

Введение в зеленую химию:

Беларусь и страны Вышеградской четверки



Преподаватели:

Т.А.Савицкая

И.М.Кимленко

Е.А. Матюшенков

Ю.Ю.Козырьков

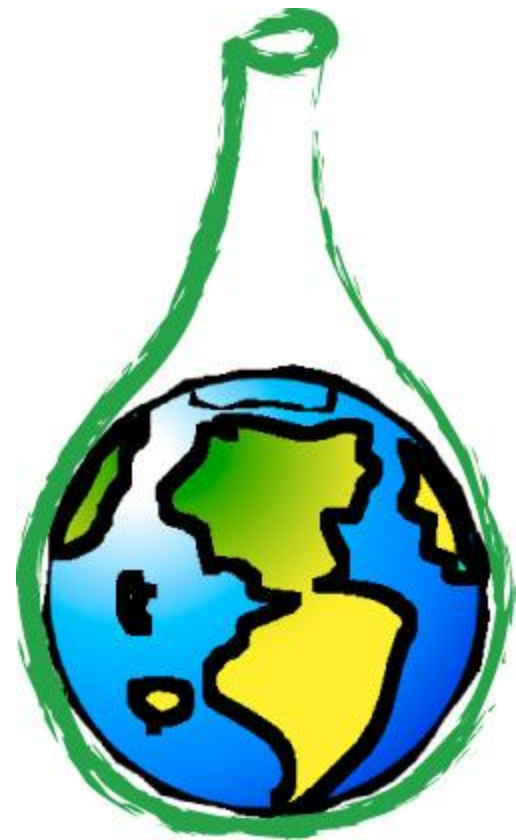


Химический факультет,

Белорусский государственный университет, Минск 2012

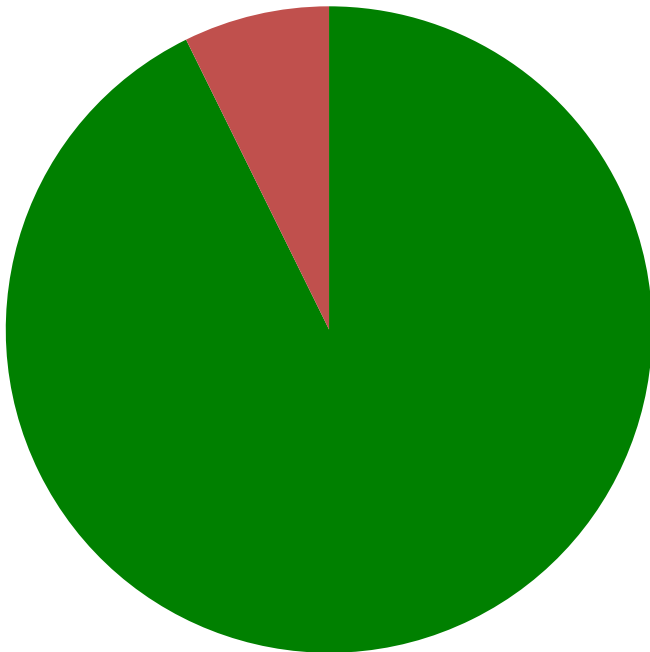
Два главных мнения о химии:

- ✓ Неоценима польза продуктов, которые производит химия
- ✓ Громаден ущерб, который наносит химия окружающей среде и здоровью человека

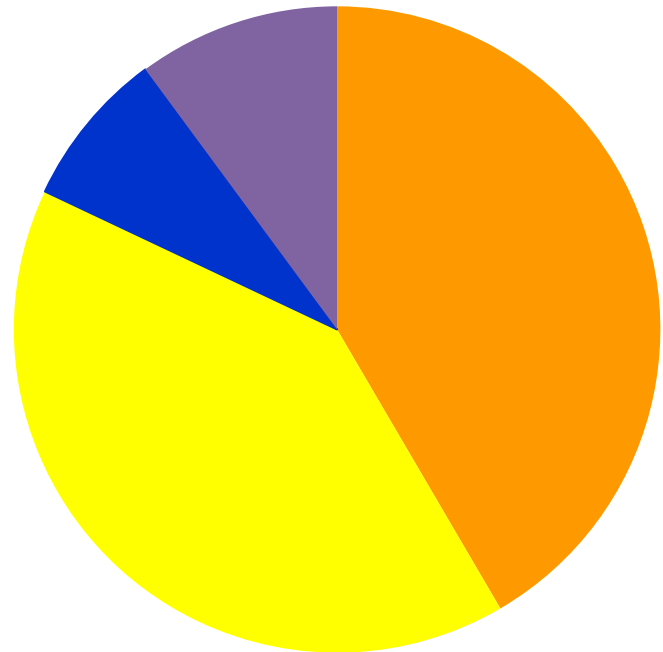


Какого цвета наука?

BIOLOGY



CHEMISTRY



Sustainable development

Устойчивое развитие

Linguist.

Устойчивый постоянный рост

Concept.

Продолжающееся развитие, которое не противоречит дальнейшему существованию человечества и развитию его в прежнем направлении.

Sustainability and Green Chemistry essentially go hand in hand



Подведем итоги для БГУ:

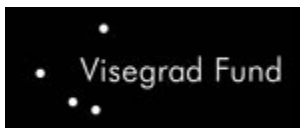
Дисциплина : Введение в зеленую химию – 2008 год.

Защита магистерской диссертации: – 2009 год.

Грант Вышеградского фонда – 2011 год.

:





Вишеградская группа (польск. Grupa Wyszehradzka), также известная как Вишеградская четвёрка — объединение четырёх центральноевропейских государств: [Польши](#), [Чехии](#), [Словакии](#) и [Венгрии](#). Была образована в результате встречи президентов и премьер-министра трёх постсоциалистических стран — Леха Валенсы (Польша), Вацлава Гавела (Чехословакия) и Йожефа Антала (Венгрия) 15 февраля 1991 года в венгерском городе Вишеград, в котором была подписана совместная декларация о стремлении к интеграции в европейские структуры. Данное объединение также иногда называли Вишеградской тройкой или Вишеградским треугольником, так как в самом начале оно включало в себя лишь трёх членов — сейчас этот термин неправомерен, но всё же иногда употребляется, несмотря на тот факт, что Чехословакия как единое государство прекратила существование ещё в 1993 году.

Все члены Вишеградской группы 1 мая 2004 года стали членами Европейского союза. ([Википедия. Свободная энциклопедия](#))

Международный Вишеградский фонд был основан с целью поддержки проектов в области образования и науки, культуры и туризма, налаживания межвузовского сотрудничества по обмену студентами.

Подведем итоги: ЗХ через 20 лет

- ✓ «Зеленая химия» - любое усовершенствование химических процессов, которое положительно влияет на состояние окружающей среды
- ✓ «Риск = Опасность x Экспозиция»
- ✓ Способ получения химических веществ, который уменьшает или исключает использование и производство опасных химических соединений.

Изменилась ли ситуация в крупнотоннажной химии?

- **Е-фактор** –побочные продукты/ нужный продукт.
- **Атомная эффективность** – молярная масса целевого продукта/ сумма молярных масс остальных продуктов в стехиометрическом уравнении
- **Е-фактор учитывает** количество потерь на килограмм продукта, включая растворители, катализаторы, нежелательные побочные продукты

Condensed Principles of Green Chemistry

- P** – Prevent wastes
- R** – Renewable materials
- O** – Omit derivatization steps
- D** – Degradable chemical products
- U** – Use safe synthetic methods
- C** – Catalytic reagents
- T** – Temperature, pressure ambient
- I** – In-Process Monitoring
- V** – Very few auxiliary substances
- E** – E-factor, maximize feed in product
- L** – Low toxicity of chemical products
- Y** – Yes, it is safe

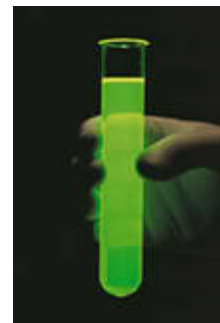


12 принципов 3X

- **P** - предупредить потери
- **R** - возобновляемые материалы и сырье
- **O** - предупредить потери
- **R** - возобновляемые материалы и сырье
- **O** - исключить побочные реакции
- **D** - разлагающиеся химические продукты
- **U** - использовать безопасные синтетические методы
- **C** - использование катализаторов
- **T** - использование нормальных температуры и давлений
- **I** - мониторинг в процессе
- **V** - как можно меньше вспомогательных веществ и растворителей
- **E** - максимальный выход продукта
- **L** - низкая токсичность химических продуктов
- **Y** - да, процесс безопасен

12 принципов взяла на вооружение промышленность

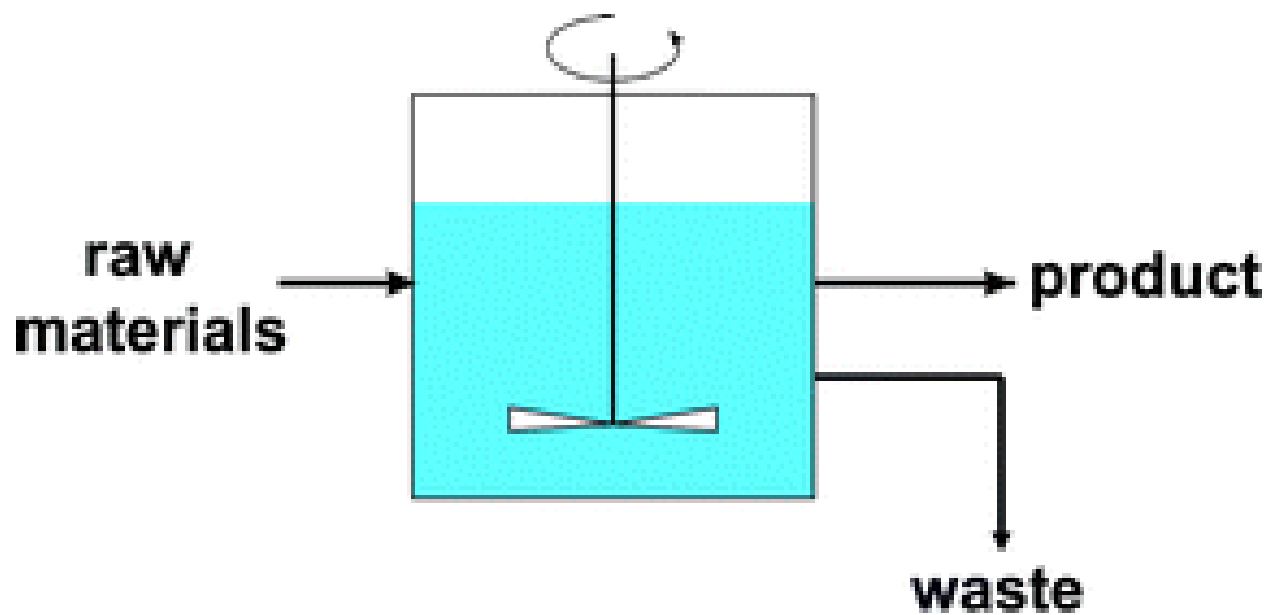
- Фирма «Pfizer» разработала технологию производства силденафилцитрата (виагры), при которой для производства продукта требуется не 1300 литров хлорсодержащего растворителя, а всего 6,5 литра безопасного растворителя. В результате E-фактор этого производства сократился со 105 до 6, а сам фармакологический гигант получил премию по зеленой химии правительства Великобритании.
- Французская косметическая фирма «L'Oreal» производит из древесины бука про-ксилан (вещество, способствующее восстановлению кожи) по технологии, имеющей E-фактор 13. Это также отвечает принципам зеленой химии, о чем фирма написала в своем отчете в 2007 году.



12 принципов взяла на вооружение промышленность

- В 2002, г. BASF, заменила хлорированные растворители на ионные жидкости. Процесс пошел при комнатной температуре. Тепло использовано на другой стадии.
- Глицерин, побочный продукт в производстве биодизеля. Зеленый растворитель (свойства воды (низкая стоимость, низкая токсичность, доступность регенерируемость) и ионных жидкостей (высокая т.кип., низкое давление паров)).





$$E = \frac{\text{kg waste}}{\text{kg product}}$$

Шелдон , 1994. Е-фактор.

