Технологическая платформа
БИОЭНЕРГЕТИКА

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

ТЕКУЩИЕ МИРОВЫЕ ТРЕНДЫ И НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА АВИАЦИОННОГО БИОТОПЛИВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПОДГОТОВЛЕНО ДЛЯ ПРОГРАММ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ГОСКОМПАНИЙ В 2016 ГОДУ

ВКЛАД АВИАЦИИ В ЭМИССИЮ CO_2

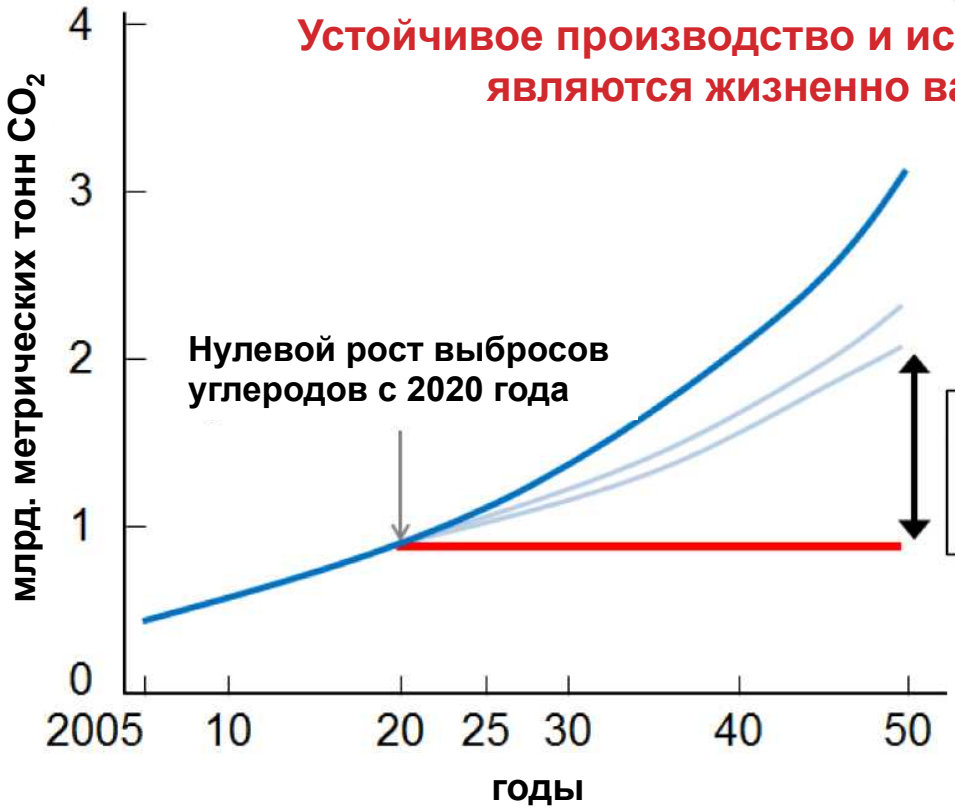
➔ **ВКЛАД авиации в мировые антропогенные выбросы CO_2 - около 2%, в эмиссию CO_2 всеми видами транспортных средств - 12% (ICAO, 2010)**

- **ПРОГНОЗ: к 2040 г. за счет авиации эмиссия парниковых газов увеличится в 2.8 - 3.9 раз (ICAO, 2013).**

➔ **ЦЕЛИ, установленные ICAO (Международной организацией гражданской авиации):**

- **Ежегодное 2%-ное улучшение топливной эффективности до 2050 года**
- **Нулевой рост выбросов углекислого газа с 2020 года**

Устойчивое производство и использование авиационного биотоплива являются жизненно важными для достижения целей



Нет действий

Улучшение топливной эффективности

Улучшение наземных технических систем, изменение маршрутов полетов и т.д.

Биотопливо + торговля квотами на выбросы углерода ➔ сокращение выбросов CO_2 на 1.2 млрд. тонн

