

4. Муллакаев М.С., Абрамов В.О., Вольков Г.И. и др. Исследование влияния ультразвукового воздействия и химических реагентов на реологические свойства вязких нефтей // Оборудование и технология для нефтегазового комплекса. 2010. №5. С.31-34.
5. Николаев А.И., Терентьева В.Б., Пешнев Б.В. Повышение выхода дистиллятных фракций при коксовании нефтяных остатков. Тонкие химические технологии. 2019. Т. 14. № 1. С. 75-81.
6. Николаев А.И., Терентьева В.Б., Торховский В.Н., Воробьев С.И. Получение нефтяного кокса из модифицированного сырья // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. 2016. №7. С.3-6.

УДК 661.715

Ю.А. Таран, В.О. Стрельникова

МИРЭА – Российский технологический университет
Институт тонких химических технологий им. М. В. Ломоносова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЭТАНОЛА ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ В СХЕМЕ РАСШИРЕННОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА УГЛЕВОДОРОДНЫХ ПРОДУКТОВ

Аннотация. Истощение запасов ископаемых видов топлива привели к поиску научным сообществом альтернативных источников энергии на основе возобновляемого сырья. В данной работе проведена оценка возможности замкнутой расширенной схемы получения жидких и газообразных углеводородов на основе успешно работающих предприятий и технологий зелёной химии. Схема включает использование экологически чистого источника энергии – солнца и азотсодержащих минеральных удобрений для получения биомассы сельскохозяйственных культур, биохимическую переработку полученной биомассы в биоэтанол и последующую каталитическую конверсию биоэтанола в газообразные и жидкие углеводородные продукты. Такой подход позволяет получать углеводороды, в частности моторные топлива, в неограниченном количестве, при этом используя хорошо отлаженные производства.

Использование альтернативных возобновляемых источников энергии позволит избежать кризиса в области биоэнергетики, связанного с исчерпаемостью нефтегазовых ресурсов [1]. Одним из главных применений таких ресурсов является переработка их в различные виды топлива.

Солнечная энергия в процессе фотосинтеза позволяет получать зеленую массу растений (биомассу), которую в дальнейшем можно преобразовать в жидкое биотопливо, такое как биоэтанол второго поколения, где в качестве биомассы используются непищевые остатки культивируемых растений. Данный вид топлива представляется перспективной заменой традиционным видам топлива [2]. Однако, для работы автомобильных двигателей на чистом биоэтаноле требуется их модернизация, а также замена объёма бензобака [3]. Избежать этих трудностей позволяет последующая каталитическая конверсия биоэтанола на высококремнеземных цеолитах типа HZSM-5 в углеводороды бензинового ряда [4, 5].

Для создания замкнутой и экономически привлекательной схемы получения углеводородов из биоэтанола второго поколения предлагается обратить внимание на стадию получения минеральных азотсодержащих удобрений (аммиачная селитра, карбамид, CAN, NPK и NS-удобрения и др.), вносимых под сельскохозяйственные культуры. Это целесообразно поскольку применение удобрений повышает урожайность культур с сохранением пахотных площадей, таким образом увеличивая выход биоэтанола и, как следствие, количество углеводородов, которые могут восполнить расход природного газа (метана) на производство азотных удобрений, обеспечивая воспроизводимость схемы в целом.

Замкнутая технологическая схема расширенного воспроизводства углеводородных продуктов представлена на рис. 1.

В первый блок (1) подают затравочный природный газ (6), обеспечивающий запуск производства углеводородных веществ, а также вспомогательные вещества (7), выбранные в зависимости от вида производимого удобрения. В результате известных технологий [6] получают минеральные азотсодержащие удобрения (аммиачная селитра, CAN, карбамид, NPK и NS-удобрения), а также отходы производства (8).

