

Про зеленую химию



Ксения Сорокина

ИЦиГ СО РАН
ИК СО РАН

аннотация

- «Зеленая химия», представляет собой синтез ряда направлений – биотехнологии, химии и технологии, чье применение призвано снизить влияние на окружающую среду. На основе достижений в этой области был создан ряд новых продуктов, в том числе биоразлагаемые полимеры, био-каучуки, биотоплива. Насколько безопасны эти продукты, как их создают и насколько они «зелены» и пойдет речь в лекции.

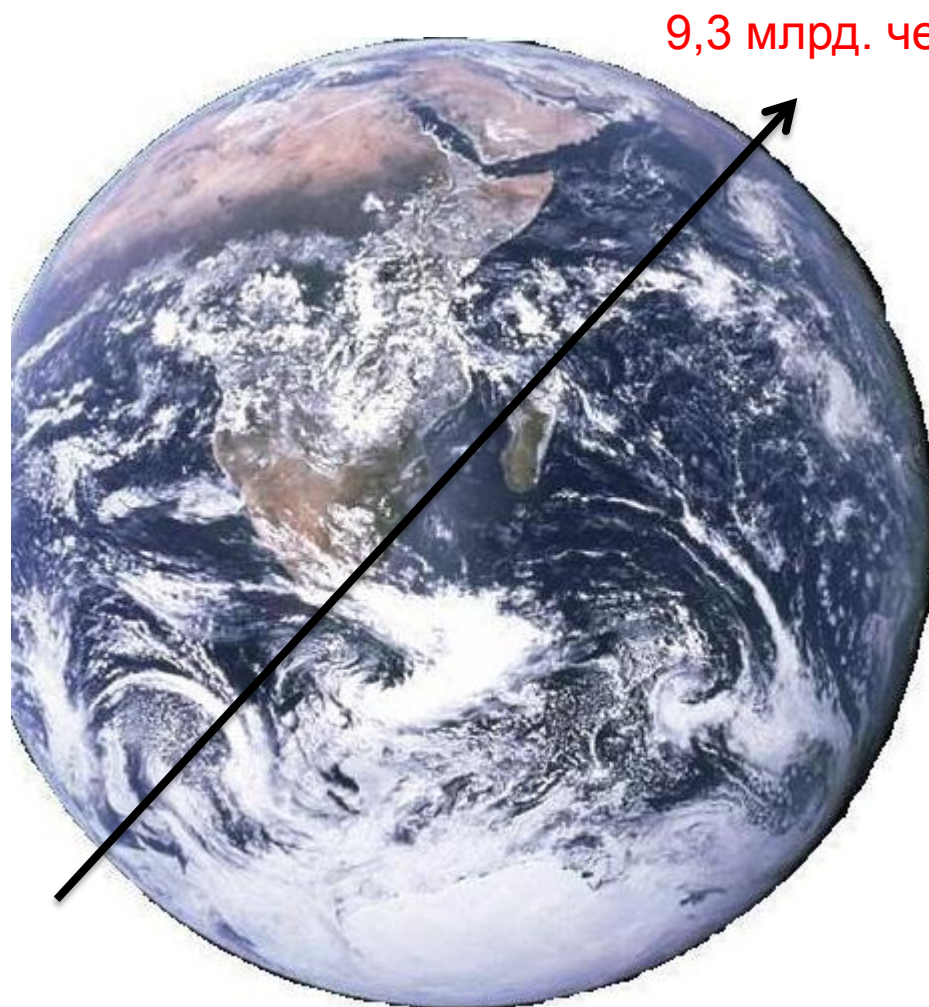
Охрана окружающей среды

РФ производится 63 млн **тонн/год отходов**
мировой объем отходов в 2020 г. - **2,2 млрд тонн.**



Китай, сортировка мусора

Проблемы ближайшего будущего



9,3 млрд. чел 2050

7,3 млрд. чел 2012

- Энергия
- Вода
- Еда
- Окружающая среда
- Бедность
- Заболевания
- Образование
- Перенаселенность

Китай в 2030 г.