АВИАЦИОННОЕ БИОТОПЛИВО

- Авиационное биотопливо (биокеросин) является одним из ряда альтернативных топливных продуктов, производимых на основе возобновляемого сырья. В последние несколько лет в мире это технологическое направление получило значительную актуальность за счет положительного экологического эффекта, повышения потребительских свойств горючего и стремления к энергетической безопасности.
- Авиационное биотопливо химически сходно с обычным авиационным топливом, что позволяет использовать существующий парк воздушных судов и действующую инфраструктуру доставки и хранения авиационного топлива. Может использоваться как в смеси с традиционным топливом, так и полностью заменять его.
- Авиационное биотопливо может производиться из большого количества видов наземных непищевых культур, однако это нецелесообразно в силу их сравнительно низкого энергетического потенциала, потребности в плодородных почвах и в огромных площадях для выращивания, а также относительно небольшого влияния на снижение жизненного цикла парниковых газов *(Carter, 2012)*.
- Наиболее приоритетное направление научных фундаментальных и прикладных исследований: разработка и внедрение технологий производства авиационного биотоплива 3-го поколения на основе микроводорослей.
- *Из биомассы микроводорослей экстрагируют липиды, углеводы и протеины, которые можно конвертировать в различные топливные продукты, включая спирты, дизельное топливо, водород.*

ПРЕИМУЩЕСТВА БИОТОПЛИВА НА ОСНОВЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

- Высокая урожайность микроводорослей на 1 га. Выход сырья из расчета на единицу площади – 15000-30000 л / га / год, что в 6 раз превышает выход конкурирующих фотоавтотрофных энергетических культур *(Hu et al., 2008; Carter, 2012)*.
- Выращивание водорослей без задействования территорий, пригодных для земледелия или в морской воде с использованием CO_2 угольных и газовых электростанций. Способность расти в загрязненной воде.
- Относительно несложная конверсия биомассы микроводорослей в топливные продукты для использования автотранспортом, авиацией и др. Возможна экономия 0,15 $ - 1,00 $ за галлон сырья по сравнению с конкурирующими технологиями, которые требуют развернутой предварительной обработки биомассы *(Jacob L. Ames, 2014).*
- Микроводоросли обладают наиболее высоким потенциалом снижения авиационных выбросов – более, чем на 80% в течение жизненного цикла парниковых газов * по сравнению с традиционным авиатопливом.

  ➔ *Только за время 12-часового перелета происходит сокращение выбросов CO_2 на 4,5 тонны (при 50%-ной добавке биотоплива). Согласно расчетам, замена 6% традиционного авиатоплива биотопливом к 2020 году сократит выбросы CO_2 на 40 млн. тонн (B. Glover., Environment & Energy Publishing, LLC, 2012*).
- Повышается эффективность топлива.

  ➔*50%-ная добавка биотоплива в традиционное авиационное топливо обеспечивает за 12-часовый перелет экономию горючего в объеме 1,43 тонн (B. Glover., Environment & Energy Publishing, LLC, 2012*).

---

* Показатель эмиссии CO_2 в результате применения топлива определяется путем расчета всего жизненного цикла выбрасываемых парниковых газов, начиная от способов получения сырья и заканчивая выбросом в воздушный след самолета.

АВИАЦИОННОЕ БИОТОПЛИВО: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Проблемы

- Авиатопливо должно соответствовать жестким критериям в части своих физико-химических свойств (например, температура замерзания ниже - 47°C, температура воспламенения выше 38°C).
- Для ускоренной замены традиционных видов топлива, авиа-биотопливо должно содержать определенное количество парафинов и ароматических соединений с числом атомов углерода от 10 до 15 в определенном соотношении.
- **Существующие технологии производства авиабиотоплива из различных видов непищевого сырья (в т.ч. микроводорослей) требуют повышения экономичности технологических процессов, начиная с ранних стадий получения биомассы с заданными свойствами.**

Пути решения

➔ **1. Совершенствование технологий культивирования биомассы**

➔ **2. Поиск наиболее оптимальных путей конверсии биомассы**

➔ **3. Разработка экономически целесообразных моделей масштабирования технологий**

РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ СТРАН-ЛИДЕРОВ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ АВИАЦИОННОГО БИОТОПЛИВА

- Наибольшие успехи в области получения биотоплива 3-го поколения на основе микроводорослей (в т.ч. биокеросина) достигнуты в США и Японии. Интенсивные работы в данной сфере ведутся в Германии, Китае, Израиле, Австралии, Испании, Италии, Индонезии и др. странах.
- Коммерческие проекты по промышленному производству авиабиотоплива реализуются в Японии, США, ЕС.

По оценкам Международного Энергетического Агентства, уже в 2018 году будет налажено коммерческое производство авиабиотоплива в промышленных масштабах, а с 2020 года планируется введение ограничительных мер в международных авиаперевозках, направленных на стимулирование использования авиабиотоплива в количествах с 50% до 100 % от традиционного авиатоплива.

