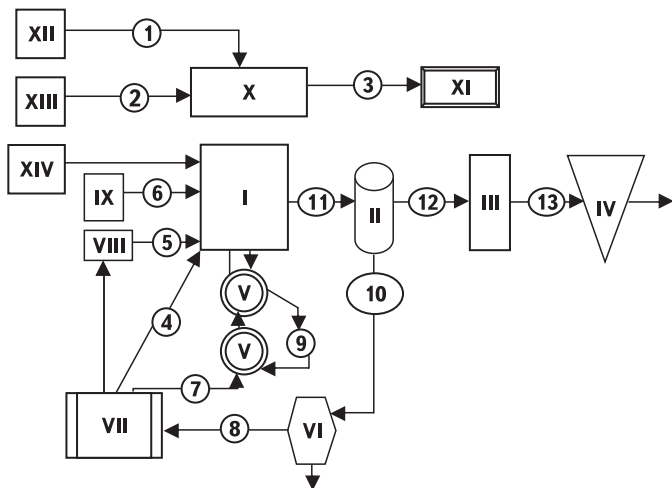


Рис. 2. Технологическая схема шахтной экспериментальной установки ферментации бактерий на основе метано-воздушной смеси, каптируемой шахтой



которые могут работать в связанной системе регулирования. Полученная биомасса сначала сгущается для отделения основной массы от воды. На этой стадии отбирается часть сгущенной биомассы для деметанизации угольных шахт. Отделенная вода поступает на биоочистку, а влажная биомасса подается на инактивацию и сушку до остаточной влажности 10%.

Высушенный товарный продукт — гаприн направляется на расфасовку и упаковку в мешки. Паллета перед отправкой готовой продукции на склад оборачивается полиэтиленовой пленкой.

Технико-экономические расчеты показывают, что использование шахтного метана для производства гаприна технически возможно и экономически целесообразно при концентрации метана в смеси более 12%.

Следует отметить, что кроме кормового назначения, метанооксиляющие бактерии могут служить эффективным средством борьбы с метаном в шахтах. ■

Рис. 3. Блок-схема производства гаприна

ПОТОКИ:

- 1 — природного газа на культивирование;
- 2 — источника кислорода на культивирование;
- 3 — отходящего газа на энергетическую утилизацию;
- 4 — технологической воды на культивирование;
- 5 — раствора питательной среды на культивирование;
- 6 — раствора аммиачной воды на культивирование;
- 7 — оборотной воды на восполнение потерь;
- 8 — биологически очищенной воды в систему водоподготовки;
- 9 — оборотной воды в системе теплоотдачи;
- 10 — отработанной культивированной среды после концентрирования;
- 11 — суспензии биомассы из ферментеров;
- 12 — сконцентрированной суспензии биомассы на сушку;
- 13 — товарный продукт.

СТАДИИ:

- I — производственная ферментация;
- II — концентрирование (микрофилтрация и сепарация);
- III — сушка;
- IV — упаковка;
- V — система теплосъема;
- VI — биологическая очистка стоков;
- VII — система водоподготовки;
- VIII — система приготовления и подачи раствора питательных солей;
- IX — система подготовки подачи аммиачной воды;
- X — система рециркуляции газовой фазы;
- XI — система утилизации отходящих газов;
- XII — система подготовки и подачи природного газа;
- XIII — система подготовки и подачи источника кислорода;
- XIV — система приготовления засевного материала.