В 2012 г. – в мире насчитывается 860 млн. машин

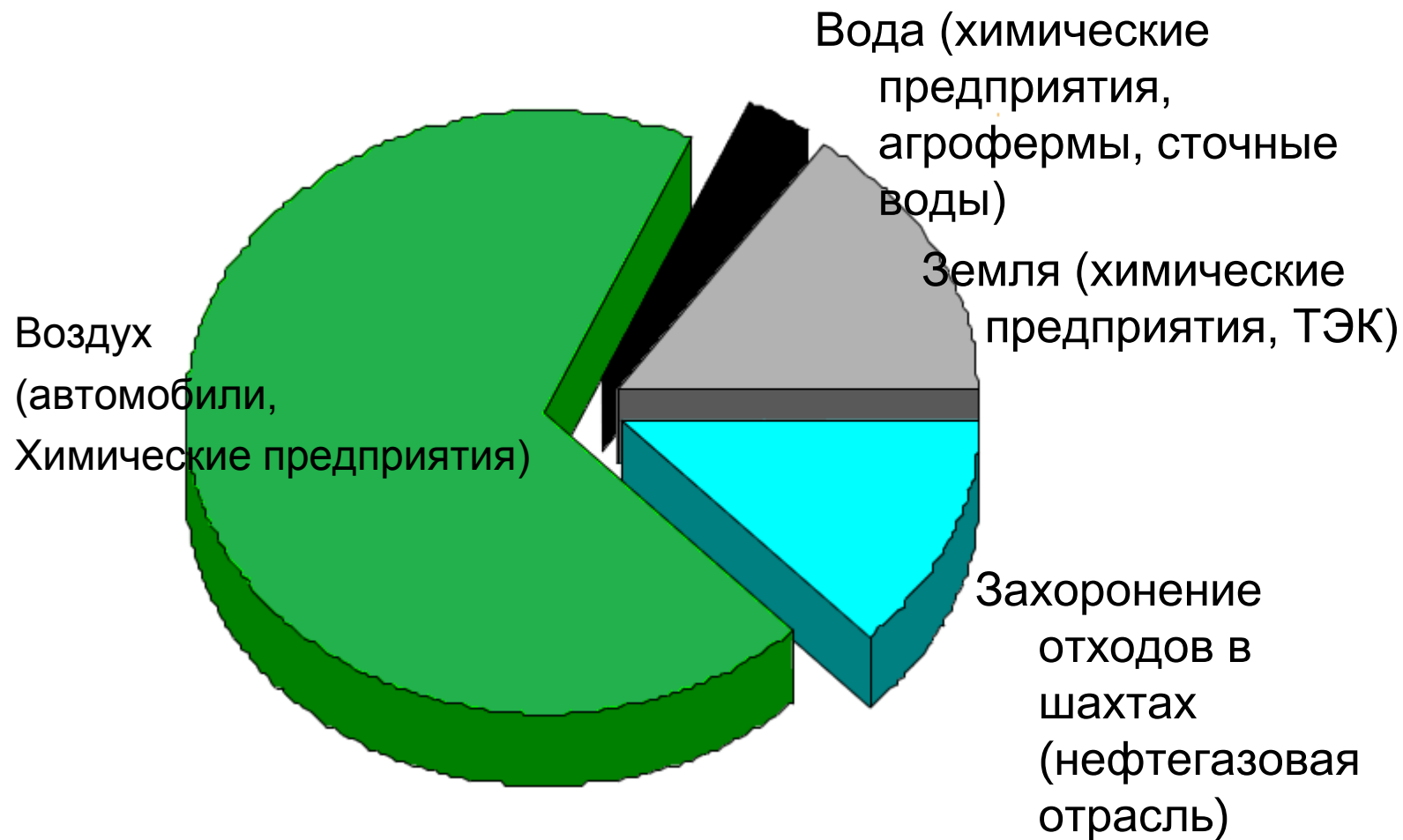
В 2030 г. в Китае появится 1.1 млрд. машин



За день будет
расходиться 98 млн.
баррелей

сегодня в день
производится 85 млн.
баррелей.

Распределение отходов



Зелёная химия (*Green Chemistry*) - направление в химии, к которому можно отнести любое усовершенствование химических процессов, которое положительно влияет на окружающую среду.

Основные задачи «зеленой химии»

1. Уничтожать загрязнители, поступившие в окружающую среду;
2. Ограничивать их распространение.
3. Прекратить их производство — путем замены существующих способов получения химических продуктов на новые.

Основные направления «зеленой» химии

Пути, по которым развивается зелёная химия, можно сгруппировать в следующие направления:

- Новые пути синтеза (часто это реакции с применением катализатора);
- Возобновляемые исходные реагенты (то есть полученные не из нефти), в том числе с применением биотехнологии;
- Замена традиционных органических растворителей.

Возобновляемые исходные реагенты, полученные не из нефти



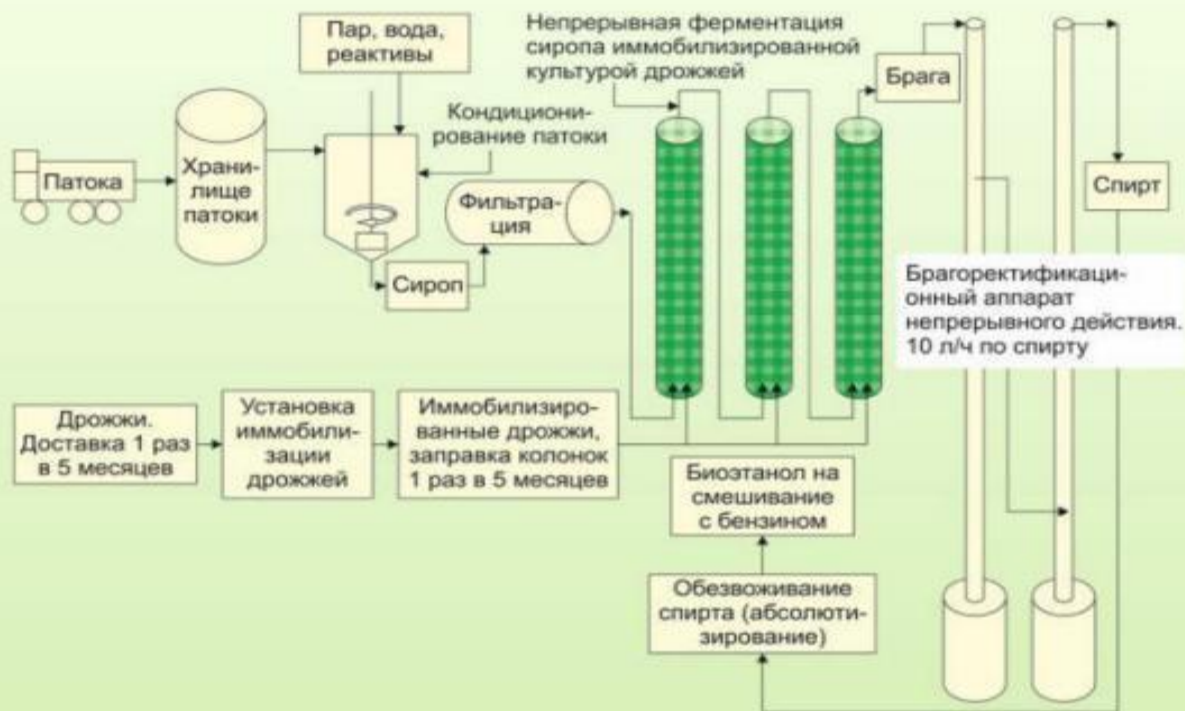
Применение **возобновляемых источников** сырья позволяет значительно снизить затраты на утилизацию отходов и повысить экологичность производства

Успешные примеры применения «зеленой технологии» 1950 – настоящее время

- - с 1950 гг. в СССР - использовали в промышленности торф, отходы деревопереработки, и др. источники сырья.
Производство : спирт, бутанол, органические кислоты
- - с 1970 гг. в Бразилии начато производство топливного этанола. Сегодня страна производит 24,9% топливного этанола, достигнуто сокращение выбросов CO₂ на 61%
- - США:
 - 1927 – а/м Ford T – использовал биоэтанол);
 - 1974 г.– начало работ по массовому производству биотоплива.

