

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА БИОЭТАНОЛА В РЕСПУБЛИКЕ ИРАК

© Мохаммед Сукина Джалал Мохаммед¹, А. Н. Пахомов²✉,
Н. Ц. Гатапова², Ю. В. Пахомова²

¹ Технологический университет, Багдад, Республика Ирак;

² кафедра «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность»,
panpost@yandex.ru; ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Российская Федерация

Ключевые слова: выход биоэтанола; глюкоза; методика расчета; производительность; региональное сырье; топливный рынок; фруктоза.

Аннотация: Обоснована возможность производства биоэтанола в качестве добавки к топливу в условиях Республики Ирак. Приведены сводные статистические данные по основным странам-потребителям моторного топлива. Рассмотрены объемы потребления бензина, выявлены ключевые факторы, влияющие на динамику топливного рынка. Представлен обзор перспективной региональной сырьевой базы Республики Ирак. На основе инженерной методики определения выхода этанола из сахарного сырья, выполнены расчеты для видов сырья, перспективных для культивирования и переработки в условиях Ирака. Приведены количественные показатели выхода биоэтанола, оценена технологическая целесообразность его производства из местного сырья.

Введение

Республика Ирак традиционно зависит от нефтегазового сектора, который обеспечивает более 60 % ВВП, около 90 % доходов бюджета и свыше 99 % экспортных поступлений. Однако страна сталкивается с нехваткой бензина и вынуждена импортировать его. Биоэтанол может частично компенсировать этот дефицит, снизив зависимость от импорта и улучшив энергетическую безопасность [1].

В 2009 году премьер-министр Нури аль-Малики одобрил проект по производству биоэтанола из фиников, разработанный специалистами из Алжира и ОАЭ. По оценкам данного проекта, из 100 т фиников можно получить около 35 т биотоплива. Это могло бы стать альтернативой традиционным источникам топлива, особенно в условиях колебаний мировых цен на нефть. Однако производства биоэтанола в Ираке сопряжено с рядом специфических особенностей, таких как технологические проблемы, климатические и почвенные ограничения, конкуренция с нефтяным сектором и сохраняющаяся политическая нестабильность в регионе.

В Ираке недостаточно развита инфраструктура для производства и распределения биоэтанола. Требуется модернизация сельскохозяйственного сектора, строительство перерабатывающих заводов и логистических цепочек. В некоторых регионах наблюдаются засоленность почв, засуха и необходимость орошения. При этом использование сельскохозяйственных земель под производство топлива

может привести к росту цен на продовольствие и обострению проблем с продовольственной безопасностью, что на фоне доминирования нефтегазовой отрасли затрудняет привлечение инвестиций в альтернативные источники энергии [2].

При этом развитие сектора производства биоэтанола имеет и определенные перспективы для экономики Ирака, основные из которых:

1) *диверсификация экономики*. Развитие производства биоэтанола может снизить зависимость от нефти и стимулировать рост сельского хозяйства и смежных отраслей;

2) *создание рабочих мест*. Проекты в сфере биоэнергетики потенциально могут улучшить ситуацию на рынке труда, особенно в сельских районах;

3) *сотрудничество с международными организациями*. Ирак уже участвовал в проектах по развитию возобновляемых источников энергии при поддержке ЕС. Привлечение иностранных инвестиций и технологий могло бы ускорить развитие отрасли.

Таким образом, производство биоэтанола в Ираке имеет потенциал, но его реализация требует комплексного подхода: развития инфраструктуры, решения технологических проблем, а также политической воли для переориентации части ресурсов с нефтегазового сектора на альтернативные источники энергии [3].

Перспективы мирового применения биоэтанола в топливной отрасли

По открытым данным аналитических исследований и отчетов специализированных агентств и консалтинговых фирм (BusinesStat, «ОМТ-Консалт»), отраслевых отчетов ОПЕК и IEA Bioenergy, а также исходя из данных глобальной базы Energy Information Administration получены агрегированные показатели потребления бензина по основным странам-потребителям моторного топлива (табл. 1).