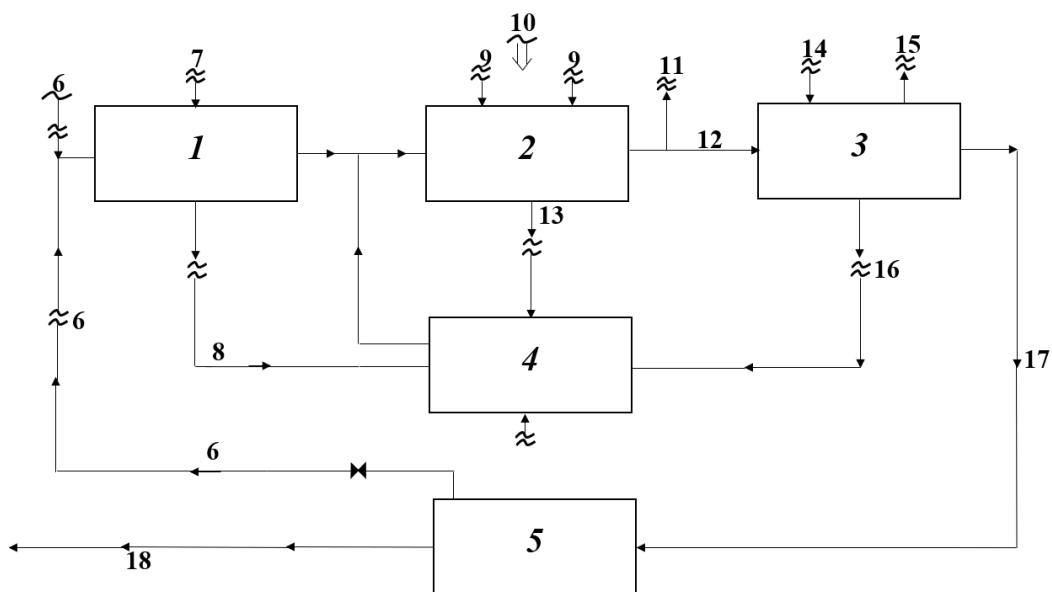


Рис. 1. Блок-схема расширенного воспроизводства углеводородных продуктов

1 – производство азотных минеральных удобрений; 2 – с/х производство (растениеводство); 3 – биотехнологическое производство УВ растворов (гидролизный завод); 4 – производство органоминеральных удобрений, сопутствующих органоминеральных веществ и продуктов; 5 – перевод жидкого гидролизного УВ раствора в паровую фазу и конверсия УВ продукта в парообразном состоянии на катализаторе в газообразные и жидкие УВ продукты; 6 – затравочный природный газ для производства минеральных удобрений, возврат природного газа в поток рециркуляции УВ продуктов; 7 – вспомогательные вещества для производства минеральных удобрений; 8 – сброс отходов производства азотных минеральных удобрений в производство органоминеральных удобрений; 9 – использование солнечной энергии; 10 – солнечный поток – энергетический источник фотосинтеза; 11 – реализация кондиционного зерна; 12 – поток непищевых с/х остатков (зелёная масса) и некондиционного зерна на биотехнологическую переработку; 13 – сброс отходов растениеводства в производство органоминеральных удобрений; 14 – поступление реагентов на гидролизное производство; 15 – отходы гидролизного производства; 16 – сброс отходов гидролизного производства в производство органоминеральных удобрений; 17 – поток УВ растворов; 18 – реализация УВ продуктов в вещества, требуемые потребителю.

Во втором блоке (2) предусмотрено выращивание и получение урожая сельскохозяйственных культур с использованием солнечной энергии (9) из солнечного потока (10), а также минеральных удобрений, полученных в первом блоке. При этом получают кондиционное зерно (11), которое реализуется традиционным образом (переработка или продажа), непищевые сельскохозяйственные остатки (зелёная масса, биомасса) и некондиционное зерно (12) направляемые в третий блок схемы, и отходы растениеводства (13).

Третьим блоком (3) является биотехнологическое производство углеводородсодержащих растворов (17) посредством гидролиза сельскохозяйственных остатков культур и некондиционного зерна [7]

куда также подают необходимые реагенты (14), в частности, кислоты, основания, микрофлору. Отходы гидролизного производства могут использоваться в качестве добавок к кормам животных (послеспиртовая барда) (15) или сбрасываться в производство органоминеральных удобрений (16).

Четвёртым блоком (4) является производство органоминеральных удобрений из отходов производства минеральных удобрений (8), растениеводства (13) и гидролизного производства (16).

Пятый блок (5) включает перевод жидкого гидролизного углеводородсодержащего раствора (17) посредством ректификационного разделения в спиртосодержащие пары, которые после дополнительной очистки для исключения отбросов и нецелевого использования направляются на каталитическую переработку на высококремнистых цеолитах в газообразные и жидкие углеводородные продукты с составом близким к природным нефтегазовым продуктам. Часть газообразных продуктов (для расширения производства – полуторную долю) перерабатывают в природный газ (6) и возвращают (рециркулируют) в первый блок производства азотсодержащих минеральных удобрений, тем самым восполняя затраты природного газа (CH₄) на их производство, а оставшиеся углеводородные продукты (18) реализуются в качестве веществ, требуемых потребителю (товарный бензин, дизельное топливо).