Применение биотехнологии в производстве биотоплив

- Зерно, масличные – первое поколение
- Лигноцеллюлоза (древесина) – второе поколение



К биотопливу относятся:

- Биоэтанол
- Биодизель – метиловые эфиры жирных кислот
- Биобутанол – превосходит по своим качествам биоэтанол, токсичен для клеток
- Green diesel – дрожжи и микроводоросли с высоким содержанием жиров



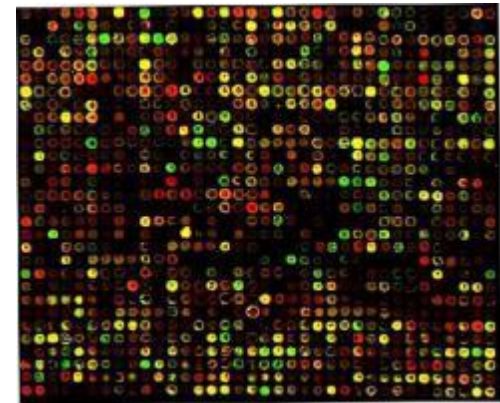
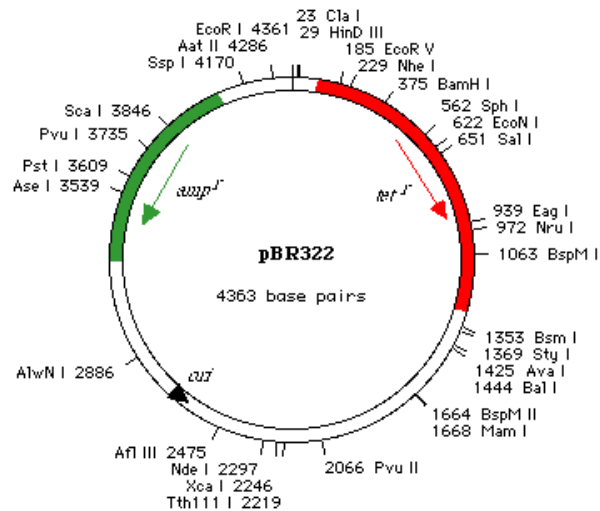
SYNTHETIC GENOMICS

Исследование природного разнообразия экстремофильных и других групп микроорганизмов



Подходы, применяемы в создании промышленных штаммов микроорганизмов

- Генетическая инженерия
- Мутагенез
- Исследование экспрессии генов с применением биочипов
- Масштабирование процессов ферментации
- Улучшение технологических параметров процессов





Химические компании
DuPont, DOW, DSM, BASF

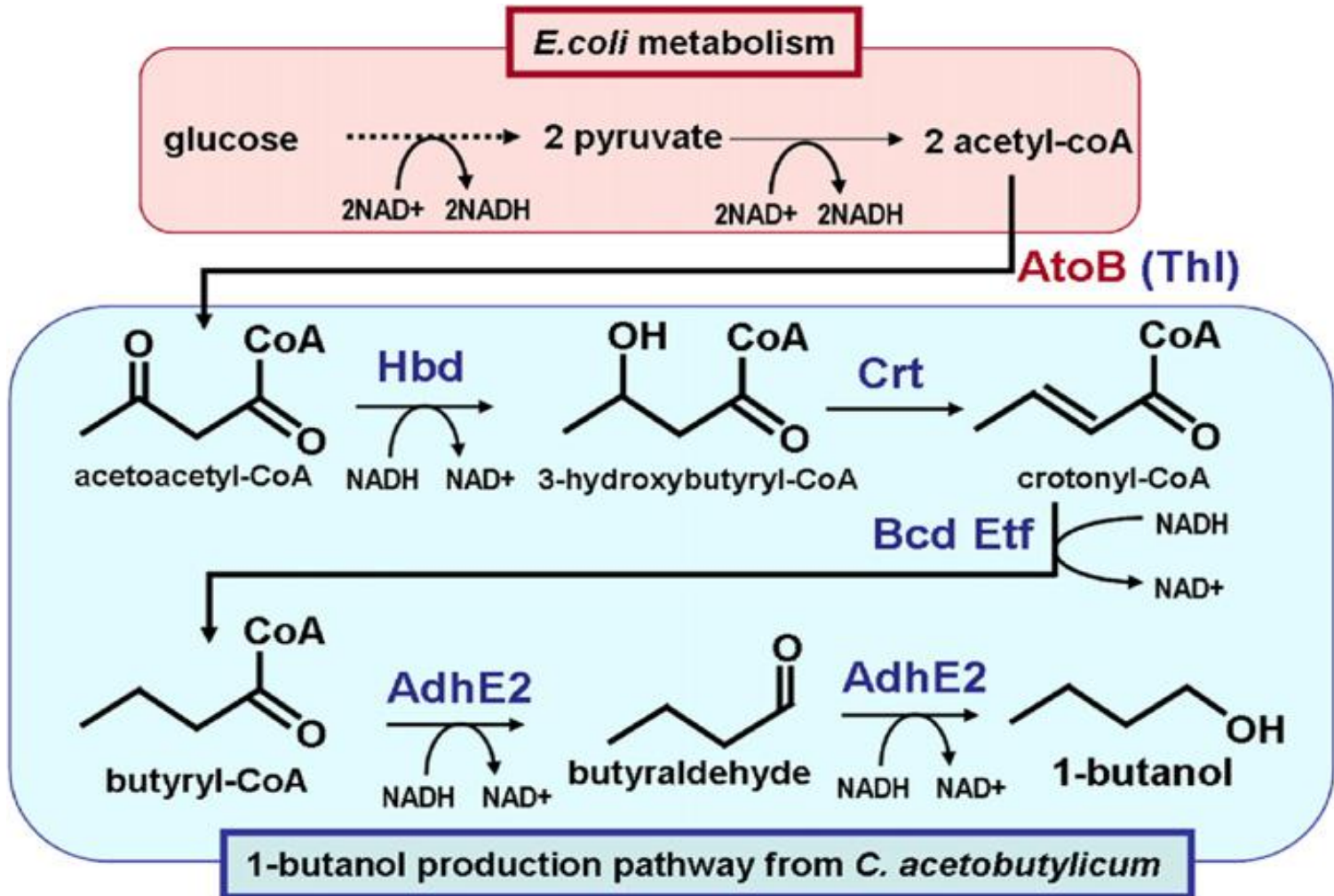
Поставщики возобновляемого сырья
Cargill, Ceres