Таблица 1

**Сводные данные по потреблению бензина
в основных странах-потребителях за 2023–2024 гг.**

Страна	Объем потребления бензина, млн т.	Особенности
1	2	3
Китай	177	Пик потребления пришелся на 2023 год (14,76 млн б/с). Ожидается дальнейшее снижение из-за роста популярности электромобилей: в 2025 году прогнозировался спад на 2,4 %
США	36	Внутренний спрос. Потребление связано с поездками по шоссе, сельским хозяйством и морским сектором
Россия	120	Данные в баррелях в сутки (б/с). В 2024 году производство бензина составило 41,1 млн т
Европа		
Германия	28,5	Один из крупнейших рынков ЕС; высокий автопарк, но растет доля электромобилей
Франция	22,0	Сильная политика декарбонизации; субсидирование электромобилей и гибридов
Италия	18,0	Значительная доля малолитражек и дизелей; постепенный переход на электротягу
Испания	16,5	Высокий туристический трафик; рост использования биотоплив (Е10)
Великобритания	15,0	Жесткие экологические нормы; запрет продаж ДВС с 2030 г.
Нидерланды	4,5	Высокая плотность зарядной инфраструктуры; один из лидеров по доле электромобилей

Продолжение табл. 1

1	2	3
Польша	9,0	Преобладание подержанных авто; медленная электрификация транспорта
Латинская Америка		
Бразилия	38,0	Крупнейший рынок региона; широкое использование этанола (E27–E100) и гибких топлив
Мексика	24,0	Зависимость от импорта нефтепродуктов; рост автопарка
Аргентина	8,5	Экономические колебания влияют на спрос; субсидируемые цены на топливо
Чили	3,5	Активный переход на электромобили (особенно в городах); высокие налоги на бензин
Колумбия	5,0	Рост автопарка, но низкая средняя дистанция поездок
Перу	4,0	Урбанизация стимулирует спрос; зависимость от импорта бензина
Ближний Восток		
Объединенные Арабские Эмираты	~9,4	В 2023 году потребление составляло около 186,2 тыс. баррелей в сутки, что эквивалентно примерно 9,4 млн т в год
Саудовская Аравия	Нет точных данных	Крупнейший производитель нефти в регионе, но данные по потреблению бензина не указаны
Ирак	~8,5	В 2023 году потребление составляло около 167,5 тыс. баррелей в сутки, что эквивалентно примерно 8,5 млн т в год. В ноябре 2025 года Ирак объявил о полной самообеспеченности бензином и дизелем, прекратив их импорт
Сирия	0 (по данным на 2023 г.)	В 2023 году потребление бензина в Сирии зафиксировано на нулевом уровне. Это связано с длительным экономическим кризисом, разрушением инфраструктуры и санкциями, которые ограничивают импорт топлива. В предыдущие годы ситуация была более сложной: в 2010 году добыча нефти в стране достигала более 383 тыс. баррелей в сутки, но к 2014 году сократилась до 22,7 тыс. баррелей из-за войны
Египет	~8,4	В 2023 году потребление составляло около 166,34 тыс. баррелей в сутки, что эквивалентно примерно 8,4 млн т в год. Египет — крупнейший в Африке производитель электроэнергии, работающей на газе, но при этом сохраняет зависимость от ископаемого топлива. Страна стремится увеличить долю возобновляемой энергетики: к 2030 году планируется довести ее до 42 %

Исходя из имеющихся данных по мировому потреблению бензина, можно сделать вывод о наличии тенденций по трансформации топливной отрасли, что указывает на перспективу массового применения биоэтанола в качестве топлива. В частности, в Китае наблюдается снижение потребления бензина из-за активного перехода на электромобили и развития общественного транспорта. В США потребление бензина остается значительным, но может варьироваться в зависимости от экономических и социальных факторов. При этом в США активно применяется ряд топлив с добавками этанола: E10, E15(с содержанием биотанола 10 и 15 % соответственно) и специализированное топливо E85 с содержанием от 51 до 83 % этанола. В России производство и потребление бензина относительно стабильны, несмотря на то что в 2024 году наблюдалось небольшое снижение производства. В странах Европы имеются строгие экологические ограничения (стандарты Euro 7),