Крупнотоннажная химия

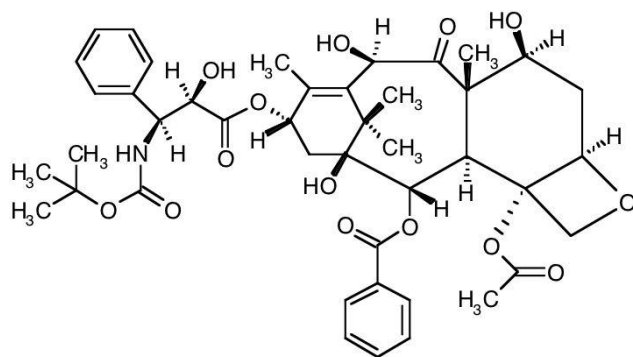
Фармацевтическая

1-5,

25-100

Особенности фармацевтической отрасли:

- 1) Сложность структуры целевых соединений
- 2) Многостадийность синтезов
- 3) Использование методов тонкого органического синтеза, защитных групп
- 4) Использование значительных количеств вспомогательных веществ (растворы кислот, оснований, солей и т.п.)
- 5) Использование хроматографических методов выделения и очистки соединений



Доцетаксел
(Taxotere®)



Внимание к проблеме:

- Премия президента США - шестнадцатый год подряд за инновационные решения, учитывающие интересы окружающей среды.
- Новые журналы с солидным импакт-фактором («Green Chemistry» (*IF* 3,22 – 6,25), «ChemSusChem», «Green Chemistry Letters&Reviews» (*IF* 0,925))
- регулярно проводятся конференции.

ЗХ и в Африке ЗХ!

PRINCIPLES FOR GREENER AFRICA

G - generate wealth not waste (производить богатство, а не отходы)

R - regard for all life & human health
(уважение к любой жизни и здоровью)

E - energy from sun (энергия от солнца)

E - ensure degradability & no hazards (обеспечить деградируемость и никакой опасности)

N - new ideas & different thinking (новые идеи и другое мышление)

E - engineer for simplicity & practicality (простые и практичные инженерные решения)

R - recycle whenever possible (повторное использование, где только возможно)

A - appropriate materials for function (материалы должны соответствовать функциям)

F - fewer auxiliary substances & solvents (как можно меньше вспомогательных веществ и растворителей)

R - reactions using catalysts (использовать катализаторы)

I - indigenous renewable feedstocks (местное возобновляемое сырье)

C - cleaner air & water (более чистые воздух и вода)

A - avoid the mistakes of others (избегать чужих ошибок)



«Зеленая химия»

Green Chemistry

- 
- Новая дисциплина?
 - Подход к повышению экологической безопасности химических производств?
 - Революционная философия?

«Зеленая химия» – это революционная философия, призванная уменьшить и предотвратить загрязнение окружающей среды. Это не новый раздел химии, а новый способ мышления, новая концепция химии.



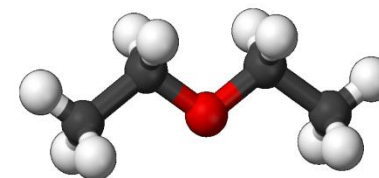


По какой-то странной причине химия развивалась таким образом, что единственные люди на Земле, которые способны создать новый вид молекулы, прежде никогда не существовавшей, не получают совершенно никаких знаний о том, как ядовитые вещества влияют на окружающую среду. Химики не обучают даже самым простым вещам о том, что делает молекулы ядовитыми и как этого избежать.

Джон Уорнер, Newsletter of Institute for Public Planning

Любой химик на планете, когда он заходит в лабораторию, потенциально может создать нейротоксин, канцероген или любое другое ядовитое соединение. Несмотря на это, никогда никто не говорил о том, чтобы ввести специальное обучение – для того чтобы уметь распознавать и стараться избегать создания ядовитых материалов. «Зеленая» химия – это исправление подобного провала в образовании. Мы должны объяснять людям, что такое токсины, а также то, как они влияют на окружающую среду.

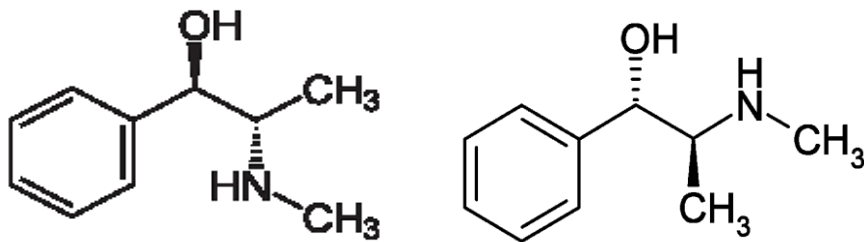
Вещества двойного назначения



Диэтиловый эфир (этоксигетан, этиловый эфир, «серный эфир»)

Растворитель, добавка в составы, облегчающие запуск двигателей внутреннего сгорания в условиях пониженных температур, экстрагент для разделения плутония и продуктов его деления, а также при выделении урана из его руд и при производстве бездымного пороха (пироксилина) компонент комбинированных наркозов.

Входит в список прекурсоров, т.е. веществ, которые могут использоваться при производстве наркотиков. «Дело химиков».



Эфедрин и псевдоэфедрин . Лекарства от насморка и кашля.

Прекурсоры для производства метамfetомина.

Химик в ответе за конечный продукт!



Roald Hoffmann

Вещества двойного назначения

Использование во благо или во вред –выбор пользователя?

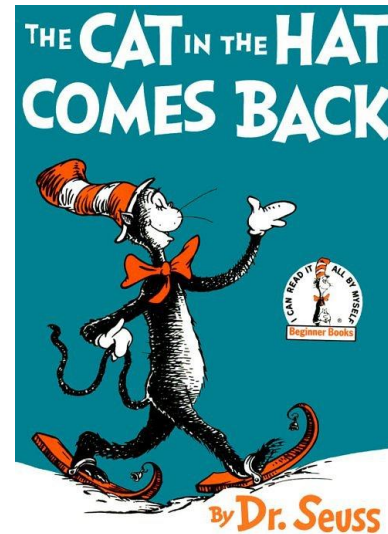


Молекулы – всего лишь молекулы.
Химики создают новые соединения и преобразуют старые. Другие, те, кому это нужно, покупают и используют их; кто-то продаёт такие разработки и делает на этом деньги. Все мы играем ту или иную роль в этой цепочке и используем химические соединения во благо или во вред...

Ecological Problems Solving:

- **Стратегия «конца трубы»** (“end of pipe” strategy)- стратегия решения экологических проблем **после их возникновения** в процессе производства, т.е. в конце технологического цикла: очистка сточных вод, газовоздушных выбросов и захоронение отходов.
- **Стратегия предотвращения загрязнения** (pollution prevention strategy, P²)- фокусируется **на причинах возникновения** экологических проблем, а не на решении самих проблем после их возникновения в производственном процессе: оптимизация производственных процессов, внедрение энергосберегающих технологий, уменьшение использования токсичных и вредных веществ и т.п.

- Dr. Suess –
The Cat in the Hat Comes Back



- “Once you get something dirty, the only way to get it clean is to make something else dirty.”
- The best way to keep the world clean is to not get it dirty to begin with.

1960 Для снижения экологического ущерба от работы химических производств тратятся немалые средства на **создание очистных сооружений и утилизацию вредных веществ.**



Стратегия предотвращения загрязнения = Стратегия Более Чистого Производства

Стратегию БЧП можно смело назвать *революционной*, так как она позволяет не просто получить нужное вещество, но получить его таким способом, который не вредит окружающей среде ни на одной стадии технологического процесса и является безопасным для тех, кто занят на этом производстве.

Cleaner Production

Более чистое производство

Idea (1980, USA)

Principles – UNEP Declaration (1998 г.)

Системный подход к охране окружающей среды, включающий и рассматривающий все фазы процесса производства или жизненного цикла продукции с целью предотвращения и/или минимизации как ближайших, так и отдаленных рисков для человека и окружающей среды.

Lifecycle from “cradle to grave”

- ✓ Lifecycle from “cradle to grave”
- ✓ Инновационный жизненный цикл
- ✓ Смена ориентиров: от *процессов* более чистого производства с точки зрения окружающей среды к более чистым *продуктам*
- ✓ Экологически благоприятные альтернативы экономически выгоднее токсичных традиционных аналогов

Cleaner Production

Более чистое производство

Стратегия win-win-win (трехкратная победа)

Защита окружающей среды, работника и потребителя при одновременном повышении эффективности, увеличении прибыли и конкурентоспособности.

Система международных стандартов в системе экологического менеджмента ИСО 14001

Lifecycle from “cradle to grave”

Ответственность за продукт



Green Chemistry

➤ **Green Chemistry** - любое усовершенствование химических процессов, которые положительно влияют на состояние окружающей среды.

➤ **Green Chemistry** - революционная философия, призванная уменьшить и предотвратить загрязнение окружающей среды.

➤ **The founding fathers** – Paul Anastas and John Warner (1998)



Пол Анастас, Environmental Protection Agency, Yale University

“The development of more eco-friendly, sustainable chemical products and processes”.

“The utilization of a set of principles that reduces or eliminates the use or generation of hazardous substances in the design, manufacture and application of chemical products”.



The Green Chemistry message is simple:

Seek prevention, not cure!



Джон Уорнер –директор Warner Babcock Institute For Green Chemistry



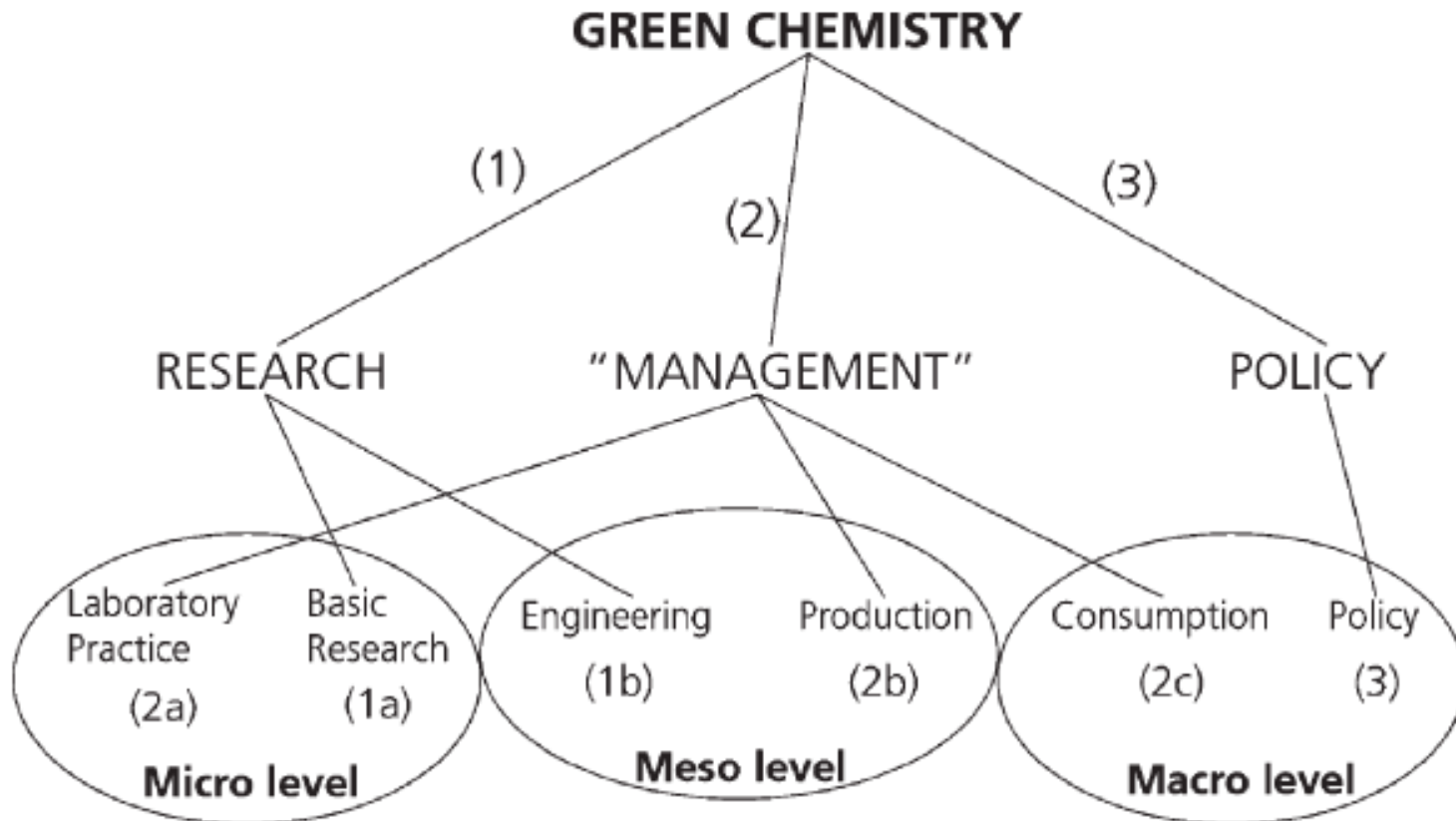
What is the difference between **GREEN CHEMISTRY** and **ENVIRONMENTAL CHEMISTRY** ?