Разработчики технологий
**Novozymes, Genencor,
Codexis**

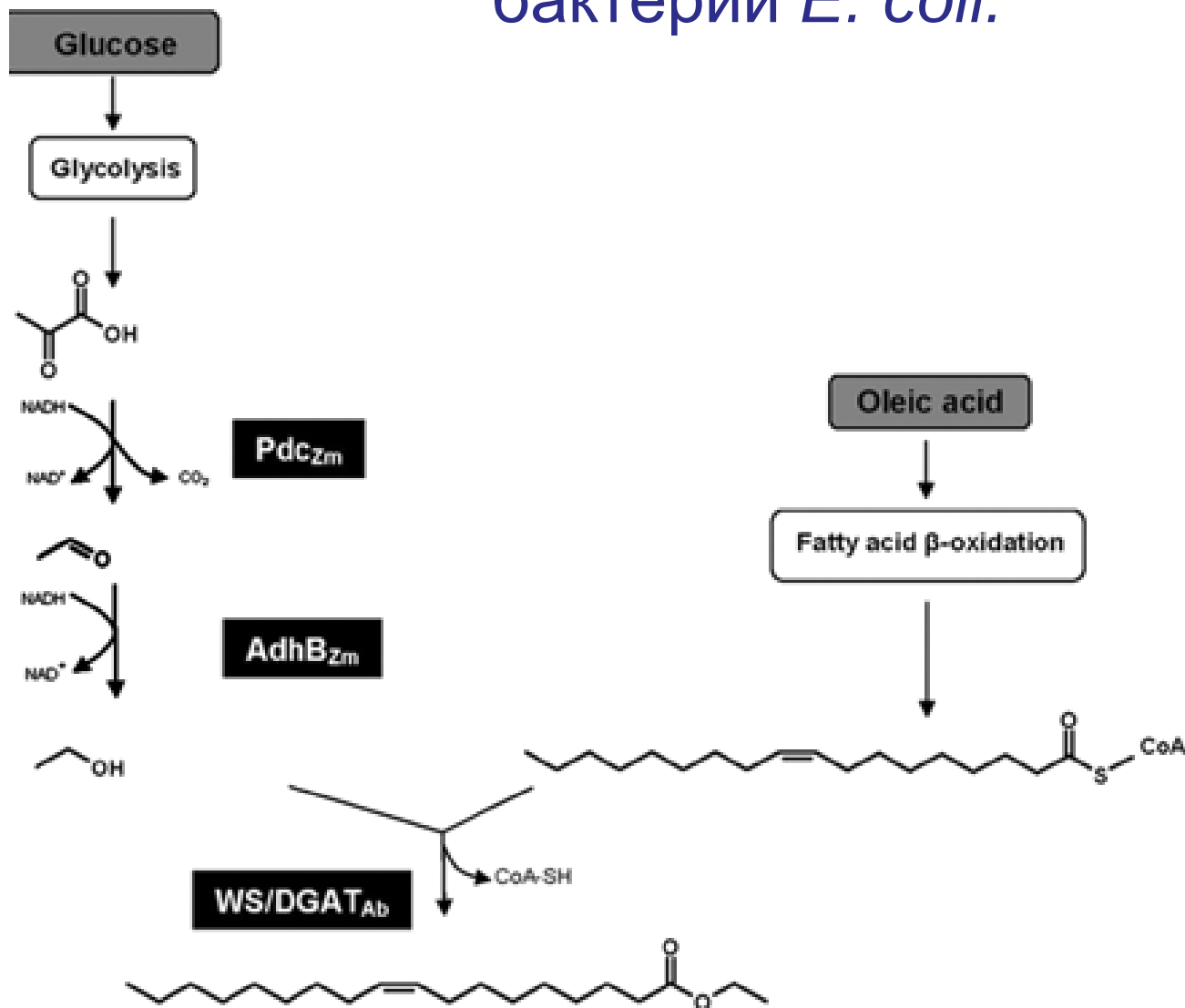
Производители биотоплив
**Abengoa Bioenergy, Iogen, BP,
Chevron**

Производители биопластиков,
биоматериалов
NatureWorks, Metabolix

Разработка продуцента бутанола на основе бактерии *E. coli*.



Разработка продуцента биодизеля на основе бактерии *E. coli*.