ОСНОВНЫЕ ПРОГРАММЫ ПО ПОЛУЧЕНИЮ АВИАЦИОННОГО БИОТОПЛИВА В МИРЕ

➔ BOEING

- Компания активно финансирует исследования, проводимые в институтах США по получению авиационного биотоплива. Совместно с General Electric и Pratt & Witney компания участвует в софинансировании и поддержке компаний производителей.
- В проектах по авиационному биотопливу для нужд ВМС и ВВС США, финансируемых DARPA, Boeing является одним из основных поставщиков самолетов.
- Значительная часть тестовых полетов (как гражданских, так и военных) с использованием биотоплива, была проведена на самолетах Boeing.

➔ AIRBUS

- Политика компании направлена на обеспечение своих самолетов качественным биотопливом на местах их эксплуатации и поддержку производства авиатоплива в этих странах.
- Компания поддерживает различные проекты с фокусом как на масличные культуры, так и на микроводоросли.
- К концу 2014 планировалась организация подобного проекта и в России совместно с одной из дочерних компаний Ростехнологий.

➔ SHELL

- Среди нефтяных компаний Shell является лидером по поддержке биотопливных проектов. Именно эта компания активно финансирует работы по внедрению технологии IH^2 которая сейчас нацелена на производство биодизеля и газолина, а в перспективе – и на керосин.

➔ ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ПРОГРАММЫ

- Ряд стран ведет целенаправленную поддержку компаний в части организации производства авиационного биотоплива.
- В Японии планируют начать первые коммерческие полеты гражданских самолетов на биотопливе в 2020 г.
- В США целый ряд государственных организаций осуществляет финансирование исследований в области авиационного биотоплива, а так же при организации его производства.
- Ряд стран ЕС имеет собственные программы по производству биотоплива, а частности KLM и Люфтганза уже осуществили тестовые полеты самолетов на биокеросине.

ПРОИЗВОДСТВО АВИАЦИОННОГО БИОТОПЛИВА В США

В США (U.S. Department of Energy) поставлены цели:

- Разработка и масштабирование «прорывных» технологий культивирования, экстракции и конверсии биомассы микроводорослей для экономически эффективного производства биотоплива 3-го поколения, способного снизить эмиссию CO_2 на 50% (относительно традиционного топлива)
- Выход на уровень производства биотоплива на основе микроводорослей - до 5 млн галлонов к 2030 г.
- Стоимость биотоплива к 2019 г. – до $ 5/галлон

Пути достижения цели:

- Созданы 2 междисциплинарных, многопрофильных консорциума на условиях государственно-частного партнерства (14 академических институтов, 12 индустриальных партнеров, 2 Национальные лаборатории) с объемом инвестиций $49 млн. – федеральный бюджет и $20 млн. – партнеры (коммерческие структуры).

Задачи Консорциумов:

- фундаментальные и прикладные исследования в области биологии, микробиологии, генетической инженерии с целью получения штаммов с высоким содержанием липидов,
- разработка передовых конверсионных технологий (в первую очередь – гидротермического сжижения биомассы), технологий извлечения из биомассы (без разрушения клеточной стенки), наряду с липидами, других ценных компонентов (для получения продуктов с высокой добавленной стоимостью),
- коммерциализация технологий экономически выгодного производства биотоплива на основе микроводорослей,
- формирование логистической инфраструктуры производства и доставки биомассы и битоплива.

Результат:

- Действуют демонстрационные и пилотные установки по производству авиационного биотоплива, в процессе реализации – ряд крупномасштабных коммерческих проектов.

ПРОИЗВОДСТВО АВИАЦИОННОГО БИОТОПЛИВА В ЯПОНИИ

Цель:

- Начать коммерческие полеты с использованием авиационного биотоплива к Олимпийским Играм 2020 года

Пути достижения цели:

- В 2014 году создан многопрофильный Консорциум на условиях государственно-частного партнерства в составе: All Nippon Airways Co.,Ltd, Japan Airlines Co.,Ltd., IHI Corporation, The Boeing Company, Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), New Energy and Insutrial Technology Organization (NEDO), METI, Министерство Земли, Инфраструктуры, Транспорта и Туризма (MLIT), Petroleum Association of Japan (PAJ) и т.д

Задачи Консорциума:

Компания	Микроорганизм	Цели
Euglena Co., Ltd Hitachi, Ltd. JX Nippon Oil & Energy Corporation	*Euglena*	Коммерциализация биотоплива из микроводорослей в 2018 году Серийное производство авиа-биотоплива в 2020 году
DENSO CORPORATION	*Pseudochoricystis*	Серийное производство авиа-биотоплива в 2020 году
IHI NeoGAlgae	*Botryococcus*	Серийное производство авиа-биотоплива в 2020 году
DIC (Dainippon Ink Chemical)	*Chlamydomonas*	Коммерциализация авиа-биотоплива в 2030 году

https://www.asset-alive.com/thema/?mode=show&tid=1270

Nikkei (20 апреля 2015), пресс-релиз компании IHI (15 февраля 2015), пресс-релиз компании euglena Co.,Ltd. (17 апреля 2015)

ТЕКУЩИЙ СТАТУС ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВИАЦИОННОГО БИОТОПЛИВА В ЯПОНИИ

➔ *Японские авиакомпании начали изучение использования альтернативных видов авиатоплива с 2009 года*

Авиа-компании	JAPAN AIRLINES (JAL)	All Nippon Airways (ANA)	Nippon Cargo Airlines (NCA)
Полеты	Демонстрационный полет	Грузовой полет	Грузовой полет
Самолет	Boeing 747-300	Boeing 787-8	Boeing 747-8F
Двигатель	Pratt & Whitney JT9D	Rolls-Royce Trent1000	General Electric GENX-2B
Сырье для топлива	Camelina (растение Рыжик посевной), Jatropha (Ятрофа), Algae (Водоросли)	Отработанный (использованный) кулинарный жир	Отработанный (использованный) кулинарный жир
Даты полетов	30 января 2009 года	16 апреля 2012 года	02 августа 2012 года
Коммен-тарии	✓ Рейс из Ханэда (Токио) в Сендай (о. Хонсю). ✓ Смесь 50/50 из авиа-биотоплива и авиатоплива Jet-A.	✓ Рейс из Эверетт (США) в Ханэда (Токио). ✓ Смесь, содержащая 15% альтернативного топлива.	✓ Рейс из Эверетт (США) в Нарита (Токио). ✓ Смесь, содержащая 15% альтернативного топлива.

Ист.: Авиа-биотопливо для Государственно-Частной Панели (Рабочей Группы) 07.07.2015

АВИАЦИОННОЕ БИОТОПЛИВО В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

➔ **В Российской Федерации, поддержавшей решение Парижской конференции по климату, в настоящее время отсутствует программа по созданию авиационного биотоплива. В некоторых научных центрах и лабораториях проводятся разрозненные исследования.**

- **ЦЕЛЬ ПРОЕКТА: Разработать и внедрить экономически выгодную, конкурентоспособную на мировом уровне технологию полного цикла производства авиационного биотоплива на основе биомассы микроводорослей**

- **ПУТИ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ:** объединить научно-образовательный, технологический и коммерческий потенциал в рамках междисциплинарного многопрофильного Консорциума и организовать согласованную работу по производству авиационного биотоплива в Российской Федерации

- **ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ОСНОВА КОНСОРЦИУМА:**

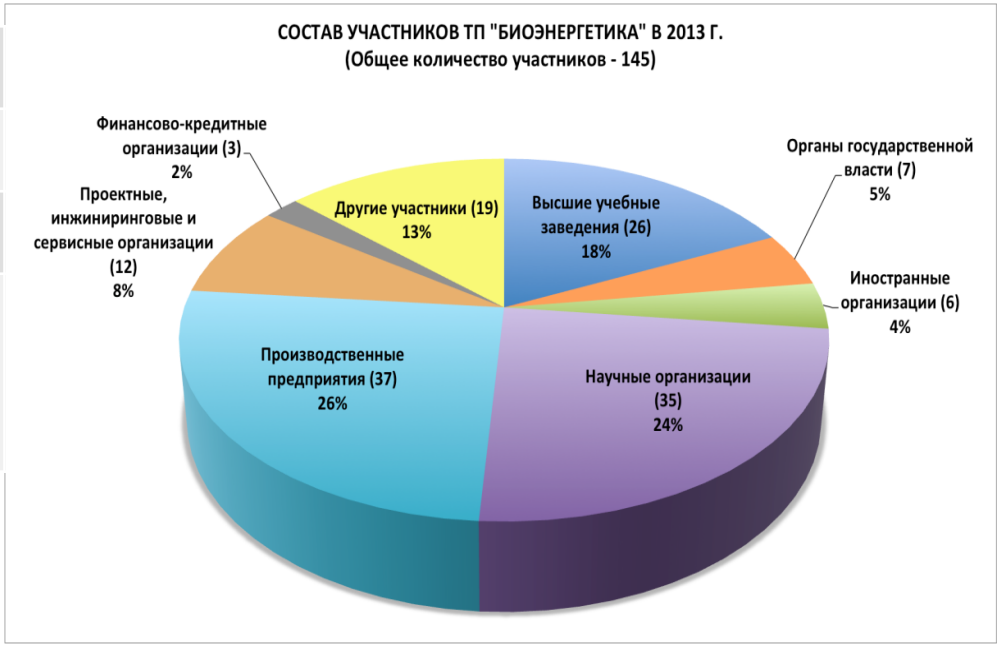
  Технологическая платформа «БИОЭНЕРГЕТИКА» (www.tp-bioenergy.ru)