Для численной иллюстрации процесса в качестве энергетической сельскохозяйственной культуры была выбрана кукуруза, а в качестве азотного удобрения применялись аммиачная селитра или карбамид (таблица 1).

Таблица 1 - К определению количества зелёной массы кукурузы и выхода биоэтанола

Показатель	Значение	
	Аммиачная селитра	Карбамид
Для производства 1 т удобрения		
Расход природного газа, нм ³	544	795
В пересчёте на 1000 нм³ природного газа		
Количество удобрения, т	1,8	1,3
Количество удобрения, вносимого на 1 га,	0,348	0,260
Количество обработанных гектаров*	5,2	5
Количество зерна без потерь / с потерями, т**	26/23,1	25/22,3
Количество некондиционного зерна, т***	1,170	1,125
Количество зелёной массы без потерь/ с потерями,	286/233,22	275/224,25

Т***		
Суммарный теоретический выход биоэтанола, т	36,26	34,85
* урожайность зерна кукурузы равна 5 т/га, потери 6,5% ** доля некондиционного зерна 4,5% от урожая ***урожайность зелёной массы кукурузы равна 55 т/га, необходимо запахать в почву 8,5 т/га, потери 3% от урожая		

Дальнейшая каталитическая конверсия биоэтанола позволяет получить достаточное количество газообразных углеводородов для их рециркуляции на стадию производства азотных удобрений, а также жидких углеводородов для их дальнейшего преобразования в моторные топлива (таблица 2).

Таблица 2 - Выход продуктов конверсии биоэтанола

Применяемое удобрение	Газообразные УВ, т			Жидкие УВ, т	Вода, т
	<i>Синтезир.</i>	<i>На рецирк.</i>	<i>Остаток</i>		
Аммиачн. селитра	3,08	1,095	1,985	12,33	15,41
Карбамид	2,96	1,095	1,865	11,85	14,81

Таким образом продемонстрирована актуальность внедрения замкнутой расширенной схемы производства углеводородсодержащих продуктов с использованием существующих производств, которая позволяет с использованием экологически чистого источника энергии, получать моторные топлива в неограниченном количестве.

Список использованных источников

1. BP Statistical Review of World Energy. P. 15 [Электронный ресурс]. 2017. С.12-24 URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-oil.pdf> (дата обращения: 17.11.2020)
2. Vohra M., Manwar J., Manmode R. et. al. Bioethanol production: Feedstock and current technologies // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2014. V. 2. P.573–584
3. Balat M. Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: A review // Energy Conversion and Management. 2011. V. 52. P.858–875
4. Третьяков В. Ф., Макарфи Ю. И., Талышинский Р. М. и др. Каталитическая конверсия биоэтанола в углеводороды // Вестник МИТХТ. 2010. Т. 5. № 4. С.77-86

5. Пилипенко А. Ю., Кузьмина Р. И., Зюмченко Е. В. Конверсия этанола на катализаторе Zr-ZSM-5 // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2014. Т. 14, вып. 3, С.25-30
6. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС -2 – 2015. Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот. М.: Из-во Бюро НДТ. 2015
7. Pandiyan K., Singh A., Singh S. et. al. Technological interventions for utilization of crop residues and weedy biomass for second generation bio-ethanol production // Renewable Energy. 2019. V. 132. P.723-741

УДК 669.295.055

**Н.Р. Тимирбаева^{1,2}, А.З. Исагулов²,
О.В. Заякин³, А.С. Байсанов²**

¹Карагандинский государственный технический университет, Казахстан

²Химико-Металлургический институт им. Ж. Абишева, Казахстан

³Институт металлургии Уральского отделения РАН, Российская Федерация

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ТИТАНСОДЕРЖАЩИХ СПЛАВОВ

Аннотация. В настоящей работе описано современное состояние и проблемы производства титансодержащих ферросплавов. Проанализированы основные способы производства сплавов с титаном в разрезе технико-экономических показателей. Определены основные преимущества и недостатки указанных методов.

В настоящее время возрастает интерес металлургов к титансодержащим сплавам. Данные сплавы успешно применяются в черной металлургии при раскислении стали, однако широкое их применение сдерживается сложностью и высокой стоимостью сырьевых материалов для их производства [1].

Титан является сильным карбидным стабилизатором, который используется в аустенитной нержавеющей стали для предотвращения межкристаллитной коррозии. Кроме того, он улучшает характеристики упрочнения стали [2-3]. Титансодержащие ферросплавы (ферротитан, силикотитан) по сравнению с чистым