Экологическая химия — наука о химических процессах, определяющих состояние и свойства окружающей среды — атмосферы, гидросферы и почв.

Green Chemistry Activities

(классификационная модель деятельности зеленой химии)



“Green” Chemistry Directions:

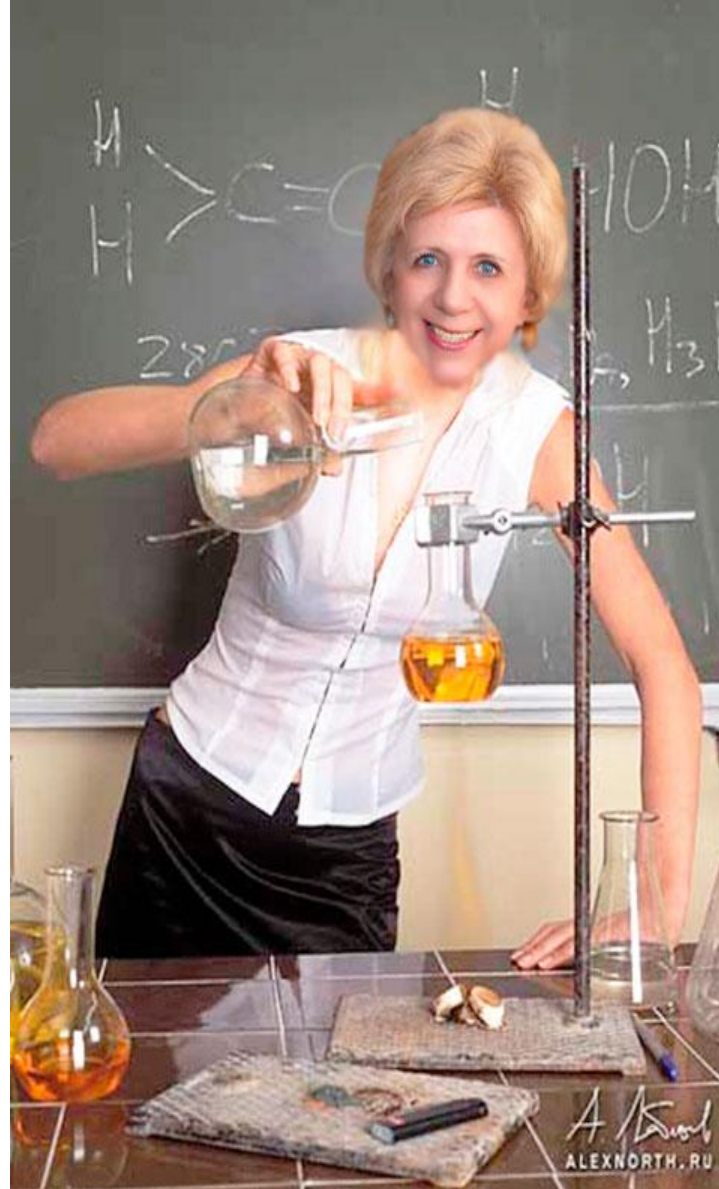
- Новые способы синтеза
- Замена традиционных органических растворителей
- Использование возобновляемых источников энергии и сырья



Предел мечтаний химика-синтетика

Хочу, чтобы:

- ✓ Реакция протекала в нужном направлении.
- ✓ Был обеспечен максимальный выход продуктов.
- ✓ Реакция протекала с достаточной скоростью.
- ✓ В водной среде



Project

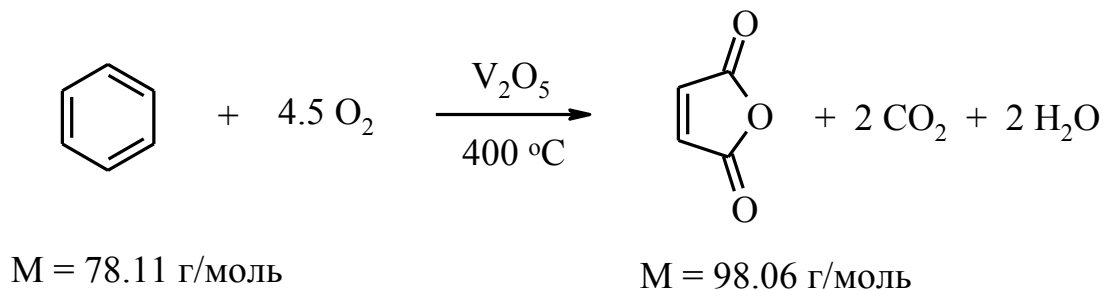
"Introduction to Green Chemistry: Belarus and V4 Countries"

Coordinator – Dr. Tatsiana Savitskaya

Меры эффективности химических реакций

$$\% \text{ ВЫХОД} = \frac{\text{масса полученного продукта(ов) реакции}}{\text{теоретическая (расчетная) масса продукта(ов)}} \times 100\%$$

Например:

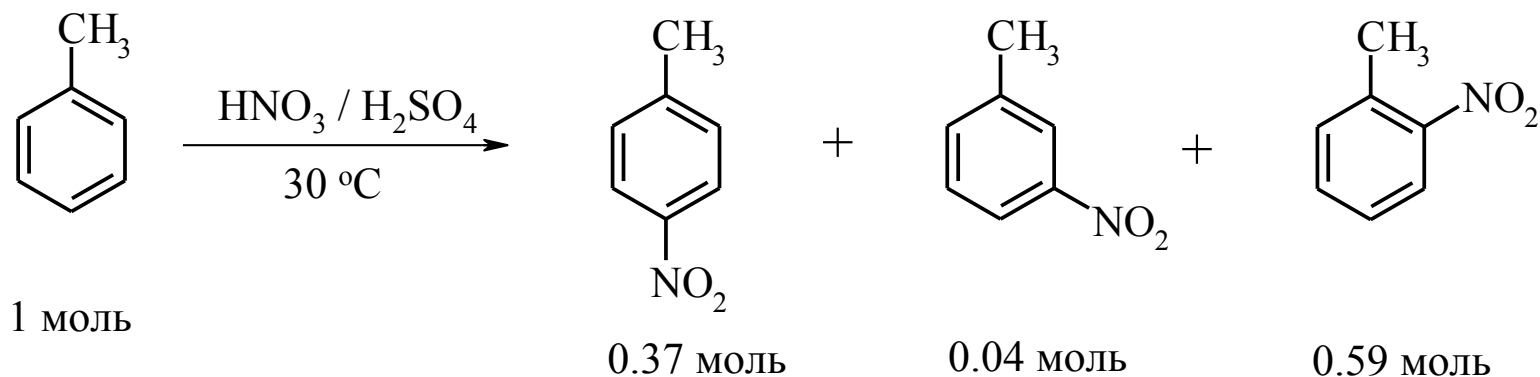


Если из **78.11 г** бензола получили **81.56 г** малеинового ангидрида, то **выход** равен $(81.56 / 98.06) \times 100 \% = \mathbf{83.17 \%}$

Меры эффективности химических реакций

$$\% \text{ селективность} = \frac{\text{количество (моль) полученного желаемого продукта}}{\text{количество (моль) прореагировавшего субстрата}} \times 100\%$$

Например:



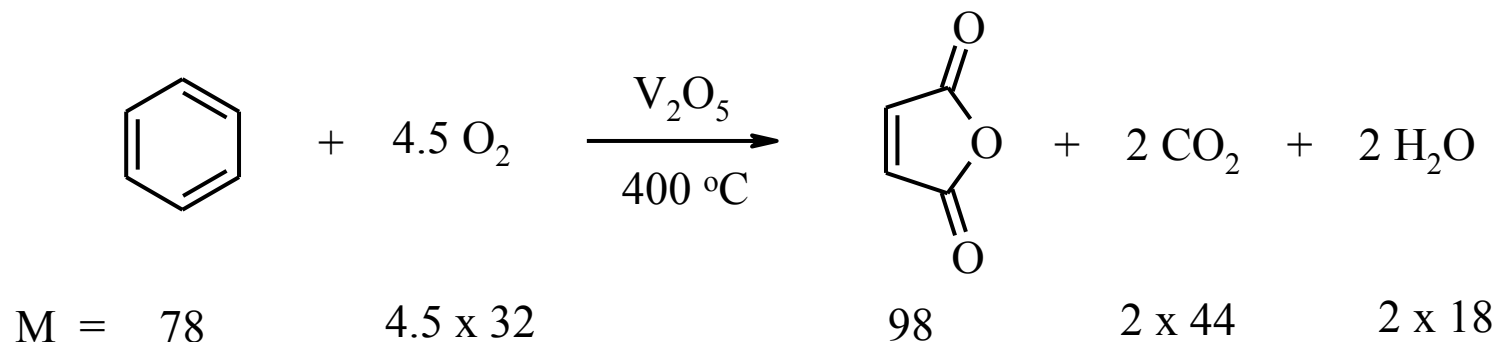
Если **1 моль** толуола полностью прореагировал и из него получили **0.37 моль** желаемого *пара*-нитротолуола, то **селективность** равна
(0.37 / 1.00) x 100 % = **37 %**

Меры эффективности химических реакций

$$\% \text{ экономии атомов} = \frac{\text{молекулярная масса желаемого продукта(ов)}}{\text{молекулярная масса исходных реагентов}} \times 100\%$$

При расчете необходимо учитывать коэффициенты в уравнении реакции!

Например:



$$\% \text{ экономии атомов} = 98 / (78 + 4.5 \times 32) \times 100 \% = 44.14 \%$$

Меры эффективности химических реакций

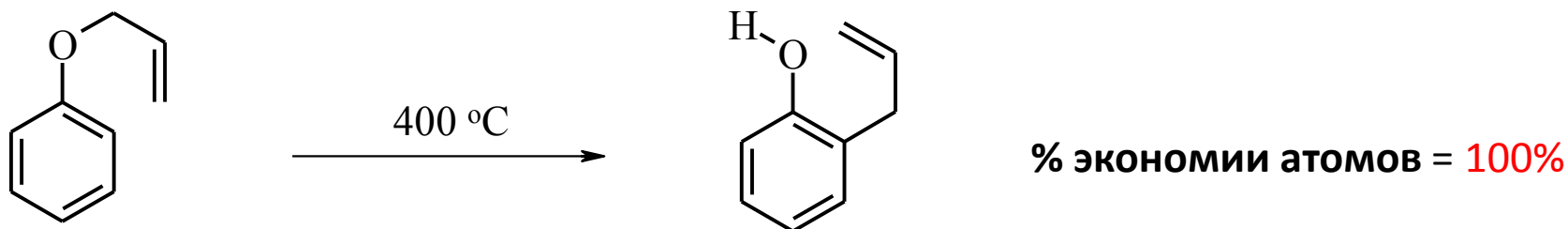
Некоторые «экономные» и «неэкономные» реакции с точки зрения принципа экономии атомов

«Экономные» реакции	«Неэкономные» реакции
Перегруппировки	Реакции замещения
Реакции присоединения	Реакции отщепления (элиминирования)
Реакция Дильса-Альдера	Реакции окисления
Другие согласованные реакции	Реакции с металлоорганическими реагентами