- **КООРДИНАТОР ПРОЕКТА:**

  Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (www.nrcki.ru)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА «БИОЭНЕРГЕТИКА»

Дата создания	**19 ноября 2010 г.**
Утверждена	**01 апреля 2011 г.**
Координатор ТП	**НИЦ «Курчатовский институт»**
Юридическая форма	**Ассоциация участников Технологической платформы «Биоэнергетика»**



Технологическая платформа БИОЭНЕРГЕТИКА

УЧАСТНИКИ ПЛАТФОРМЫ

Категория	Кол-во, ед	Доля в ТП
Органы государственной власти	7	5%
Производственные предприятия	37	26%
Научные организации	35	24%
Высшие учебные заведения	26	18%
Проектные, инжиниринговые и сервисные организации	12	8%
Финансово-кредитные организации	3	2%
Иностранные участники	6	4%
Другие участники	19	13%
ВСЕГО	145	100%

Технологическая платформа
БИОЭНЕРГЕТИКА

ЛИЦА ПЛАТФОРМЫ

М.В. КОВАЛЬЧУК

Председатель Наблюдательного совета,
член-корр. РАН, президент НИЦ «Курчатовский институт»

С.Я. ЧЕРНИН

Председатель Правления Ассоциации участников Технологической платформы «Биоэнергетика»,
Председатель Комиссии по экологии и охране окружающей среды и член Совета Общественной палаты РФ,
президент ГК Корпорация «ГазЭнергоСтрой», д.т.н., профессор

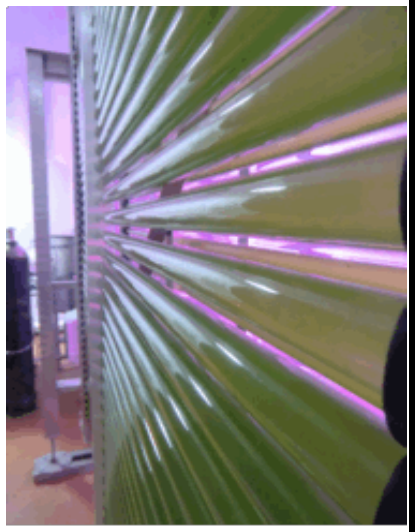
Р.Г. ВАСИЛОВ

Координатор Технологической платформы «Биоэнергетика»,
Отдел биотехнологии и биоэнергетики, НИЦ «Курчатовский институт», президент Общества биотехнологов, д.б.н., профессор

НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

➔ НИЦ «Курчатовский институт» - один из ведущих центров, активно занимающихся проведением фундаментальных и прикладных исследований в области биоэнергетики, разработкой технологий промышленного производства биотоплива на основе микроводорослей

■ Основные направления деятельности Отдела биотехнологии и биоэнергетики НИЦ «Курчатовский институт» в течение последних 5 лет:



- Изучение фундаментальных закономерностей протекания энергетических процессов в живых организмах и клетках.
- Разработка методов тестирования различных штаммов фототрофных микроорганизмов для изучения их биологического потенциала и возможностей использования в качестве продуцентов липидов и/или других ценных продуктов.
- Оптимизация процесса получения биомассы микроводорослей с заданными свойствами в условиях закрытой системы - фотобиореактора трубчатого типа.
- Разработка платформенной технологии культивирования биомассы и выделения липидов микроводорослей.
- Моделирование путей получения различных биотоплив с проведением оценки производственных энергозатрат.
- Разработка технологий экономически целесообразных путей конверсии биомассы микроводорослей с получением биотоплива.
- Разработка технологических решений для комплексной переработки биомассы фототрофных микроорганизмов с получением транспортного топлива и выделением полезных продуктов (с возможностью переработки остаточной биомассы в бионефть).
- Прикладные исследования в области разработки основ интегрированного производства авиационного биотоплива на основе конверсии биомассы микроводорослей