которые дают возможность активному применению топлива с добавками биоэтанола. Также наблюдается рост доли электромобилей и гибридов. В странах Латинской Америки (особенно в Бразилии) активно применяются добавки биоэтанола в топливо. Ирак, несмотря на недавние заявления о самообеспеченности, импортирует значительные объемы бензина и дизеля. В Египте, несмотря на развитие технологий возобновляемых источников энергии, продолжается активно использовать ископаемое топливо. Низкая стоимость бензина в Египте (одна из самых низких в Африке) поддерживается за счет государственных субсидий, что препятствует развитию применения биоэтанола в качестве топлива [4, 5].

Полученные данные говорят о том, что в условиях Республики Ирак и вообще в странах Ближнего Востока производство и применение биоэтанола в качестве топлива имеют определенные перспективы.

Перспективная региональная сырьевая база

Возможности сырьевой базы для производства биоэтанола находятся в сильной зависимости от климата региона. Ирак относится к субтропическому и тропическому климатическим поясам, но с заметными региональными различиями. Климат Ирака – континентальный, с ярко выраженной зональной дифференциацией: от субтропического на севере, до тропического на юге. Ключевые особенности определяются расположением в зоне пустынь и полупустынь, влиянием горных систем на северо-востоке и близостью Персидского залива на юго-востоке. Сводные данные по погодным условиям в основных климатических зонах страны представлены в табл. 2.

В климатических условиях Ирака высокую урожайность демонстрируют такие фруктовые культуры, как финики, виноград, цитрусовые, а также персики, миндаль и фисташки. Урожайность фруктовых культур в Ираке существенно варьируется в зависимости от вида растения, климатических условий, состояния инфраструктуры и исторических факторов. Основные проблемы сельского хозяйства страны включают засушливый климат, ограниченность орошаемых земель, последствия военных конфликтов и недостаточное развитие агротехнологий.

Финики – ключевая фруктовая культура Ирака. В прошлом страна была крупнейшим мировым производителем фиников, но во время ирано-иракской войны производство серьезно пострадало. К началу 2000-х годов уровень производства приблизился к довоенному, но к тому времени Ирак уступил лидерство Египту, Ирану и Саудовской Аравии. По данным на 2020 год, в Ираке выращивали около 6 миллионов деревьев сорта «захида» – самого распространенного в стране. Средняя годовая урожайность составляла 73 кг с дерева, но часто превышала 100 кг. Финиковые пальмы начинают плодоносить на 4–5 год жизни, а максимальной урожайности достигают к 15 – 20 годам. Плодоносить дерево может 60 – 80 лет. Финиковые пальмы требовательны к воде: несмотря на то что они устойчивы к засухе, для нормального роста и плодоношения нуждаются в регулярном орошении. Основные плантации сосредоточены в южных регионах, вдоль рек Тигр и Евфрат, а также в районе Шатт-эль-Араба.

В Ираке культивируют в основном столовые сорта винограда (Мускат александрийский, Тайфи белый и розовый, Мускат белый, Кишмиш белый и Кишмиш суугли), а также винные сорта (длинный палестинский, Кариньян, Арамон). Площадь виноградников в стране оценивалась примерно в 55 тыс. га. К сожалению, урожайность винограда в Ираке относительно невысока, вследствие низкого уровня агротехники с преобладанием поливной системы возделывания.

