

# ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

## ПОЛУЧЕНИЕ КОРМОВОГО БЕЛКА ИЗ БИОГАЗА ПОЛИГОНА ТБО

Т.В. Любинская, В.С. Орлова,  
В.С. Любинский

Российский университет дружбы народов  
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

В статье рассматривается способ получения кормового белка на метане, что является экологически эффективным и экономически выгодным для решения проблем животноводства.

**Ключевые слова:** биогаз, эмиссия биогаза, «парниковый» эффект, альтернативные источники энергии, «свалочный» газ, кормовой белок.

В последнее время возрастает интерес к альтернативным источникам энергии, в частности к биоэнергетике на основе возобновляемых биологических ресурсов. Одно из ответвлений этого направления — утилизация биогаза свалок и полигонов ТБО.

Утилизация биогаза от свалок и полигонов ТБО представляет наибольший интерес в виду того, что большая часть всего биогаза образуется в результате процессов разложения и окисления ТБО, которые в крупных городах вывозятся для захоронения на полигоны, площадь которых в Российской Федерации составляет около 15 тыс. га. Только в столичном регионе страны ежегодно образуется около 20 млн м<sup>3</sup> ТБО, из которых 96,5% вывозятся на полигоны для захоронения.

Современные полигоны представляют собой сложные инженерные сооружения, на которых производится сортировка, а в отдельных случаях и утилизация наиболее ценных вторичных ресурсов, содержащихся в отходах. К таким утилизируемым ресурсам относится и биогаз, образующийся при анаэробном разложении органических отходов. В состав биогаза входит 50—60% метана. Теплотворная способность биогаза составляет 20—25 МДж/м<sup>3</sup>, что делает его сбор, транспортирование и промышленное применение экономически целесообразными.

Учитывая, что с 1 га полигона в течение года можно собрать около 1 млн м<sup>3</sup> биогаза, его производство в стране могло бы составить внушительную цифру — 15 млрд м<sup>3</sup> в год. При общем объеме потребления природного газа в 400—450 млрд м<sup>3</sup>/год биогаз мог бы быть источником экономии природных ресурсов и, что самое важное, возобновляемым источником энергии.

Наряду с этим следует учитывать и важнейший экологический эффект от сбора биогаза, выделяющегося на полигонах ТБО, так как метан в 7—10 раз опаснее диоксида углерода с точки зрения влияния на развитие парникового эффекта. Кроме того, он взрыво- и пожароопасен, токсичен, создает неблагоприятные экологические условия для жителей близлежащих к полигону районов, а также для обслуживающего его персонала. Ежегодная эмиссия метана со свалок земного шара сопоставима с мощностью таких общеизвестных источников метана, как болота, угольные шахты и т.д. Сегодня остро стоит проблема стабилизации концентрации в атмосфере этого газа, одного из основных планетарных источников парникового эффекта. Поэтому утилизация биогаза бытовых отходов приобретает важнейшее значение для снижения антропогенной эмиссии метана. Кроме того, метан является причиной самовозгорания свалочных отложений, так как при его взаимодействии с воздухом создаются горючие и взрывоопасные смеси, что приводит к сильному загрязнению атмосферы токсичными веществами [1].

Так как процесс разложения отходов продолжается многие десятки лет, полигон можно рассматривать как стабильный источник биогаза. Одним из способов использования биогаза полигонов ТБО является получение кормового белка (гаприна).

Микробный синтез — один из перспективных путей получения белковых веществ. Основное преимущество этого способа заключается в том, что скорость накопления биомассы микроорганизмов на несколько порядков выше, чем у растений и животных. Микроорганизмы растут в 500 раз быстрее, чем самые урожайные сельскохозяйственные культуры и в 1000—5000 раз быстрее, чем самые быстрорастущие сельскохозяйственные животные.

Основное количество белковых препаратов микробного происхождения производится в виде микробных масс, получаемых путем выращивания микроорганизмов на самом разнообразном сырье, содержащем источник углерода и другие биогенные элементы. Для получения микробной массы используют бактерии, которые при определенных условиях способны накапливать до 60—70% белка от своей массы.

Метанотрофные бактерии в подходящих условиях активно перерабатывают природный газ, быстро размножаются и наращивают свою биомассу, богатую ценным белком, витаминами и иными биологически активными веществами.

Основными компонентами газовой атмосферы, в которой выращивают газоокисляющие микроорганизмы, являются газообразный углеводород и кислород. Микроорганизмы способны развиваться в атмосфере газообразного углеводорода как при очень низких (от 0,01 до 0,0001 %об.), так и при высоких (свыше 70 %об.) его концентрациях. Однако при низких концентрациях микроорганизмы растут слабо, а при высоких концентрациях наблюдается недостаточно полное потребление углеводорода [2].

Присутствие углекислого газа (от 3 до 10%) улучшает рост бактерий, использующих метан и пропан в качестве единственного источника углерода.

В табл. 1 приведены составы газовых смесей для выращивания некоторых видов метаноокисляющих микроорганизмов [2; 3].