ФОРМИРОВАНИЕ РОССИЙСКОГО КОНСОРЦИУМА ПО АВИАЦИОННОМУ БИОТОПЛИВУ НА ОСНОВЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Наука

1. Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН
2. НАМИ
3. Объединенный институт высоких температур
4. НИЦ «Курчатовский институт»
5. ВНИИ по переработке нефти, ОАО
6. Институт фундаментальных проблем биологии
7. Институт цитологии и генетики СО РАН
8. ГНУ ВНИИ использования техники и нефтепродуктов РАСХН
9. Институт химии и химической технологии
10. ИБФ им. Н.М. Эмануэля РАН
11. Институт катализа им. Г.К. Борескова
12. Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН
13. Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН
14. ОАО «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского»
15. Институт биологии Коми научного центра
16. НИИ химических реактивов и особо чистых веществ

Образование

1. Казанский государственный технологический университет
2. Мордовский Государственный Университет им. Н.П. Огарёва (Биологический факультет)
3. МГУ им. М.В. Ломоносова (Биологический факультет)
4. Тверской государственный технический университет
5. РГУНГ им. И.М. Губкина
6. Тамбовский государственный технический университет

Промышленность и бизнес

1. ООО «ГазЭнергоСтрой»
2. ОАО «Ассоциация «Аспект»
3. ЗАО «Компомаш-ТЭК»
4. ООО «РТ-Биотехпром
5. Группа компаний «Титан»
6. ООО «Нафта Терра»
7. Ассоциация «Ассоя»
8. НПК «Экология»
9. ОАО «ЭГРЕГОР биотех»

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПУТИ ПРОИЗВОДСТВА АВИАЦИОННОГО БИОТОПЛИВА ИЗ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

- Наиболее распространенный путь получения авиационного биотоплива (биокеросина) – **выделение из биомассы микроводорослей липидов, которые в дальнейшем подвергаются каталитическому гидрированию с получением парафинов** с количеством атомов углерода от 10 до 15. Они могут смешиваться с традиционным авиатопливом, составляя от 20 до 50% смеси.

- Преимущества данного технологического решения:

➔ Возможность использования любых микроорганизмов, в достаточной степени накапливающих липиды, так как при каталитическом гидрировании продуктом является набор необходимых парафинов;

➔ Отработанность процесса и возможность его масштабирования

- Для получения биотоплива на основе микроводорослей используются также термохимические методы. Влажную биомассу нагревают под высоким давлением, создавая гидротермальные условия или приводя воду в состояние сверхкритической жидкости: биомасса активно разрушается с образованием жидкой фазы — бионефти. Бионефть можно перерабатывать стандартными технологиями нефтепереработки, что позволяет внедрить новую технологию в существующую инфраструктуру.

- Используются также подходы, основанные на восстановлении спиртов (этанола и бутанола) каталитическим методом с последующим удлинением углеродной цепи. В основном этот процесс проводится в присутствии водорода либо метана при повышенных термодинамических параметрах в присутствии твердого катализатора.

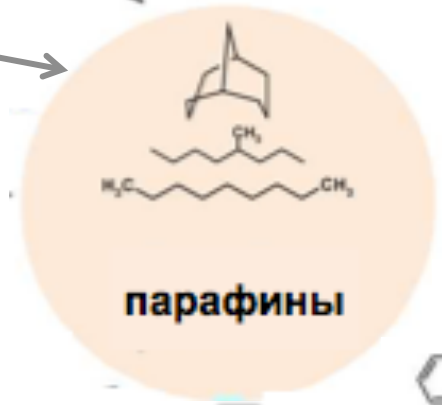
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕПОЧКА ПРОИЗВОДСТВА АВИАЦИОННОГО БИОТОПЛИВА

Липиды: Триглицериды

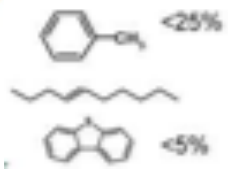
C_{12} – C_{18}

Каталитическое гидрирование

Смесь 50/50 с углеводородным топливом



Добавки



Водоросли

АВИАЦИОННОЕ БИОТОПЛИВО 100%

НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

- Скрининг природных штаммов-продуцентов с высоким содержанием масла и жидких углеводородов

- Улучшение свойств штаммов и разработка методов направленного биосинтеза целевого продукта

- Разработка технологий широкомасштабного (промышленного) культивирования микроводорослей