Процессы получения «зеленых» химических веществ

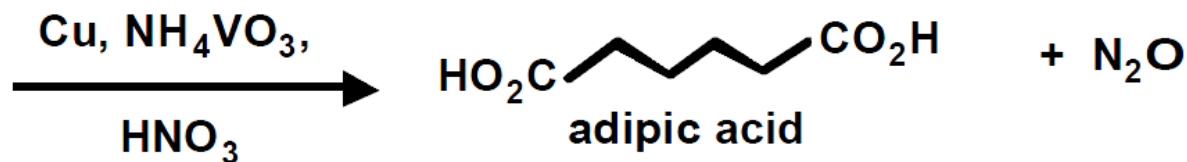
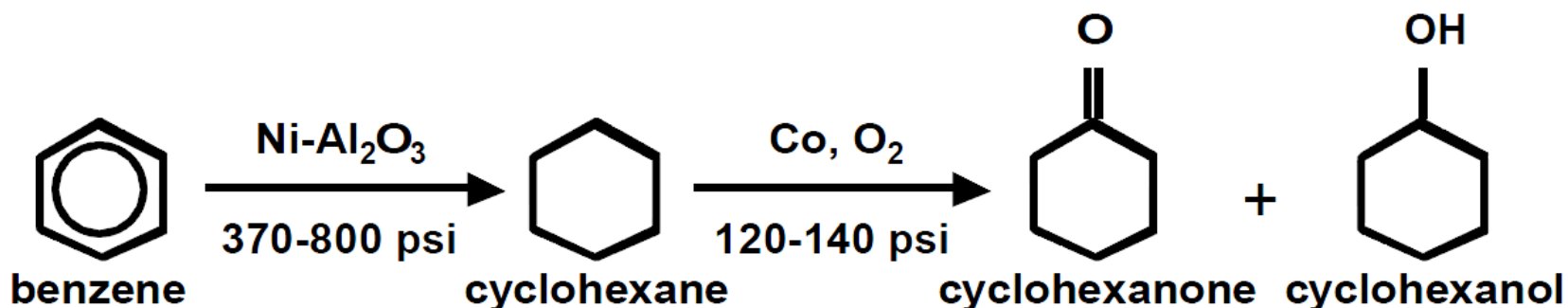
В настоящее время 5 % мирового производство химической продукции производится с применением биотехнологий

- Спирты, органические кислоты
этанол 15 млрд \$
- Аминокислоты
лимонная кислота 2 млрд \$
- Витамины
глутаминовая – 1,5 млрд \$, лизин - 1 млрд \$
- Синтез фармсубстанций
витамин С - 1 млрд \$, витамин В2 – 0,3 млрд \$
- Промышленные ферменты
4 млрд \$

К 2030 г 35 % мирового производства химической продукции составит продукция биотехнологий

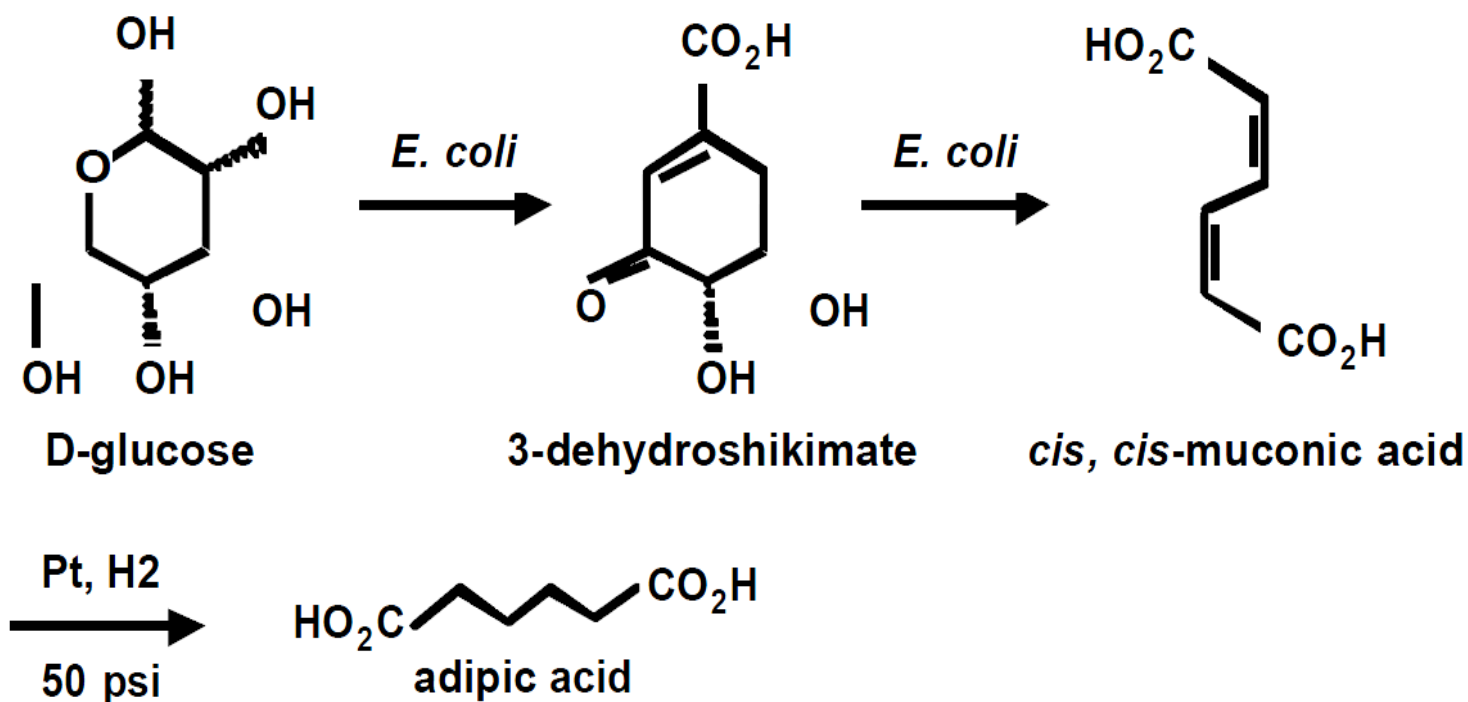
К 2050 г планируется полный переход на возобновляемые ресурсы

Новые способы синтеза компонентов Нейлона (адипиновой кислоты)