Таблица 2

Погодные условия в основных климатических зонах республики Ирак

Климатическая зона	Зима	Лето	Осадки и особенности климата
Север (горные районы Курдистана, окрестности Мосула)	Прохладная и дождливая, возможны заморозки и снег (особенно в горах). Средняя январская температура: +7...+12 °С	Жаркое и сухое, но менее экстремальное, чем на равнинах. Средняя июльская температура: +30...+34 °С	До 1500 мм/год в горах (максимум – ноябрь-апрель), на предгорьях – 300...560 мм/год
Центральные равнины (Багдад, Тикрит)	Мягкая, с редкими заморозками. Средняя январская температура: +10...+15 °С	Крайне жаркое и засушливое. Средняя июльская температура: +34...+38 °С, максимумы – до +50...+52 °С	100...180 мм/год, почти все – с ноября по апрель. С июня по сентябрь дожди отсутствуют. Частые пыльные бури летом; высокая инсоляция (свыше 3200 ч солнца/год)
Юг (Наджафия, Басра, прилегающие к Персидскому заливу районы)	Теплая, без заморозков. Средняя январская температура: +12...+16 °С	Экстремально жаркое и влажное у побережья. Средняя июльская температура: +36...+40 °С, максимумы – до +48...+50 °С	50...100 мм/год, преимущественно зимой, высокая влажность у залива; летом – пыльные бури и ветер шарки (юго-восточный)
Западные пустыни (Сирийская пустыня, район Рутба)	Прохладная, возможны ночные заморозки. Средняя январская температура: +8...+12 °С	Очень жаркое. Средняя июльская температура: +32...+36 °С, максимумы – до +45...+47 °С	Менее 100 мм/год, сконцентрированы в зимние месяцы. Резкие суточные колебания температур; песчаные бури

В Ираке выращивают апельсины и мандарины, но объемы производства значительно уступают другим странам региона. Например, в 2015 году производство апельсинов в Ираке составляло около 137,5 тыс. т, а мандаринов – значительно меньше. На урожайность citrusовых влияют климатические условия, доступность воды для орошения и состояние инфраструктуры. В прошлом экспорт мандаринов из Ирака сокращался из-за логистических проблем и разногласий с поставщиками [5].

В южных регионах Ирака также выращивают персики, миндаль и фисташки. Однако объемы производства этих культур незначительны по сравнению с финиками и citrusовыми.

По данным на 2023 год, объем производства фиников в Ираке составлял 635,9 тыс. т в год. В том же году убранная площадь под финиковыми пальмами в стране достигала 276 тысяч гектаров, а урожайность с гектара – 2,3 т. Ранее, в 2000-х годах, производство фиников в Ираке было значительно выше. Например, в 2008 году сообщалось, что в стране собирали около 400 тысяч т фиников в год, что составляло примерно 15 % мирового производства. На тот момент Ирак занимал второе место в мире по объему сбора фиников после Египта.

Приведем данные по общим объемам производства фруктов (фиников, винограда и апельсинов) в Ираке за период 2015 – 2020 гг. по плантационным или садо-

вым культурам, выращиваемым на продажу (по данным отчета FAO – продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН за 2021 год), тыс. т: 2015 – 1 109,4; 2016 – 1 197, 9; 2017 – 1 254,5; 2018 – 1 430, 0; 2019 – 1 922, 7; 2020 – 1 980,4.

Рекордный уровень производства фруктов в Ираке достигнут в 2001 году – 2 613 107 т. Самый низкий показатель за время наблюдения с 1961 года составил 776 839 т. В том же отчете на 2021 год указаны данные по некоторым культурам, тыс. т: финики – 668; виноград – 433,1; апельсины – 137,5.

Методика расчета выхода биоэтанола из фруктового сырья

Методика расчета выхода биоэтанола из фруктового сырья основана на химическом уравнении спиртового брожения и учитывает молекулярные массы веществ, участвующих в реакции [6 – 9]. Спиртовое брожение – это биологический процесс, при котором дрожжи преобразуют сахара (глюкозу, фруктозу, сахарозу и др.) в этанол (этиловый спирт) и углекислый газ в анаэробных условиях.

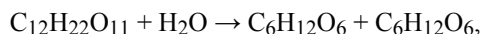
Химическое уравнение брожения для глюкозы



То есть одна молекула глюкозы ($C_6H_{12}O_6$) превращается в две молекулы этанола (C_2H_5OH) и две молекулы углекислого газа (CO_2).

Химическое уравнение брожения для сахарозы ($C_{12}H_{22}O_{11}$).

В этом случае процесс немного сложнее: сначала сахароза расщепляется на глюкозу и фруктозу, а затем каждая из них ферментируется



а затем каждая из них ферментируется (см. химическое уравнение брожения для глюкозы).