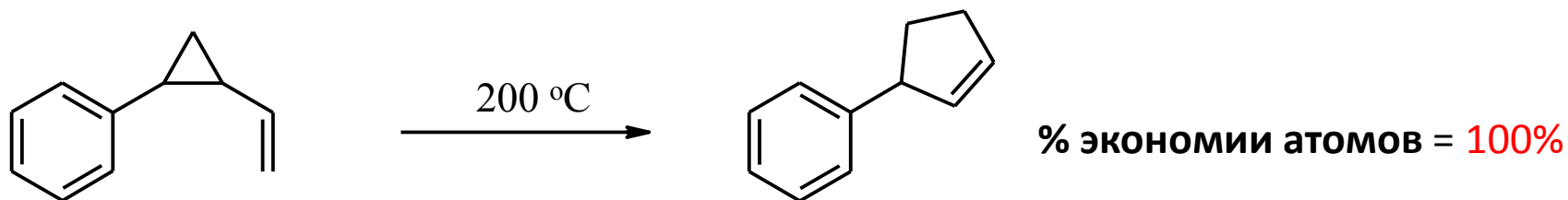
«Экономные» реакции

Перегруппировки

Перегруппировка Кляйзена:

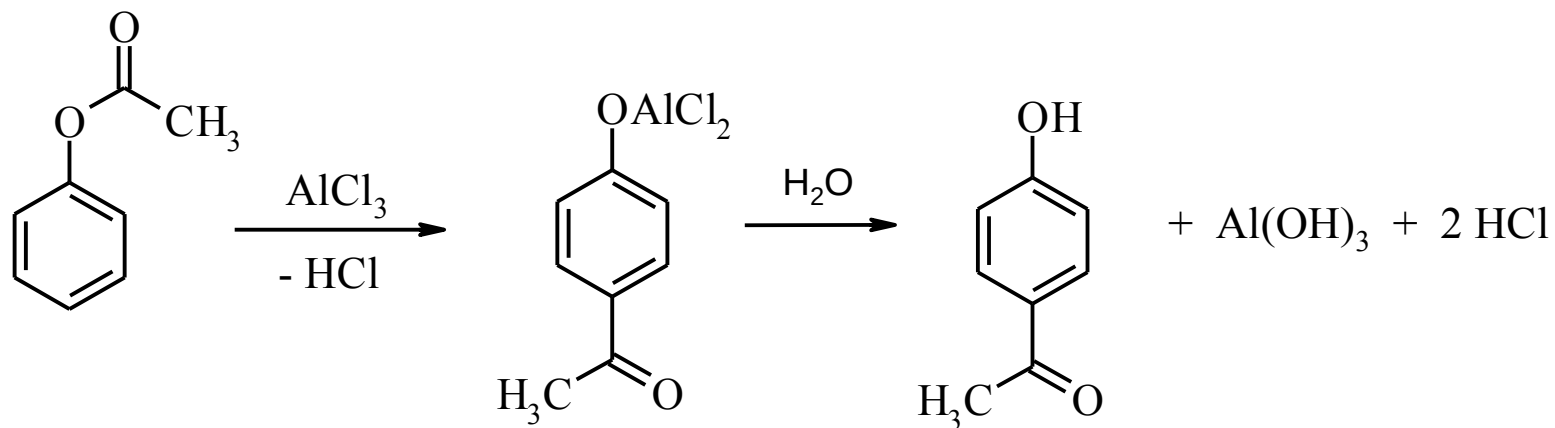


Перегруппировки винилциклопропанов:

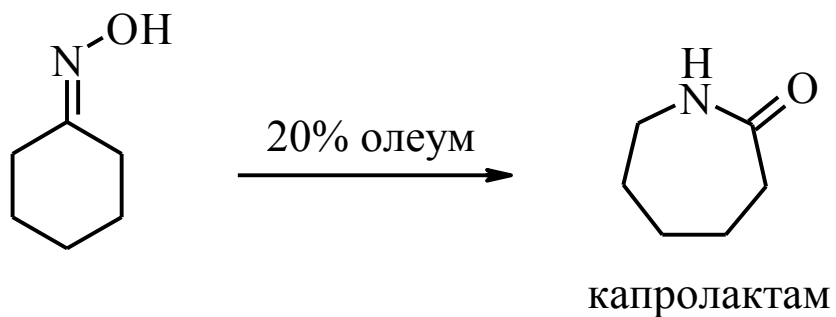


«Неэкономные» перегруппировки

Перегруппировка Фриса:



Перегруппировка Бекмана:

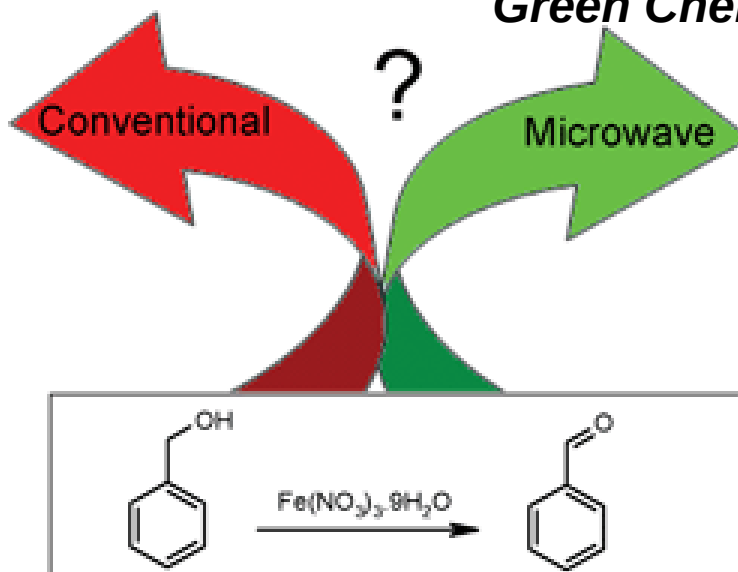


The features of green reactions:

Non-traditional activation methods

- Microwave Radiation
- UV Radiation
- Ultrasound (sonochemistry)
- Mechanoactivation

Green Chem., 2009, **11**, 65 - 78

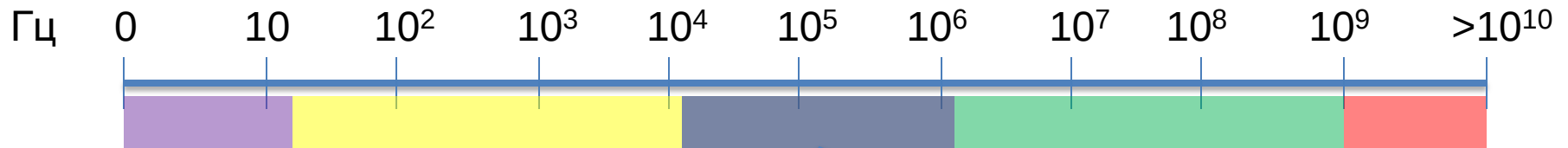


Микроволновое нагревание

- Кингман и его коллеги (C. Dodds, G. Dimitrakis, S. Kingman, заявка на патент WIPO WO/2010/070357) предложили использовать микроволновый нагрев для проточного «вспучивания» вермикулита. Этот минерал со слоистой структурой при нагревании вспучивается в направлении, перпендикулярном слоям, после чего получается широко используемый изоляционный материал. Обычно всю партию нагревают в специальном духовом шкафу при температуре 800оС. Микроволновое оборудование — а с его помощью вермикулит можно нагреть в проточном режиме в то время, как он ползет по конвейеру, — имеет существенно меньший объем, оно менее шумное и, кроме того, позволяет за счет обслуживания сэкономить до 95% энергии по сравнению с существующей технологией. Но «ценностное предложение» процесса в том, что гранулы вермикулита можно расфасовывать прямо с конвейера в бумажные мешки, тогда как при обычной технологии его перед расфасовкой приходится еще две недели остужать.

Звуковые волны

Звук - упругие волны, распространяющиеся в среде и создающие в ней механические колебания



- инфразвук, < 16 Гц



- слышимый звук, 16 Гц – 20 кГц



- ультразвук, 20 кГц – 1 ГГц

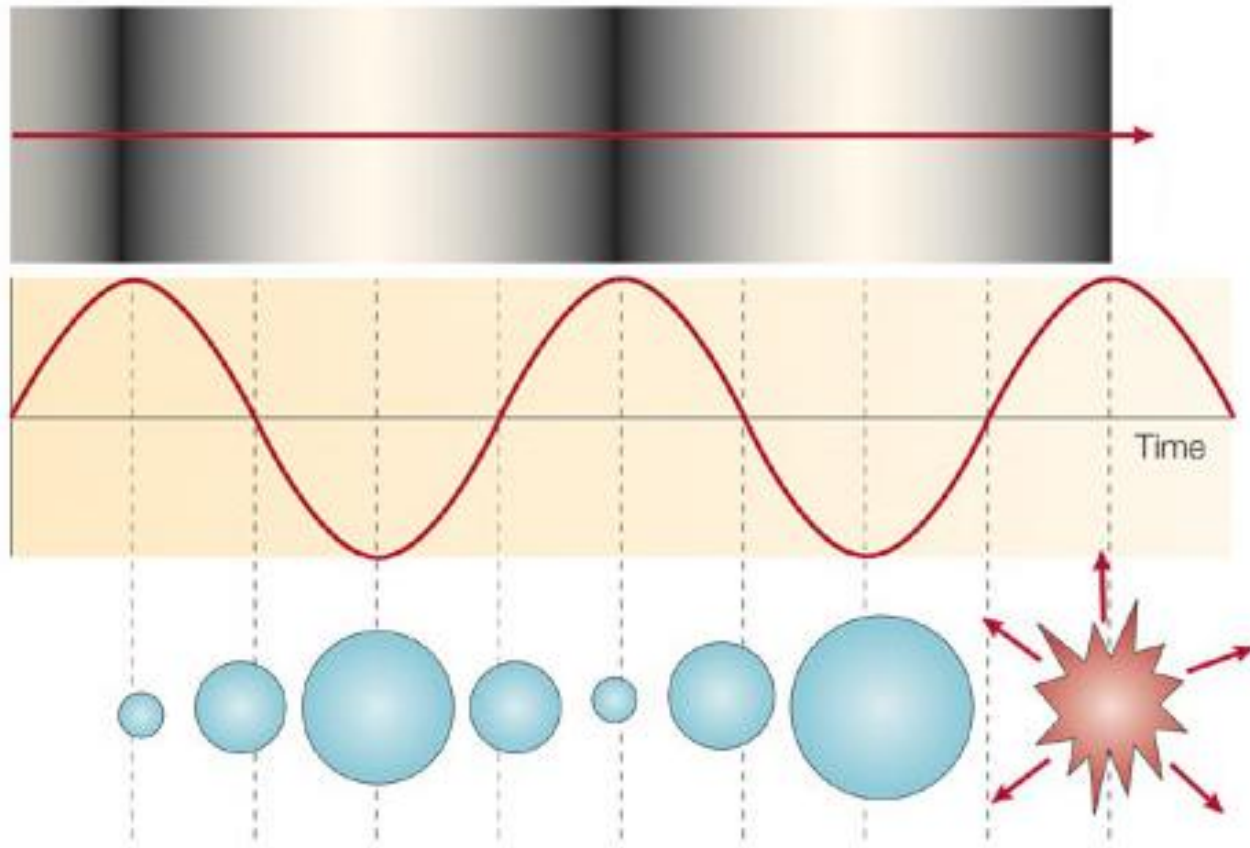


- гиперзвук, > 1 ГГц

ультразвук, применяемый
в сонохимии: 20 кГц – 2 МГц

Кавитация

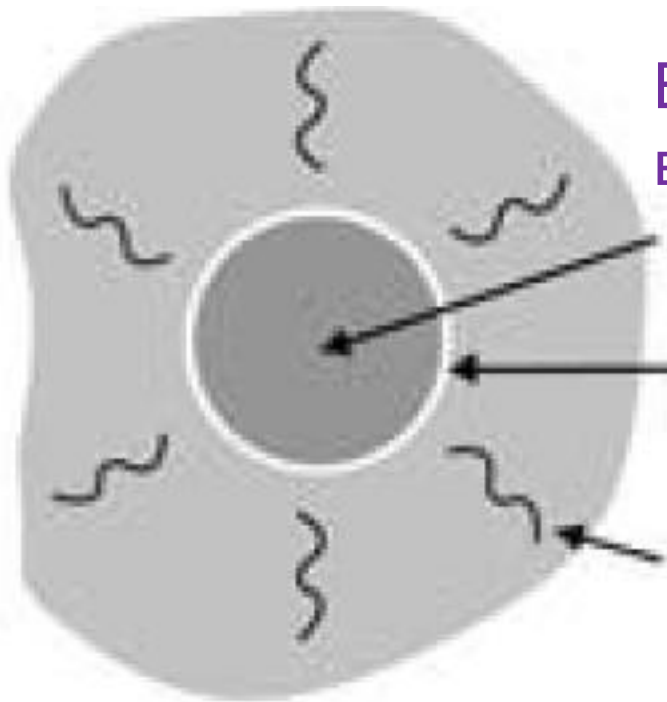
Кавитация — (от лат. *cavitas* — пустота) — образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков, или каверн), заполненных газом, паром или их смесью.