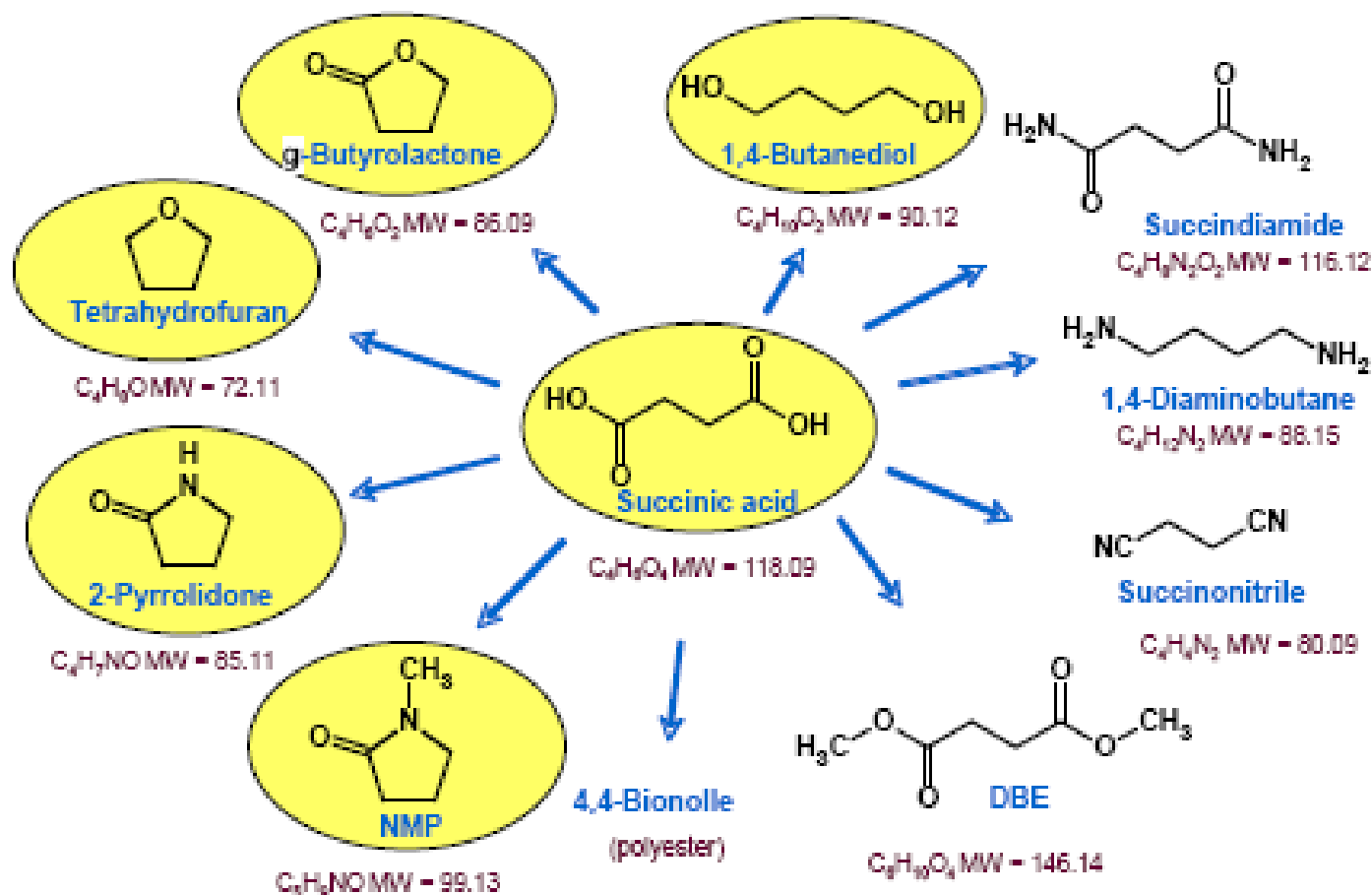
Объем производства – 2,5 млн. тонн/год

Синтез адипиновой кислоты с применением биотехнологии и катализа



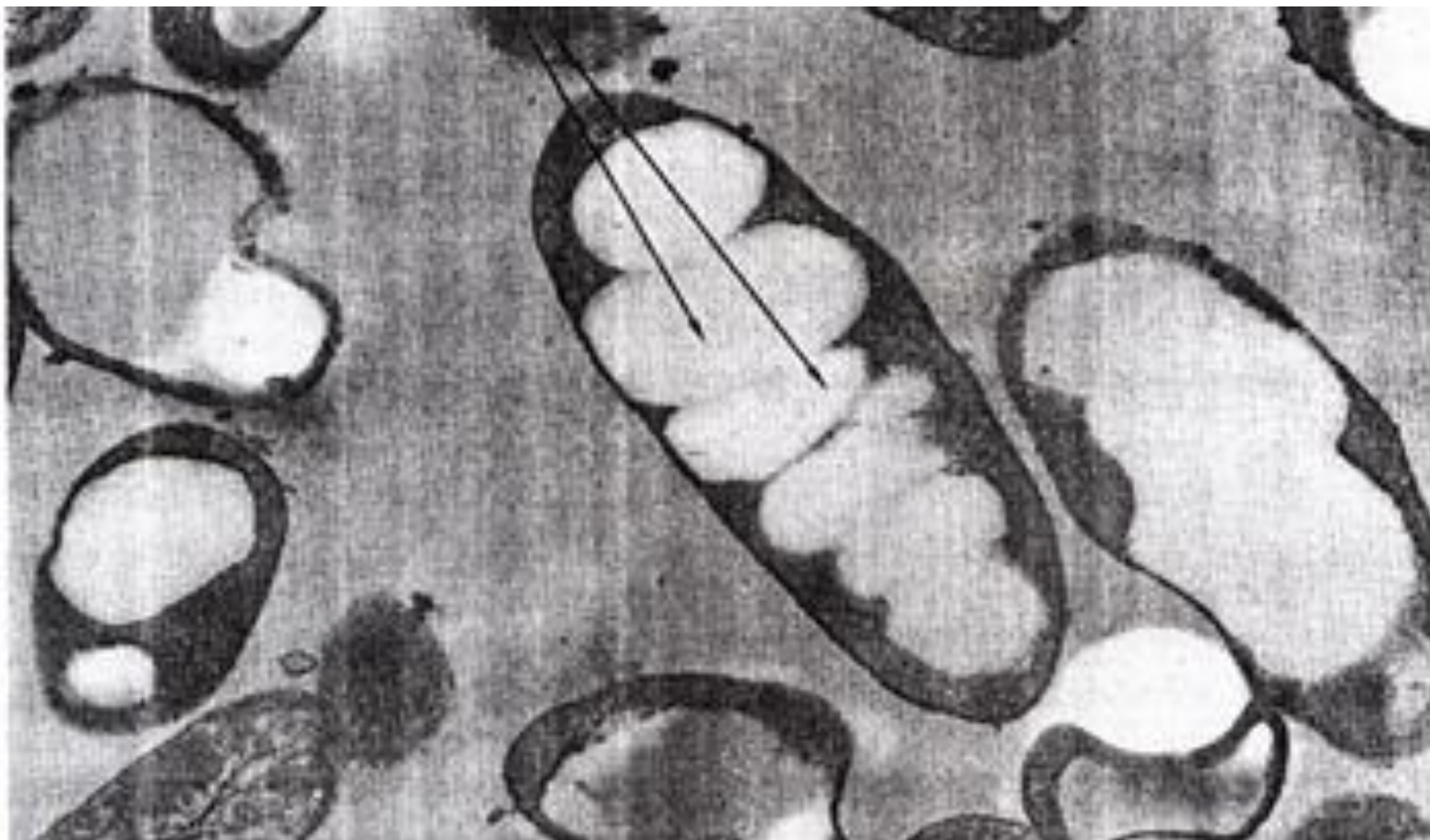
Замена части процесса на бактериальный биосинтез позволило **на 80%** снизить энергозатраты и сократить количество побочных продуктов