Расчет теоретического выхода этанола из определенного количества сахара.

1. Определяем молекулярные массы веществ:

– глюкоза ($C_6H_{12}O_6$): $6 \times 12 + 12 \times 1 + 6 \times 16 = 180$ г/моль;

– этанол (C_2H_5OH): $2 \times 12 + 5 \times 1 + 16 + 1 = 46$ г/моль.

2. Исходя из уравнения реакции, из 1 моль глюкозы получается 2 моль этанола. Пересчитаем в граммы:

– 180 г глюкозы дают $2 \times 46 = 92$ г этанола.

3. Рассчитаем выход этанола на 1 кг сахара:

– для глюкозы: $18092 \approx 0,511$ кг этанола на 1 кг глюкозы;

– учитывая плотность этанола (примерно 0,789 кг/л), переведем в литры: $0,7890,511 \approx 0,647$ л этанола на 1 кг глюкозы.

Для сахарозы расчет корректируется с учетом того, что сахароза состоит из двух моносахаридов. Молекулярная масса сахарозы – 342 г/моль. После расщепления на глюкозу и фруктозу (каждая по 180 г/моль) общая масса сбраживаемых сахаров равна 360 г. Из 342 г сахарозы получается 184 г этанола (по 92 г от каждого моносахарида). Выход в литрах составит $342184/0,789 \approx 0,681$ л этанола на 1 кг сахарозы.

Необходимо отметить, что данный расчет является приближенным. Для расчета выхода биоэтанола в реальном процессе брожения необходимо учитывать следующие факторы, влияющие на реальный выход [7]:

- 1) качество сырья и дрожжей: не все сахара могут быть доступны для ферментации, а дрожжи могут быть недостаточно активны;
- 2) температурный режим: оптимальная температура для большинства дрожжей – 20...30 °С; отклонения замедляют или останавливают брожение;
- 3) кислотность среды: оптимальный диапазон для спиртовых дрожжей – 4,5–5; в щелочной среде может происходить образование глицерина и других побочных продуктов;
- 4) наличие примесей и ингибиторов: некоторые вещества в сырье (например, фурфурол, фенолы) могут подавлять активность дрожжей;
- 5) технологические потери: часть этанола может испаряться, возможны потери при обработке и хранении;
- 6) неполное сбраживание: если брожение не доведено до конца, часть сахара останется несброженным.

Для приблизительного расчета реального выхода в инженерной методике можно использовать коэффициент эффективности, который учитывает потери [8]. Таким образом, методика расчета включает химический анализ реакции, учет молекулярных масс и корректировку на практические условия процесса.

Расчет выхода биоэтанола из перспективного сырья

Приведем результаты расчет выхода биоэтанола из перспективного для Ирака наиболее распространенного сырья – фиников, которое подходит для производства биоэтанола благодаря высокому содержанию простых углеводов (сахаров). В сушеных плодах концентрация сахаров достигает 60 – 65 % от общего веса – это один из самых высоких показателей среди фруктов. Усредненный состав сушеных фиников, полученный согласно исследованиям [4], представлен в табл. 3.

С учетом того что из 1 моля глюкозы (180 г) получается 2 моля этанола (2×46 = 92 г), теоретический выход биоэтанола на 1 кг сырья составит:

$$92/180 \approx 0,511 \text{ (51,1 \% от массы сахаров)}.$$

Для 670,3 г углеводов (предполагаем, что все углеводы – сбраживаемые сахара) выход этанола составит 670,3×0,511 ≈ 342,5 г.

На практике выход этанола ниже из-за неполного извлечения сахаров при подготовке суслу (потери ~10 – 20 %), неполного сбраживания (потери ~5 – 15 %), потери при дистилляции и очистке ~5 – 10 %. В результате итоговый коэффициент эффективности обычно составляет 60 – 75 % от теоретического выхода.