Кавитация

- Коллапс пузырьков может вызывать очень высокие локальные температуры (порядка 5000 °C) и давления (более 1000 атм)
- Ультразвук не влияет на колебательные или вращательные состояния молекул. Механизм действия – кавитация.

Кавитация



В ПОЛОСТИ

высокие температуры и давления

НА ГРАНИЦЕ

менее экстремальные условия
плюс ударные волны

В ОБЪЕМЕ

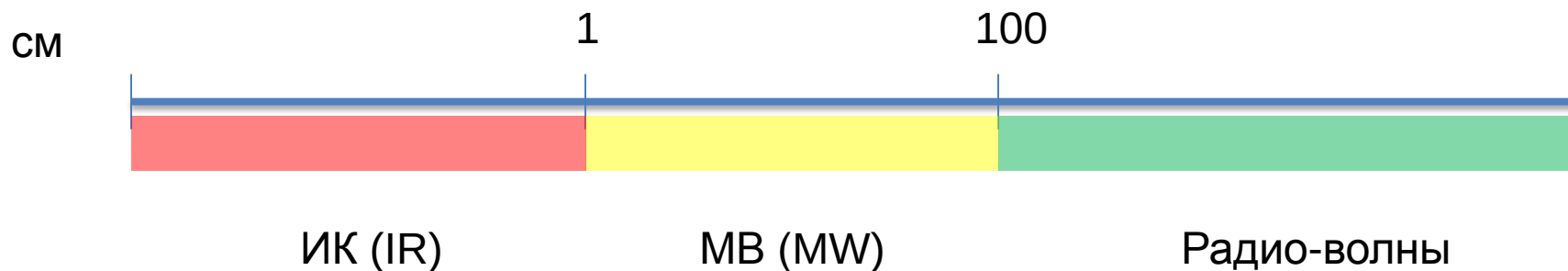
мощные поперечные
(сдвигающие) силы

Методы введения ультразвука в реактор

- Помещение реактора в резервуар с облучаемой ультразвуком жидкостью
- Помещение источника ультразвука непосредственно в реакционную среду
- Использование реакторов с вибрирующими на ультразвуковых частотах стенками

Микроволновая активация

Микроволны – электромагнитные волны с длиной волны от 1 см до 1 м (частоты от 30 Гц до 300 МГц)



Для микроволновой химии используется излучение с длиной волны **12.2 см (2450 МГц)**

Аппаратура



CEM DiscoVer



CEM MARS

Greener Processes Development



Зеленая реакция = зеленый процесс?

В процессе масштабирования (**Scale-up**)
(перехода от лабораторного масштаба к
промышленному)

решающую роль играет выбор реактора и
другого производственного оборудования

Проблемы масштабирования

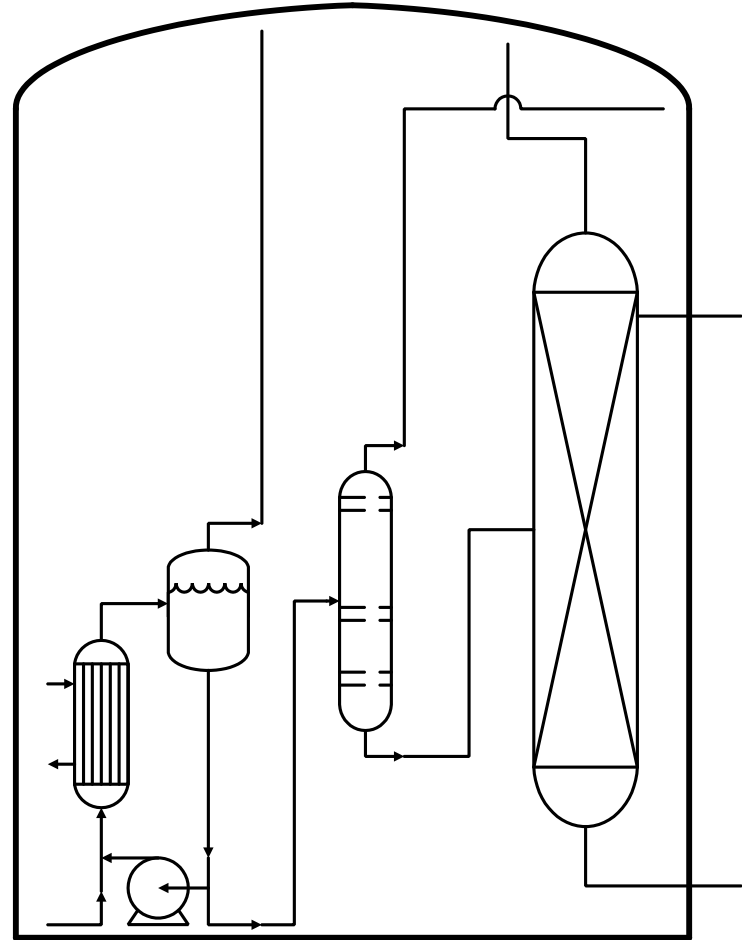
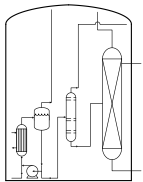
Различие тепло- и массопереноса для реакторов различного объема

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

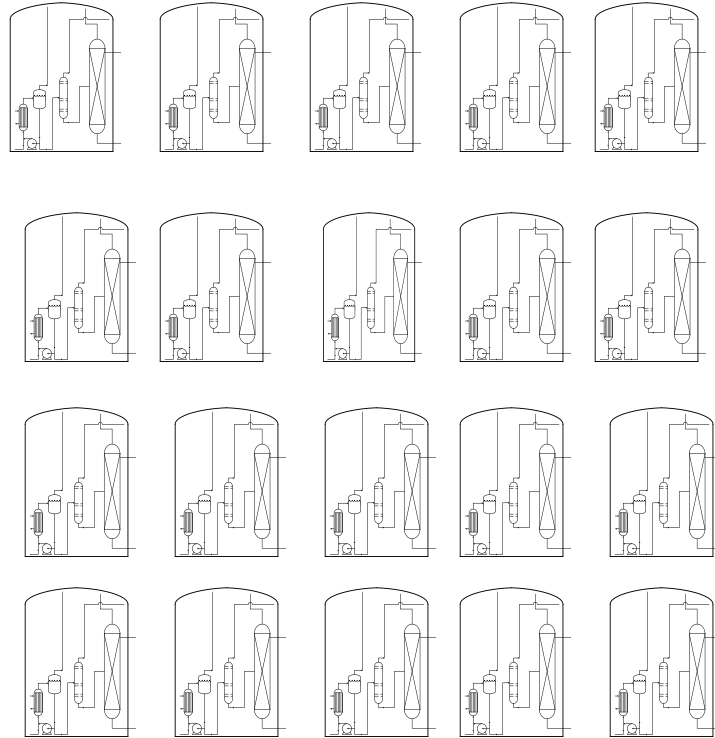
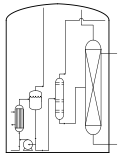
Количество переносимого тепла = коэффициент теплопереноса $\times$ площадь $\times$ разность температур между реагентами и термостатирующей средой

колба		реактор
1 л, 0,05 м ² (50)		10 м ³ , 20 м ² (2)

Scale up – it is not good!

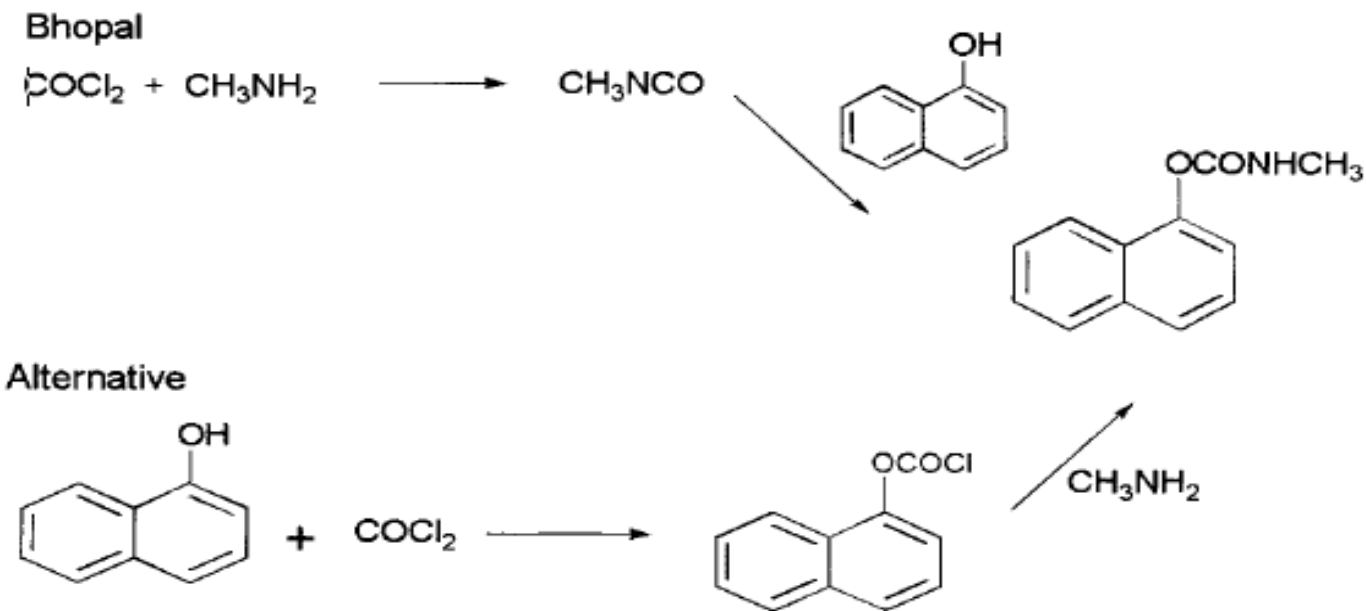


Scale out – is it good?



Концепция «дизайн, более безопасный по своей природе» (*inherently safer design*)

“What you don’t have can’t harm you” *T.Kletz*

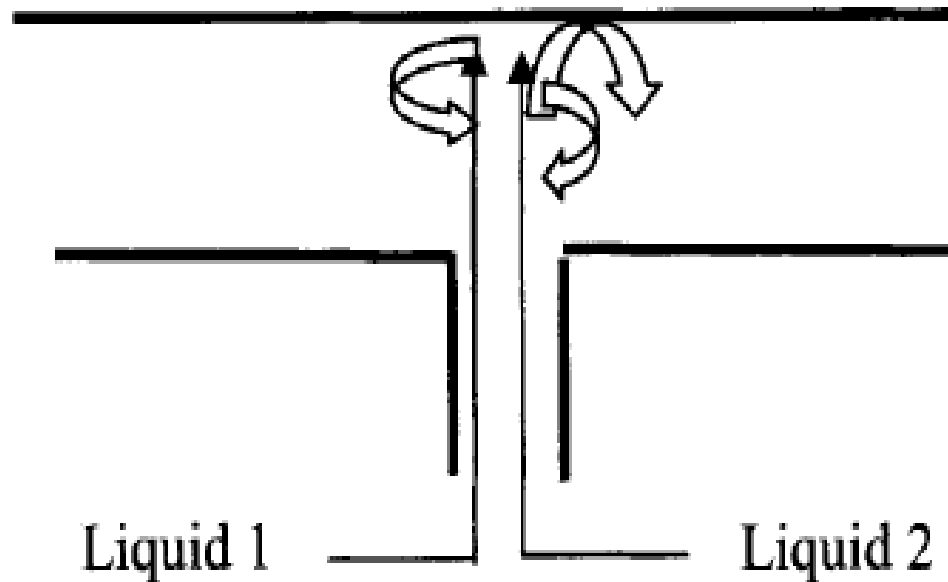


Методология ISD

- Минимизация *Minimization*
- Упрощение *Simplification*
- Замещение *Substitution*
- Умеренность *Moderation*
- Ограничение *Limitation*