Использование «зеленых» химических веществ как основы крупнотоннажного синтеза



Succinic Acid Chemistry to Derivatives

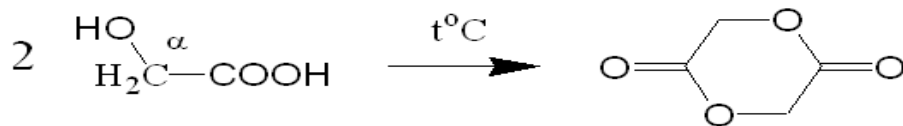
Применение биоразлагаемых полимеров



Клетки бактерии *Corynebacterium glutamicum*,
содержащие полигидроксиалканоат

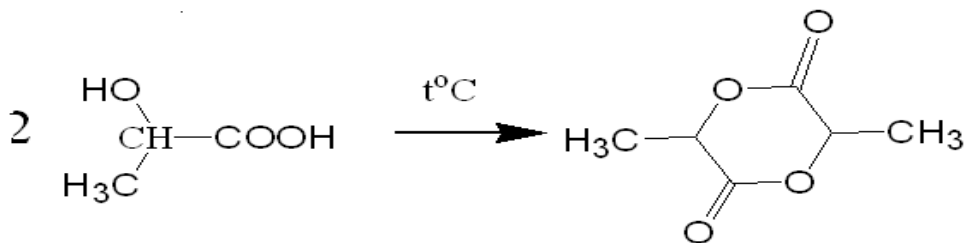
ОКСИКИСЛОТЫ ДЛЯ СИНТЕЗА БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПОЛИМЕРОВ

- В СИНТЕЗЕ ИСПОЛЬЗУЮТ ОКСИКИСЛОТЫ:
- **α -кислоты:** $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ гликолевой кислоты;
- $\text{HO}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{COOH}$ молочной кислоты;
- **β - кислоты:** $\text{HO}-\text{CH}(\text{R})-\text{CH}_2-\text{COOH}$ производные 3-гидроксимасляной кислоты, где $\text{R}=\text{H}$, или 3-гидроксивалериановой, где $\text{R}=\text{CH}_3$;
- **γ -кислоты:** $\text{HO}-\text{CH}(\text{R})-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$ производные 4-гидоксибутановой кислоты;
- **ε -кислоты:** $\text{HO}-(\text{CH}_2)_5-\text{COOH}$ ε -капроновой кислоты.



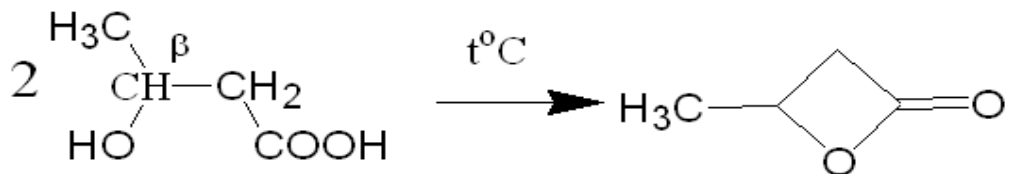
гликолевая кислота

гликолид



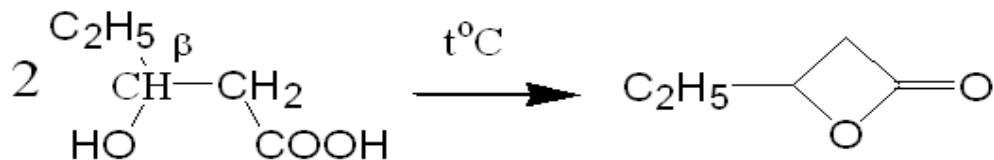
молочная кислота

лактид



3-гидроксимасляная кислота

бутиролактон



3-гидроксивалериановая кислота

валеролактон

Синтез

ВКЛЮЧАЕТ:

1. Димеризацию мономеров с получением циклических лактидов и лактонов.