Таблица 3

Усредненный состав сушеных фиников на 100 г продукта

Показатель	Содержание, г
Углеводы	67,03
Вода	20,53
Белки	2,45
Жиры	0,39
Пищевые волокна	8,0
Зола	1,6

Примем средний коэффициент эффективности 70 %. Соответственно получим $342,5 \times 0,70 \approx 239,8$ г этанола из 1 кг фиников. Принимая плотность этанола при $20\text{ }^{\circ}\text{C} \approx 0,789$ г/мл, получим объемный выход биоэтанола из 1 кг фиников $239,8/0,789 \approx 303$ мл.

Таким образом, для производства 1 л биоэтанола потребуется примерно 3,33 кг фиников.

По данным серии экспериментов, проведенных в Саудовской Аравии, из 1 т фиников было получено в среднем 300 л биоэтанола, что показывает хорошую сходимость с расчетными данными [4]. При этом необходимо отметить, что в ходе экспериментов использовались наименее востребованные сорта фиников.

В таблице 4 показано рассчитанное по представленной методике количество фруктового сырья, имеющего определенные перспективы для производства биоэтанола в Республике Ирак. Все значения рассчитаны для идеальных условий (максимальная экстракция сахаров, эффективная ферментация, минимальные потери).

Таблица 4

Сводная таблица выхода биоэтанола для фруктового сырья, перспективного для Республики Ирак

Сырье	Средний вес плода, г на 1 ед. сырья	Содержание сахаров, %, (среднее)	Среднее количество сахаров в 1 кг сырья, г	Требуется сырья на 1 л этанола, кг	Пояснение / примечание
Арбуз	5000	6 – 10 (8)	80	17,5 – 25	Зависит от сорта и спелости; расчет для мякоти без корки
Апельсин	200	8 – 12 (10)	100	14 – 16	Из цельного плода; при переработке жмыха – на 20 – 30 % меньше
Банан (без кожуры)	125	12 – 16 (14)	140	12 – 14	Спелые плоды; кожура не учитывается
Виноград (столовый)	6	15 – 18 (16,5)	165	10 – 12	Расчет для цельных ягод; жмых дает меньший выход
Груша	180	9 – 11 (10)	100	14 – 16	Зависит от сорта и степени зрелости
Клубника	12,5	4,5 – 6 (5,25)	52,5	28 – 32	Низкое содержание сахаров; высокая вариабельность
Киви	75	8 – 10 (9)	90	16 – 18	Зависит от сорта и спелости
Яблоко	150	10 – 12 (11)	110	13 – 15	Сладкие сорта – выше выход; кислые – ниже
Финики (сушеные)	10 – 15	60 – 65 (62,5)	625	2,5 – 3,3	Высокое содержание сахаров; расчет для сушеных плодов
Манго	300	12 – 15 (13,5)	135	11 – 13	Спелые плоды; вариабельность по сортам
Ананас	1200	11 – 14 (12,5)	125	12,5 – 14	Расчет для мякоти без кожуры и сердцевины
Персик	150	8 – 11 (9,5)	95	15 – 17	Зависит от сорта и степени зрелости

Заключение

Как следует из результатов расчета выхода биоэтанола из фруктового сырья, наиболее эффективными культурами являются финики, бананы и виноград (высокое содержание сахаров, высокий выход целевого продукта). Менее перспективны – клубника и апельсины (низкий выход сахаров на единицу массы, технологические проблемы переработки). Следует отметить, что сезонность и логистика могут сделать некоторые фрукты нерентабельными для производства биоэтанола. Финики – традиционная культура Ирака. До ирано-иракской войны страна была одним из крупнейших мировых производителей фиников, но за годы конфликтов производство значительно сократилось. Возрождение финиковых плантаций могло бы не только поддержать сельское хозяйство, но и обеспечить сырье для активного развития производства биоэтанола, что в свою очередь позволило бы снизить зависимость экономики страны от нефти, стимулировать рост сельского хозяйства и смежных отраслей, улучшить ситуацию на рынке труда, а также развивать сотрудничество Ирака с международными организациями, что положительно сказалось бы на имидже страны на мировой арене.