Таблица 1

**Составы газовых смесей для выращивания метанооксилюющих микроорганизмов**

Вид микроорганизма	Состав газа % об.				
	CH <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Воздух
Meth. methanooxidans	65	30	5	—	—
Ps. methanica	25—45	45	2—10	—	—
Ps. methanica	10—90	20	0,3	—	—
Methanomonas	40	10	5—10	40—45	—
Methanomonas methanica	33,3	—	—	—	66,7
Bacillus sp.	40	40	5	15	—
Смешанная культура	25	—	—	—	75

При выращивании смешанной культуры метанооксилюющих бактерий рода *Pseudomonas* и *Mycobacterium* в ферментере с циркуляцией газозвушной смеси в замкнутой системе была получена концентрация биомассы в культуральной жидкости 1,2 г СБ/л за 38 ч, выход биомассы — 0,6 г СБ на 1 л потребленного метана. В начале ферментации содержание метана и кислорода составляло соответственно 25 и 16%, введение в установку в экспоненциальной фазе роста культуры свежей метано-воздушной смеси, содержащей около 5% кислорода, продлило логарифмическую фазу роста микроорганизмов и сократило время культивирования. Максимальная удельная скорость роста равнялась 0,077 ч<sup>-1</sup>, а средняя продолжительность генерации составила 9,9 ч при концентрации метана 19—22%, концентрации кислорода 9—13% и значении рН 6,7—7,1. В расчете на 1 л потребленного метана (0,715 г) было получено 0,59 г биомассы, что составляет 82,6%. Расход метана и кислорода на 1,8 г сухого вещества, полученного в опыте, составил соответственно 2,18 и 5,47 г. Молярное соотношение потребленных метана и кислорода 1 : 1,2, массовое — 1 : 2,5 [4].

Бактериальная биомасса, полученная на метане, представляет собой продукт с высоким содержанием витаминов и белка, в который входят все незаменимые аминокислоты. В состав продукта входят также углеводы, липиды, немного минеральных солей (табл. 2) [4]. И главное, в белковом концентрате, полученном из природного газа, не обнаружено неусваиваемых и вредных соединений. По составу аминокислот и витаминов биомассу метанотрофов можно сравнить с дрожжами, рыбной и соевой мукой, сухим молоком.

Таблица 2

**Химический состав и питательная ценность белковых кормов**

Показатель	Подсолнечный шрот	Соевый шрот	Кормовой дрожжевой белок	Рыбная мука	Гаприн
Сырой протеин, %	38	45	45	60	65
Сырой жир, %	1,5	7	1,5	1	7
Лизин, мг/кг	1,2	2,7	1,5	7,4	5,87
Метионин, мг/кг	0,68	0,61	0,54	1,7	1,48
Триптофан, мг/кг	0,45	0,59	0,62	0,60	3,81

Окончание

Показатель	Подсол- нечный шрот	Соевый шрот	Кормовой дрожжевой белок	Рыбная мука	Гаприн
В1, мг/кг	3,2	3,1	16	1	4,3
В2, мг/кг	3,1	3,8	40	11	10,2
В3, мг/кг	13	16	60	17	45,5
В4, мг/кг	2 300	2 500	2 800	3 500	2 510
В6, мг/кг	11	5	30	4	35
В12, мг/кг					8,9—42
Перевариваемость белка, %	86	90	89	89	89

На рост биомассы оказывают влияние температура и pH среды. Принято считать, что оптимальный уровень pH для развития бактерий, окисляющих углеводороды, находится в пределах 7,0—7,2, температурный оптимум близок к 30—36 °С. Однако, как показали многочисленные исследования, оптимальные пределы pH и температуры для конкретных видов микроорганизмов различаются [5].

Таким образом, использование метана для получения белка 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. Кроме того, также решается проблема утилизации «свалочного газа», что несет в себе положительный экологический эффект в части уменьшения «парникового эффекта» в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Вавилин В.А., Локишина Л.Я., Ножевникова А.Н., Калюжный С.В. Свалка как возбудимая среда. — URL: [www.cogeneration.ru](http://www.cogeneration.ru)
- [2] Грачева И.М. Технология микробных белковых препаратов, аминокислот и жиров / И.М. Грачева, И.Н. Гаврилова, Л.А. Иванова. — М.: Пищевая промышленность, 1980.
- [3] Barlaz M.A., Ham R.K., Schaefer D.M. // Crit. Rev. Environ. Control. — 1990. — V. 19. — P. 557—584.
- [4] Денисов А.К. Кормовой дрожжевой белок: состав и свойства // Животноводство России. — 2007. — № 3. — С. 5—8.
- [5] Sheehan B.T. Production of bacterial cells from methane / B.T. Sheehan, M.J. Johnson // Appl. Microbiol. — 1971.

#### LITERATURA

- [1] Vavilin V.A., Lokshina L.Ya., Nozhevnikova A.N., Kalyuzhnyj S.V. Svalka kak vzbudimaya sreda. — URL: [www.cogeneration.ru](http://www.cogeneration.ru)
- [2] Gracheva I.M. Tekhnologiya mikrobnyx belkovyx preparatov, aminokislot i zhirov/ I.M. Gracheva, I.N. Gavrilova, L.A. Ivanova. — M.: Pishhevaya promyshlennost', 1980.
- [3] Barlaz M.A., Ham R.K., Schaefer D.M. // Crit. Rev. Environ. Control. — 1990. — V. 19. — P. 557—584.
- [4] Denisov A.K. Kormovoj drozhzhevoj belok: sostav i svojstva // Zhivotnovodstvo Rossii. — 2007. — № 3. — S. 5—8.
- [5] Sheehan B.T. Production of bacterial cells from methane / B.T. Sheehan, M.J. Johnson // Appl. Microbiol. — 1971.

## **THE SYNTHESIS OF FEED PROTEIN FROM METHANE OF A LANDFILL GAS'S**

**T.V. Liubinskaya, V.S. Orlova,  
V.S. Lyubinsky**

People's Friendship University of Russia  
*Podolskoe shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093*

This article considers a method of getting of feed protein from methane as the most important method to solve a problem of animal industry.

**Key words:** biogas, emission of biogas, "greenhouse" effect, alternative sources of energy, landfill gas, feed protein.