2. Полимеризацию циклических продуктов и получение линейного полимера:



Применение полилактидов

Ежегодно производится 250,000
тонн полилактидов

5 заводов в мире

Продукция:

волокна для одежды, домашний
текстиль

чашки

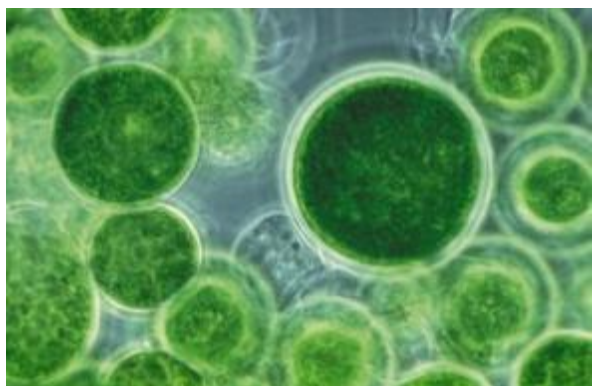
контейнеры для еды

Биоразлагаемые пакеты



Снижение выбросов CO₂ в атмосферу

Применение микроводорослей для снижения выбросов CO₂ и производства биотоплива



- являются источниками биотоплив «третьего» поколения
- могут культивироваться в специальных фотобиореакторах и в открытых прудах
- короткий технологический цикл, урожайность до **30 раз** выше традиционных сельскохозяйственных культур

Потребление 12,3 млн тонн (2009г, ЕС)

Производство 9 млн тонн, импорт 1,7 млн тонн (2010г, ЕС)



Разработка технологий производства биотоплива из водорослей

ExxonMobil – \$600 млн

ExxonMobil



SYNTHETIC GENOMICS™

BP – \$10 млн



MARTEK
life enriched.™

Министерство энергетики США \$ 24 – млн

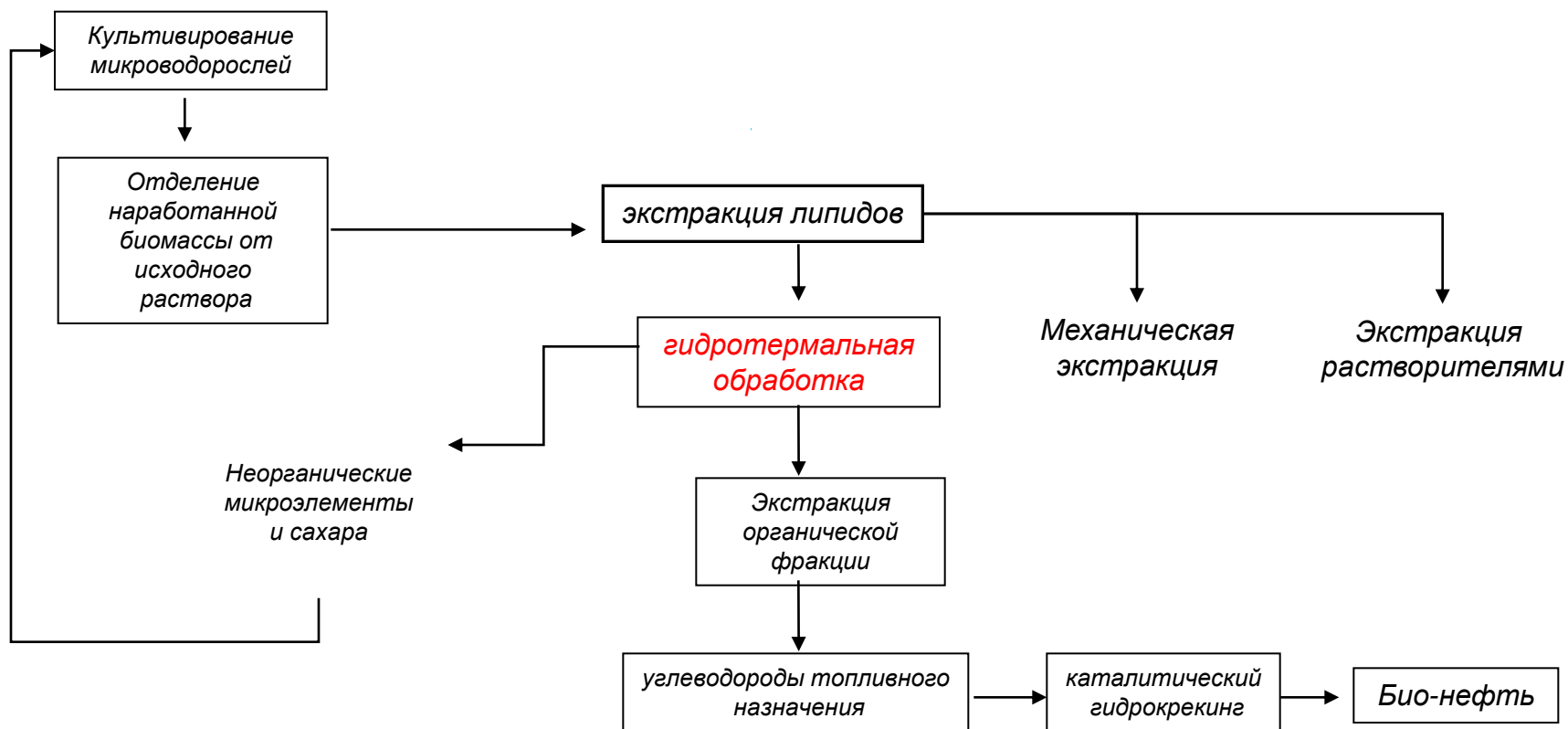


NREL при поддержке Chevron также ведут разработки в создании биотоплива из водорослей



NREL
NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY

Традиционные подходы к переработке микроводорослей в углеводороды топливного назначения и био-нефть



Перспективы внедрения технологии производства биотоплива из микроводорослей

Снижение затрат на производство:

- *улучшение технологических свойств штамма*
- *использование сточных вод*
- *рециклинг питательных веществ*
- *CO₂ из ТЭЦ*
- *использование сбросовой энергии*



Стоимость 1кг сухой биомассы:

через 10 лет

- *фотобиореактор - 4,15€ → 0,7 €*
- *пруд - 5,96€ → 1,3 €*

«Зеленые» продукты

Nike — в производстве кроссовок Nike-Air отказалась в использовании SF_6 —

эффект от использования 1 г SF_6 = 24 000 г CO_2 .



Pfizer — отказалась от использования в производстве Viagra растворителя CH_2Cl_2 .

за счет создания нового процесса в производстве используется всего 7 л растворителя, против 1300 л в старом процессе.