Список литературы

1. Obodovych, O. Realities and prospects of future complex processing of plant raw materials into bioethanol and by-products / O. Obodovych, V. Sydorenko // *Biotechnologia Acta*. – 2020. – Vol. 13, No. 6. – P. 13–23. doi: 10.15407/biotech13.06.013
2. Доржеев, А. А. Требования стандартов к топливному этанолу и биоэтанолу / А. А. Доржеев // *Эпоха науки*. – 2022. – № 29. – С. 36–39.
3. Джамалов, З. З. Современное состояние и пути совершенствования производства биоэтанола из виноградного жмыха / З. З. Джамалов, Р. А. Кемалов // *Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология (ISJAE)*. – 2023. – № 2(407). – С. 34–42. doi: 10.15518/isjaee.2023.02.034-042
4. Карпов, С. А. Технология производства биоэтанола – экологически чистого компонента автомобильного топлива / С. А. Карпов // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. – 2007. – № 8. – С. 18–23.
5. Леденев, В. П. Мировые тенденции развития биоэтанола / В. П. Леденев // *Ликероводочное производство и виноделие*. – 2007. – № 10. – С. 22–23.
6. Биотопливо, его получение и использование (обзор) / А. Н. Лисицын, В. В. Ключкин, В. Н. Григорьева, Т. Б. Алымова // *Масложировая промышленность*. – 2007. – № 2. – С. 40–42.
7. Миронова, Г. Ф. Повышение эффективности процесса получения биоэтанола из шелухи овса / Г. Ф. Миронова, Е. А. Скиба // *Химия и химическая технология переработки растительного сырья: материалы докладов Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 10 – 12 октября 2018 г.* – Минск, 2018. – С. 87–91.
8. Lignocellulosic Biomass Valorization for Bioethanol Production: a Circular Bioeconomy Approach / A. Devi, S. Bajar, H. Kour, R. Kothari, D. Pant, A. Singh // *Bioenergy Research*. – 2022. – Vol. 15, No. 4. – P. 1820–1841. doi: 10.1007/s12155-022-10401-9
9. An overview on bioethanol production from lignocellulosic feedstocks / M. Toor, S. S. Kumar, S. K. Malyan [et al.] // *Chemosphere*. – 2020. – Vol. 242, No. 3. – P. 125080. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.125080

Prospects for Bioethanol Production in the Republic of Iraq

© Mohammed Sukina Jalal Mohammed¹, A. N. Pakhomov²✉,
N. Ts. Gatapova², Yu. V. Pakhomova²

¹ Baghdad University of Technology, Iraq;

² Department of Technological Processes, Equipment, and Technosphere Safety,
panpost@yandex.ru; TSTU, Tambov, Russian Federation

Keywords: bioethanol yield; glucose; calculation method; productivity; regional feedstock; fuel market; fructose.

Abstract: The possibility of producing bioethanol as a fuel additive in the Republic of Iraq is substantiated. Summary statistical data for the main motor fuel consuming countries is provided. Gasoline consumption volumes are examined, and key factors influencing fuel market dynamics are identified. An overview of the promising regional raw material base of the Republic of Iraq is presented. Using an engineering methodology for determining ethanol yield from sugar feedstock, calculations are performed for feedstocks promising for cultivation and processing in Iraqi conditions. Quantitative indicators of bioethanol yield are presented, and the technological feasibility of its production from local feedstock is assessed.