ТЕХНОЛОГИИ ШИРОКОМАСШТАБНОГО (ПРОМЫШЛЕННОГО) КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

■ 1. Способы культивирования биомассы микроводорослей

Тип системы	Характеристика системы	Преимущества	Недостатки
Открытая система	Открытые водоемы (пруды)	Не требуется больших инвестиций	Зависимость условий культивирования от внешних факторов. Не обеспечивается высокий выход и качество биомассы. Зависимость от климатических условий (сезонность температурного режима)
Закрытая система	Фотобиореакторы (ФБР) различного типа	Контроль условий культивирования. Независимость от климата и факторов среды.	Ограничение по объемам культивируемой биомассы. Налипание биомассы на внутренние стенки ФБР Энергозатратность технологических процессов
Гибридная система	А) Плавающий аква-(био)реактор Б) Использование ФБР и системы открытых прудов	А) Сочетание контроля условий культивирования с использованием морской воды в качестве культуральной жидкости Б) Преодоление ограничений по объемам культивируемой биомассы и сезонности температурного режима	А) Новый подход, требующий доработки. Потребность в инвестициях. Б) Потребность в отработке комбинированных режимов культивирования. Энергозатратность технологических процессов (ФБР)

➔ В Российской Федерации температура в открытых водоемах находится в требуемых для культивирования микроводорослей пределах не более 4-6 месяцев в году, поэтому целесообразно использование закрытых и гибридных систем

ТЕХНОЛОГИИ ШИРОКОМАСШТАБНОГО (ПРОМЫШЛЕННОГО) КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

■ 2. Выделение биомассы – ключевой этап культивирования

- Методы выделения биомассы – наиболее «узкая» технологическая часть, влияющая на стоимость биотоплива из микроводорослей
- Необходимо до начала экстракции увеличить концентрацию клеток микроводорослей в биомассе от 1 г/л до 40-100 г/л