Minimization

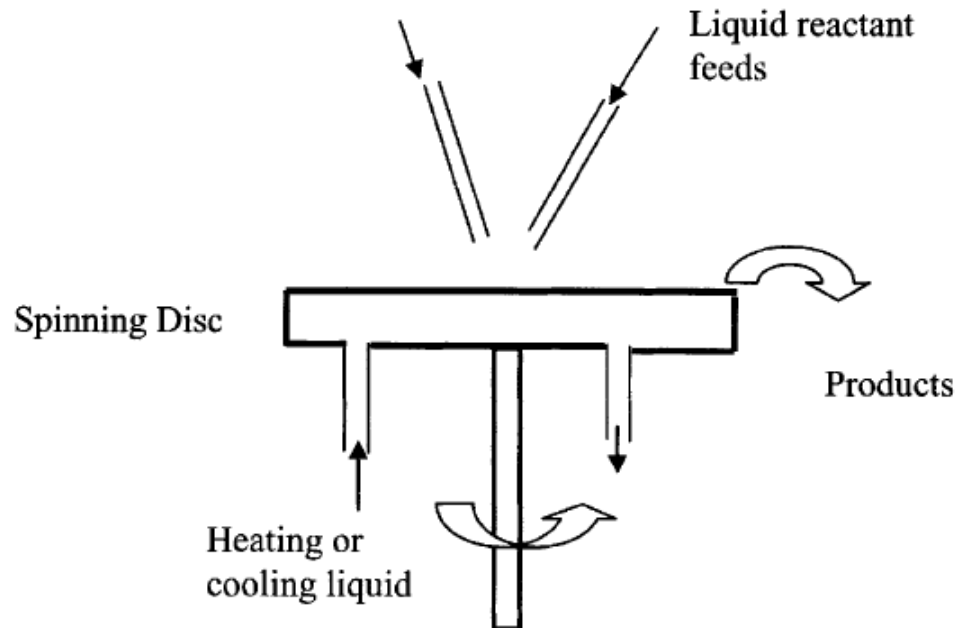
- За счет интенсификации процесса (радиальный струйный миксер)



Minimization :

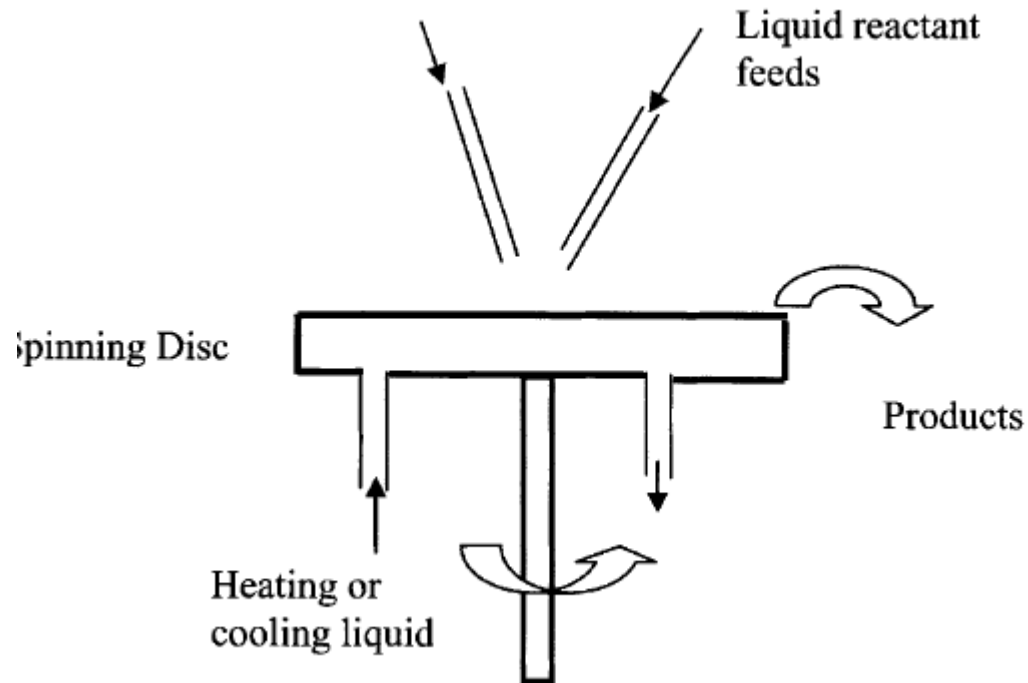
New design

- Spinning disk reactor,
- Cross-corrugated membranes module,
- High exothermic reactor, HEX reactor
- Minimization



Minimization

Вращающийся дисковый реактор



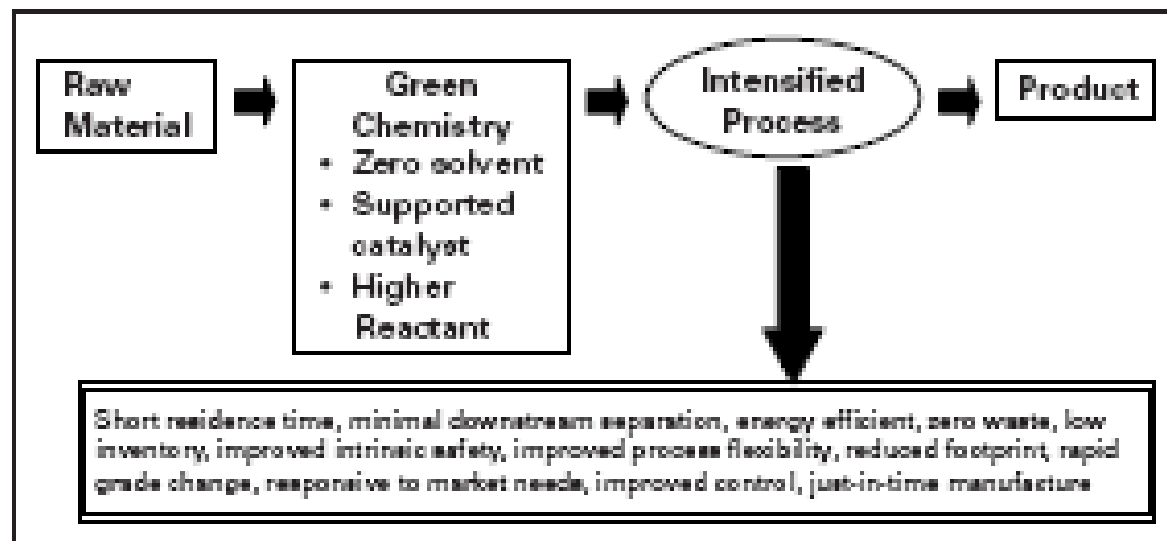


Fig. 15.1 Process characteristics of an intensified plant using green chemistry.



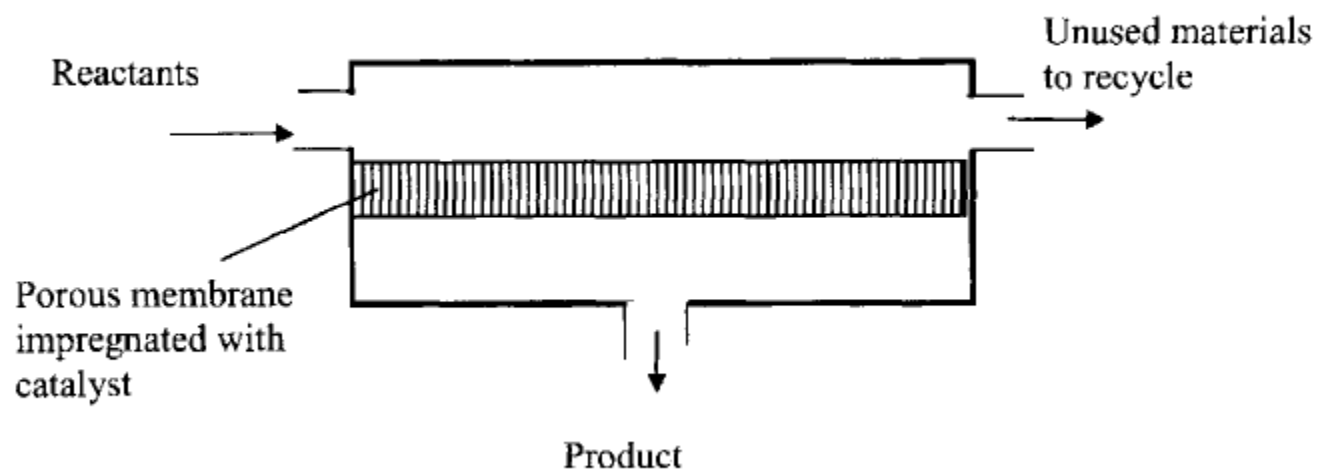
Fig. 15.2 View of sheared thin films on the SDR.

Table 15.1 Design considerations for process intensification

-
- Is the process based on batch or continuous technology?
 - Identify the rate-limiting step (heat transfer, mass transfer, mixing, etc.)
 - Identify appropriate intensification tools/modules/concepts
 - Eliminate solvents if possible
 - Use supported catalysts wherever possible
 - Reduce pressure/temperature gradients
 - Reduce the number of processing steps by using multifunctional modules
 - Ultimate aim is to achieve significant (orders of magnitude) enhancements in transport rates
-

Table 15.2 Characteristics of an intensified process

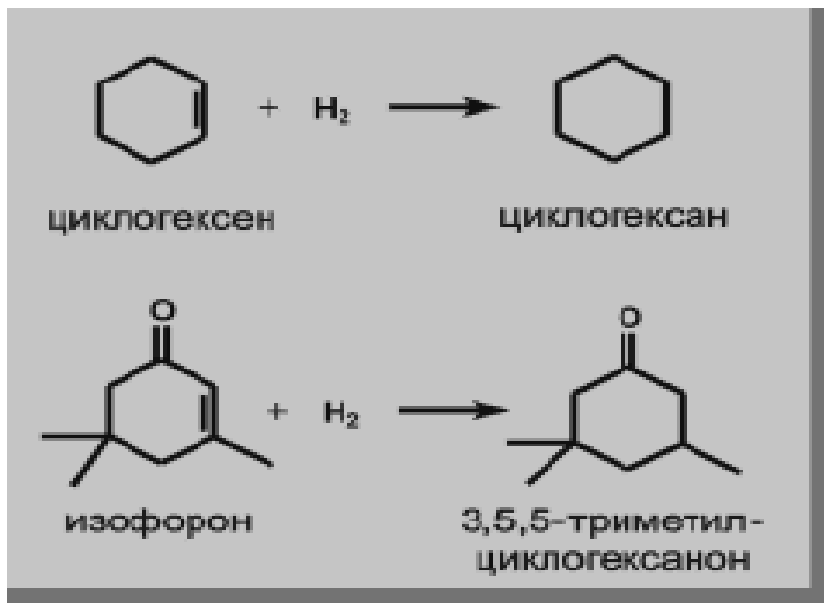
Каталитический мембранный реактор



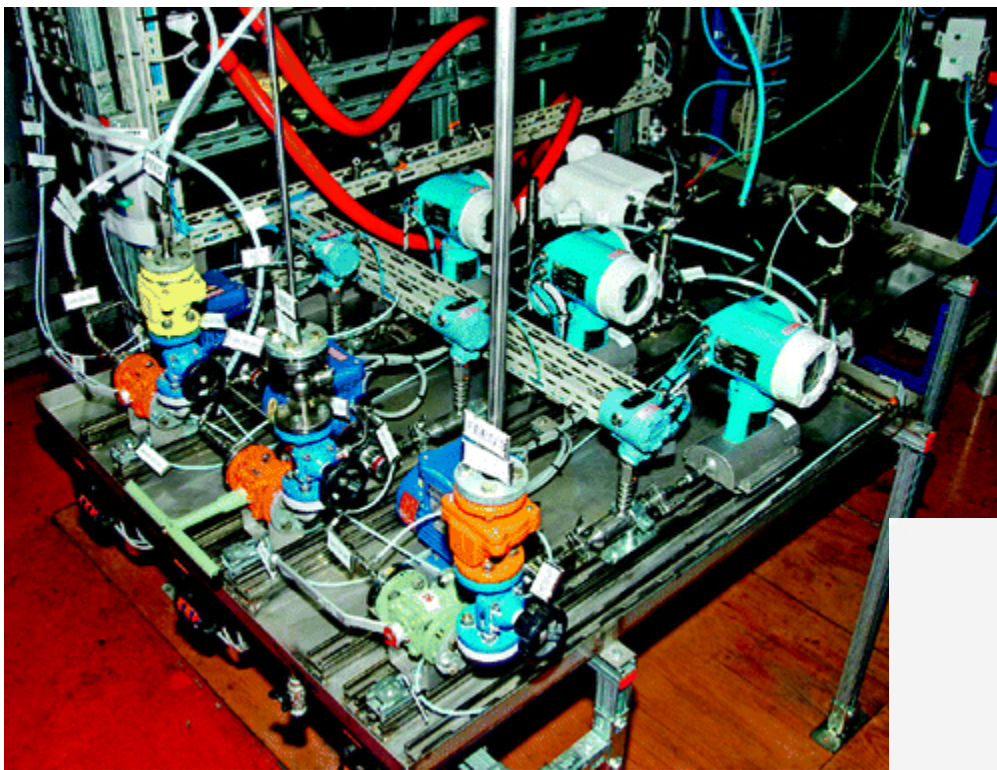


Замена статического реактора
10 000 л на динамический
сверхкритический реактор 40 л.