References

1. Obodovych O., Sydorenko V. Realities and prospects of future complex processing of plant raw materials into bioethanol and by-products, *Biotechnologia Acta*, 2020, vol. 13, no. 6, pp. 13-23, doi: 10.15407/biotech13.06.013
2. Dorzheyev A.A. [Requirements of standards for fuel ethanol and bioethanol], *Epokha nauki* [The Age of Science], 2022, no. 29, pp. 36-39. (In Russ., abstract in Eng.)
3. Dzhamalov Z.Z., Kemalov R.A. [Current state and ways to improve the production of bioethanol from grape pomace], *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal Al'ternativnaya energetika i ekologiya* [International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology] (ISJAEE), 2023, no. 2(407), pp. 34-42. doi: 10.15518/isjaee.2023.02.034-042 (In Russ., abstract in Eng.)
4. Karpov S.A. [Technology of production of bioethanol - an environmentally friendly component of automobile fuel], *Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse* [Environmental protection in the oil and gas complex], 2007, no. 8, pp. 18-23. (In Russ., abstract in Eng.)
5. Ledenev V.P. [Global Trends in Bioethanol Development], *Likerovodochnoye proizvodstvo i vinodeliye* [Liquor and Vodka Production and Winemaking], 2007, no. 10, pp. 22-23. (In Russ., abstract in Eng.)
6. Lisitsyn A.N., Klyuchkin V.V., Grigor'yeva V.N., Alymova T.B. [Biofuel, Its Production and Use (Review)], *Maslozhirovaya promyshlennost'* [Oil and Fat Industry], 2007, no. 2, pp. 40-42. (In Russ., abstract in Eng.)
7. Mironova, G.F., Skiba Ye.A. *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya pererabotki rastitel'nogo syr'ya: materialy dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Chemistry and chemical technology of processing plant raw materials: materials of reports of the International scientific and technical conference], Minsk, October 10-12, 2018, Minsk, 2018, pp. 87-91. (In Russ., abstract in Eng.)

8. Devi A., Bajar S., Kour H., Kothari R., Pant D., Singh A. Lignocellulosic Biomass Valorization for Bioethanol Production: a Circular Bioeconomy Approach, *Bioenergy Research*, 2022, vol. 15, no. 4, pp. 1820-1841. doi: 10.1007/s12155-022-10401-9

9. Toor M., Kumar S.S., Malyan S.K. [et al.] An overview on bioethanol production from lignocellulosic feedstocks, *Chemosphere*, 2020, vol. 242, no. 3, pp. 125080. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.125080

Perspektiven für die Bioethanolproduktion in der Republik Irak

Zusammenfassung: Es ist die Möglichkeit, Bioethanol als Kraftstoffzusatz in den Bedingungen der Republik Irak herzustellen, begründet. Es sind zusammenfassende Statistiken für die wichtigsten Verbraucherländer von Kraftstoffen präsentiert. Die Benzinverbrauchsmengen sind untersucht und die Schlüsselfaktoren für die Dynamik des Kraftstoffmarktes identifiziert. Es ist ein Überblick über die vielversprechenden regionalen Rohstoffvorkommen der Republik Irak gegeben. Auf der Grundlage einer ingenieurtechnischen Methode zur Bestimmung der Ethanol-Ausbeute aus zuckerhaltigen Rohstoffen sind Berechnungen für Rohstoffarten durchgeführt, die vielversprechend für den Anbau und die Verarbeitung unter den Bedingungen im Irak sind. Quantitative Indikatoren der Bioethanol-Ausbeute sind vorgestellt und die technologische Zweckmäßigkeit der Produktion aus lokalen Rohstoffen bewertet.

Perspectives de la production de bioéthanol en république d'irak

Résumé: Est justifiée la possibilité de produire du bioéthanol en tant qu'additif au carburant dans les conditions de la République d'Irak. Sont citées des données statistiques récapitulatives pour les principaux pays consommateurs du carburant. Sont examinés les volumes de la consommation d'essence et sont identifiés les principaux facteurs influant sur la dynamique du marché des carburants. Est présenté un aperçu de la base régionale prometteuse de produits de base de la République d'Irak. A la base de la méthode d'ingénierie de détermination du rendement de l'éthanol à partir de matières premières de sucre sont effectués des calculs pour les matières premières prometteuses pour la culture et le traitement dans des conditions d'Irak. Sont donnés les indicateurs quantitatifs du rendement en bioéthanol, est évaluée l'opportunité techno-logique de sa production à partir de matières premières locales.

Авторы: *Мохаммед Сукина Джалал Мохаммед* – доцент, Технологический университет, Багдад, Республика Ирак; *Пахомов Андрей Николаевич* – доктор технических наук, доцент, доцент кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность»; *Гатапова Наталья Цибикивна* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность»; *Пахомова Юлия Владимировна* – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Российская Федерация.