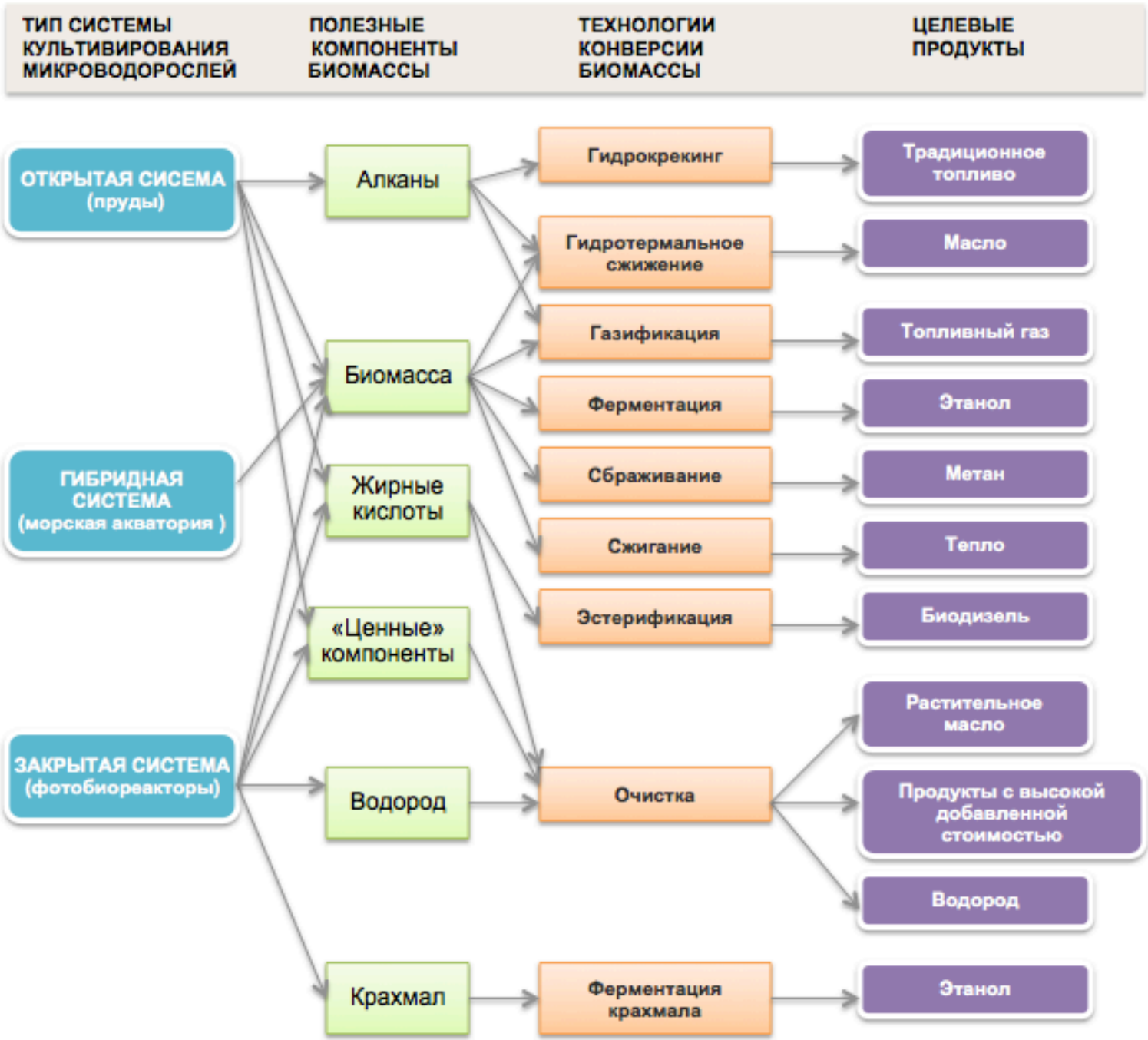
Флокуляция

Фильтрование

Сепарирование

ОСНОВНЫЕ ПУТИ КОНВЕРСИИ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ С ПОЛУЧЕНИЕМ БИОТОПЛИВА

➔ Многообразный спектр продуктов биосинтеза, которые можно получить из биомассы водорослей, обусловил создание различных высоко-продуктивных технологий промышленного культивирования и конверсии биомассы микроводорослей



ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНЫЕ МОДЕЛИ МАСШТАБИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

■ 1. Производство биомассы – интеграционные промышленные модели

➔ Интеграция производства биомассы микроводорослей с другими технологическими процессами, а также увеличение масштабов выращивания микроводорослей снижает производственные затраты и выбросы парниковых газов за счет более интенсивного поглощения CO2.

Варианты комплексного использования технологических процессов	Производственные расходы при выращивании биомассы микроводорослей в открытых системах	Снижение эмиссии парниковых газов
Интеграция с очистными объектами (системами очистки сточных вод)	– 29,2%	> 100%
Интеграция с производством аквакультуры	– 10,4%	
Масштабирование (увеличение объема производства микроводорослей)	– 22,7%	– 32,0%
Сочетание масштабирования с использованием систем водоочистки	– 52,0%	> 100%

Massachusetts Institute of Technology, 2015

■ 2. Производство – биотоплива – «биорефайнинг» (Biorefinery)

➔ Производство целевых биотопливных продуктов на интегрированных комплексах глубокой переработки биомассы (биозаводах) с впуском биотоплива и одновременным производством тепла, электроэнергии (из производственных отходов) и ряда ценных продуктов (для сельского хозяйства, пищевой и фармацевтической промышленности и др.) из различных (неиспользованных при производстве биотоплива) компонентов микроводорослей.

ПЛАН НИОКР ПО ПОЛУЧЕНИЮ АВИАЦИОННОГО БИОТОПЛИВА НА ОСНОВЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

ПРОЕКТ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АВИАЦИОННОГО БИОТОПЛИВА НА ОСНОВЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

ЗАДАЧИ:

■ Провести необходимые научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы с целью создания опытно-экспериментального производства авиабиотоплива 3-го поколения на основе микроводорослей, удовлетворяющего действующим российским и международным стандартам авиатоплива, включая:

- *Скрининг, подбор и оптимизация высокопродуктивного штамма микроводорослей*
- *Моделирование процесса культивирования биомассы, подбор условий культивирования*
- *Разработка основ технологий: выделения липидов и процесса получения авиационного биотоплива.*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- **Предлагаемая концепция производства авиационного биотоплива охватывает всю технологическую цепочку производства – от наработки биомассы и до получения готового продукта.**

- **Новая технология не уступает, а по ряду параметров и превосходит существующие технологии. Является энергоэффективной и углеродоэффективной (снижает эмиссию CO_2).**

- **Биотопливо, производимое по предлагаемой технологии, будет содержать все обязательные для авиатоплива углеводороды.**

- **В рамках данного Предложения планируется за период 2016-2018 гг. осуществить важнейшую часть НИОКР по разработке основ технологии.**

- **Достижимость поставленных целей и задач определяется максимальной концентрацией научного, кадрового, организационного и коммерческого потенциала организаций, участвующих в Консорциуме, создаваемом для реализации настоящего Проекта.**