Схема проточного реактора для гидрирования в $scCO_2$



Микрореакторы



Simplification



Inherently safer ~~=~~ safer

- Air travel
 - several hundred people
 - 5 miles up
 - control in 3 dimensions
 - 600 mph
 - thousands of gallons of fuel
 - passengers in a pressure vessel
 -
- Automobile travel
 - a few people
 - on the ground
 - control in 2 dimensions
 - 60 mph
 - a few gallons of fuel
 - might even be a convertible
 -

- **Automobile travel is inherently safer**
- **But, what is the safest way to travel from Washington to Los Angeles?**
- **Why?**

What is inherently safer_ design?

- Inherent - “existing in something as a permanent and inseparable element...”
 - safety “built in”, not “added on”
- Eliminate or minimize hazards rather than control hazards
- More a philosophy and way of thinking than a specific set of tools and methods
 - Applicable at all levels of design and operation from conceptual design to plant operations
- “Safer_” not “Safe”

At what level of design should engineers consider inherently safer design?

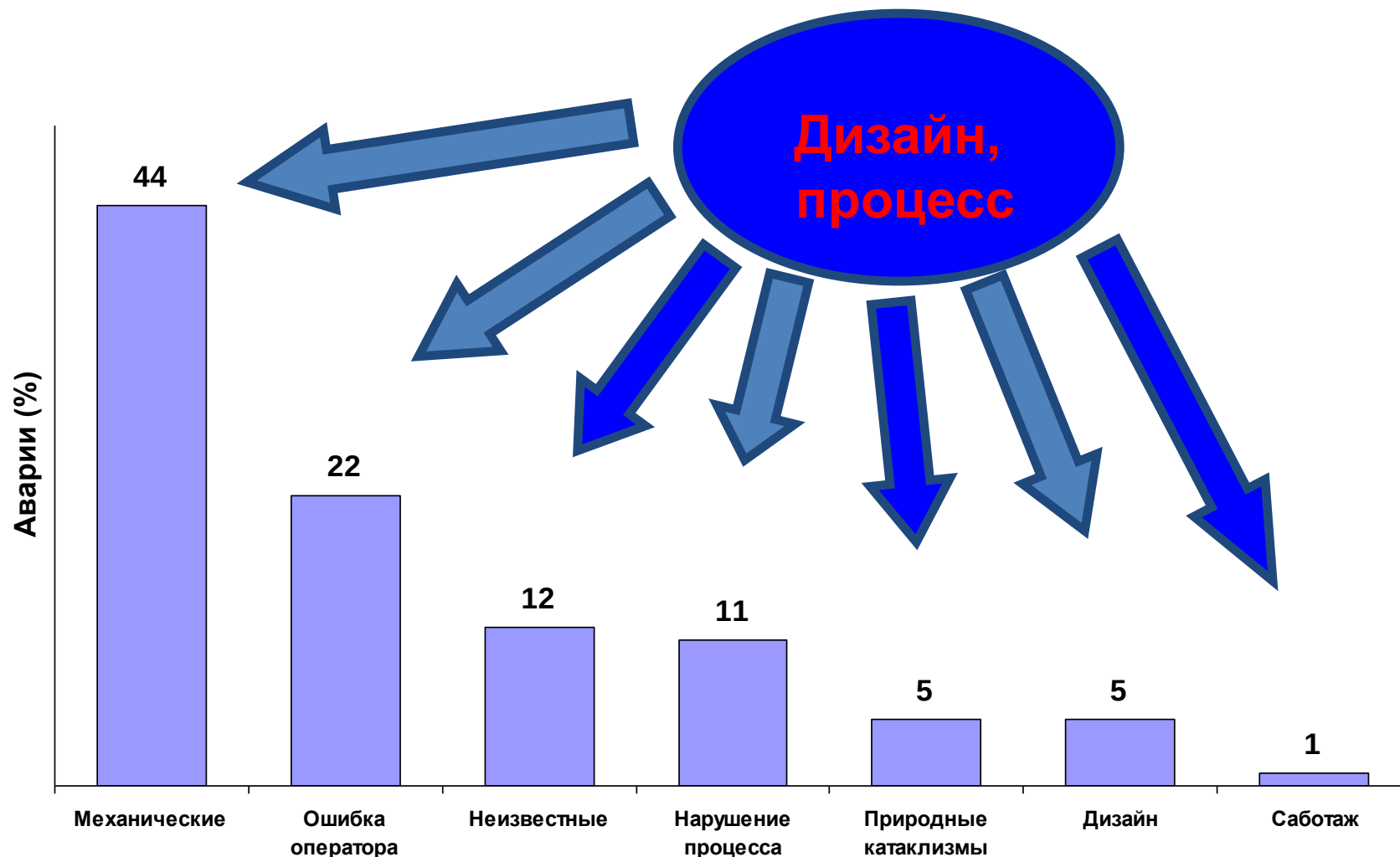
- Selecting Technology? Plant Design? Equipment Details? Operations?
- Best answer?— All levels!
- Inherently safer design *is not* a meeting.
- Inherently safer design *is a way of thinking*, a way of approaching technology design at every level of detail – part of the daily thought process.

Безопасность процесса

Process Safety

- 1930-ые КТО виноват? (**Behavior**)
- 1970-ые В чем причина ? (человек-машина)
(**Process**)
- 1980-ые Оценка рисков (**Management systems**)
- 1980-ые + Стандартизация рисков, «зеленый»
и безопасный (по природе) дизайн
(**Comprehensive**)

Причины аварий на крупных предприятиях



Новая парадигма безопасности

✓ Традиционно:

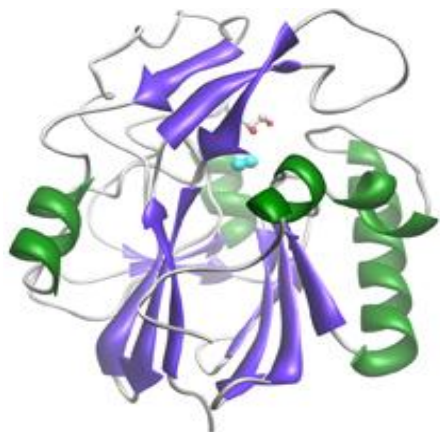
- Добавить элементы безопасности
- Предупреждение – тревожная сигнализация, блокировка, тренинги
- Ослабление – системы пожаротушения, аварийные системы и т.п.

✓ Inherently safer design

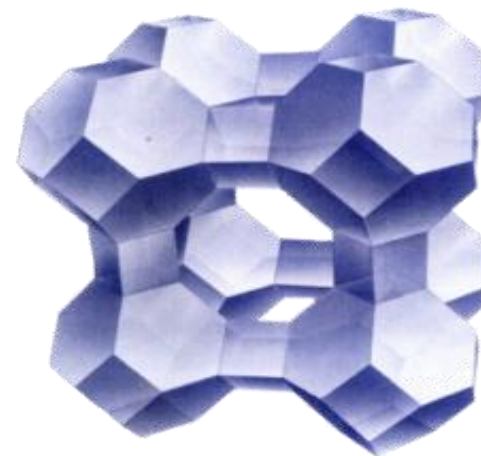
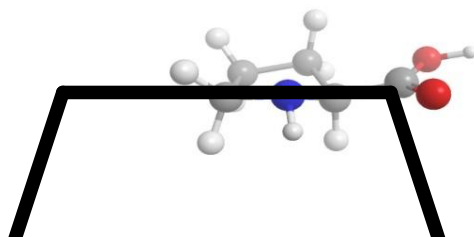
- устранить или значительно уменьшить опасность процесса

The features of green reactions

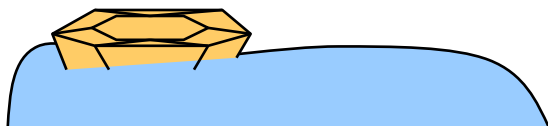
Catalysts



фермент (биокатализатор)



Цеолиты
(кристаллические алюмосиликаты)



Cu-Zn кристаллиты на силикагеле



The features of green reactions:

**Benign (non-VOC) solvents
(or without solvents):**

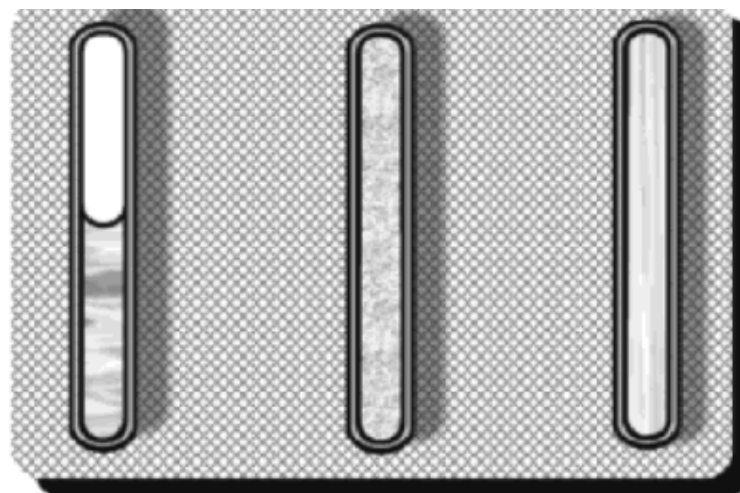
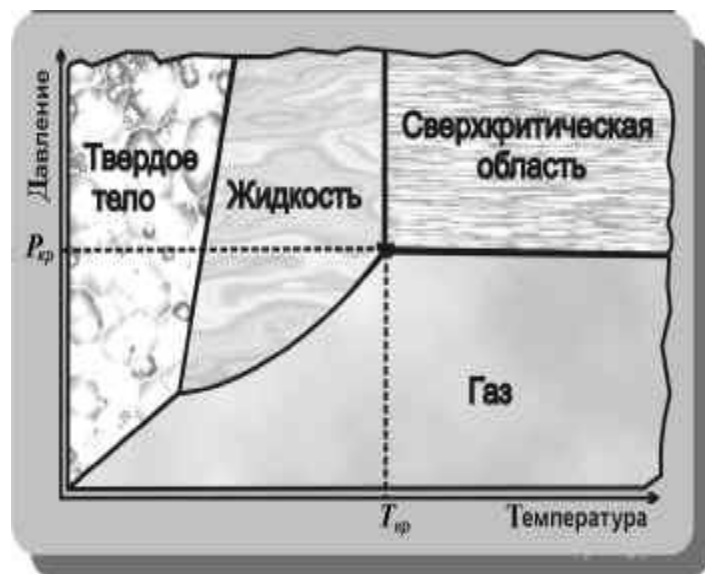
➤ **Supercritical fluids**

➤ **Ionic liquids**

➤ **Fluorous Biphased Solvents**



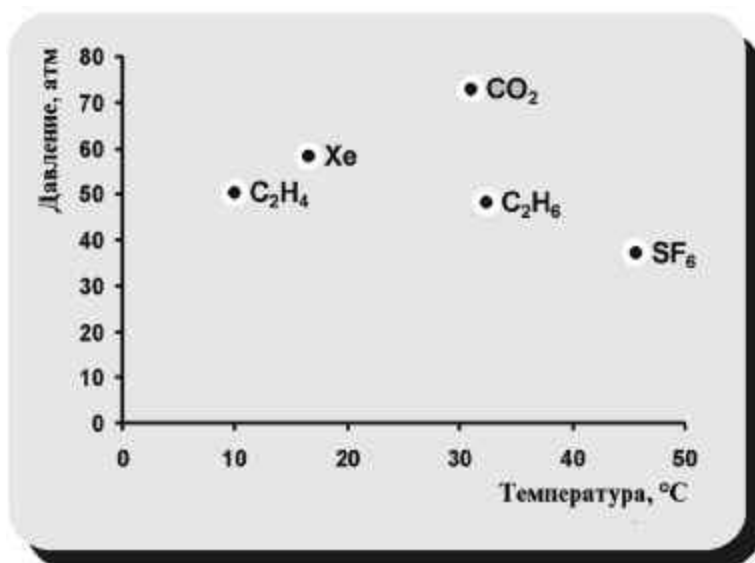
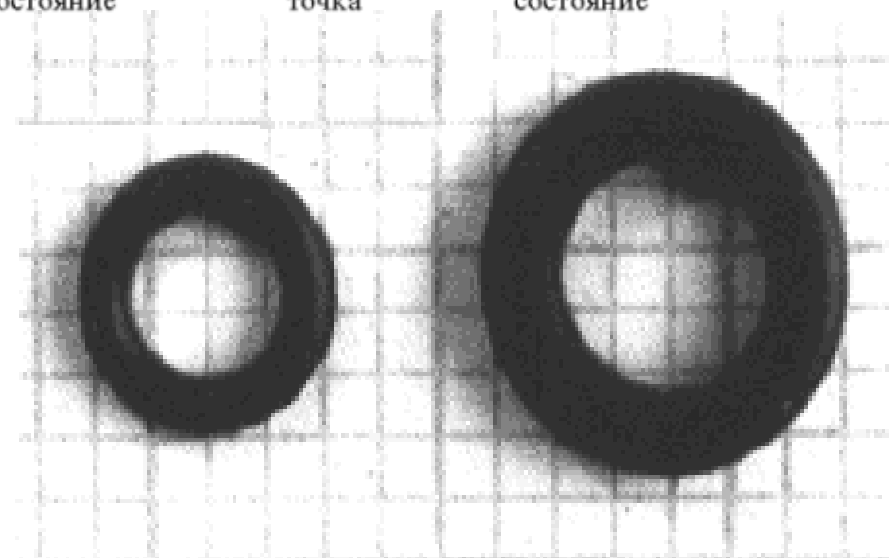
The fourth state of aggregation

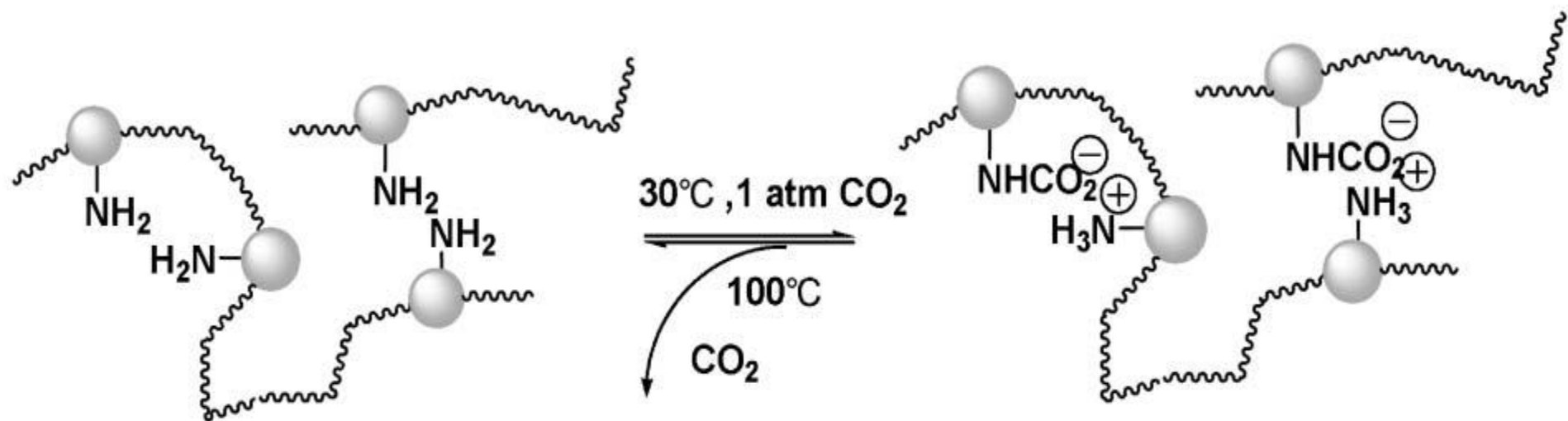
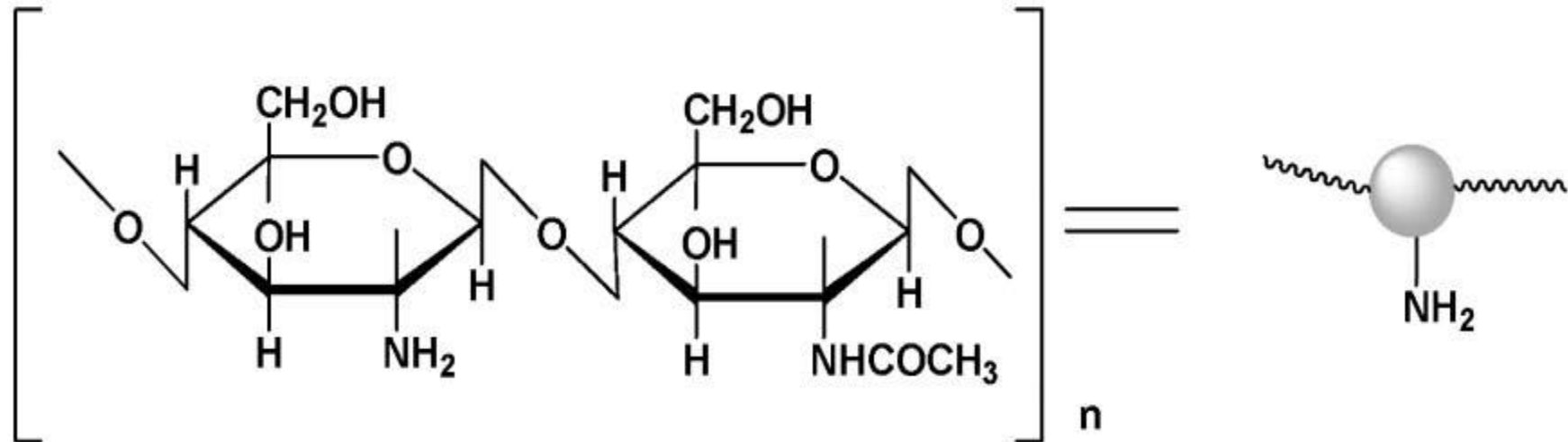


докритическое состояние

критическая точка

сверхкритическое состояние



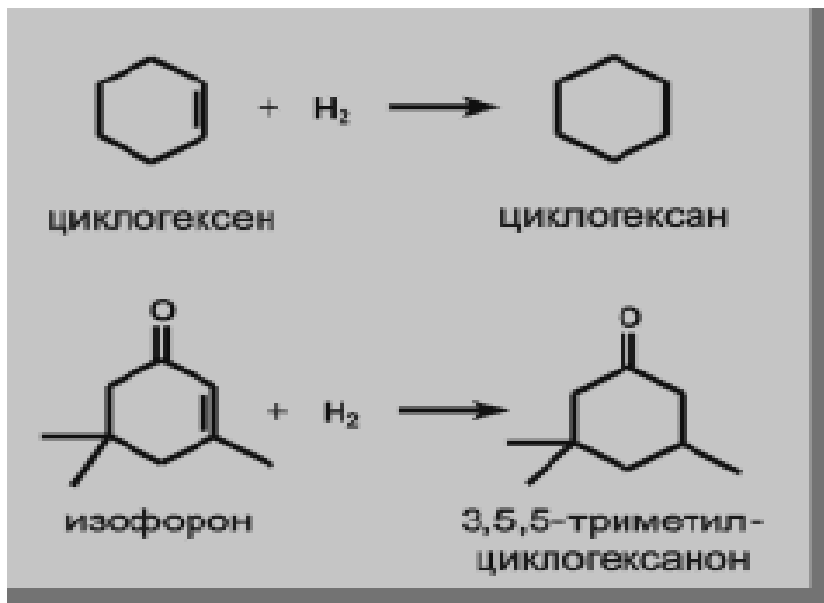


Green Chem., 2006, 8, 630–
633 | 631

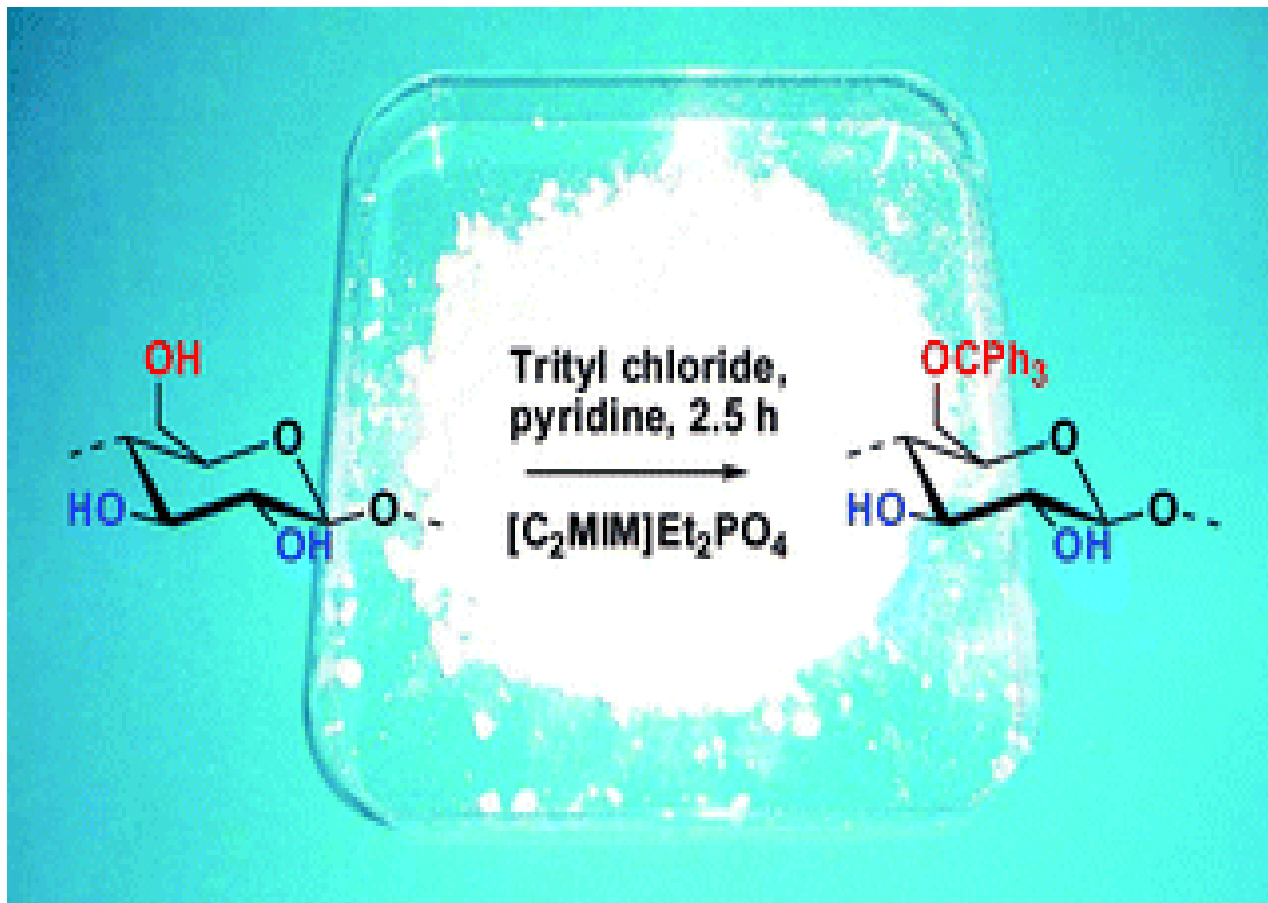


Замена статического реактора
10 000 л на динамический
сверхкритический реактор 40 л.

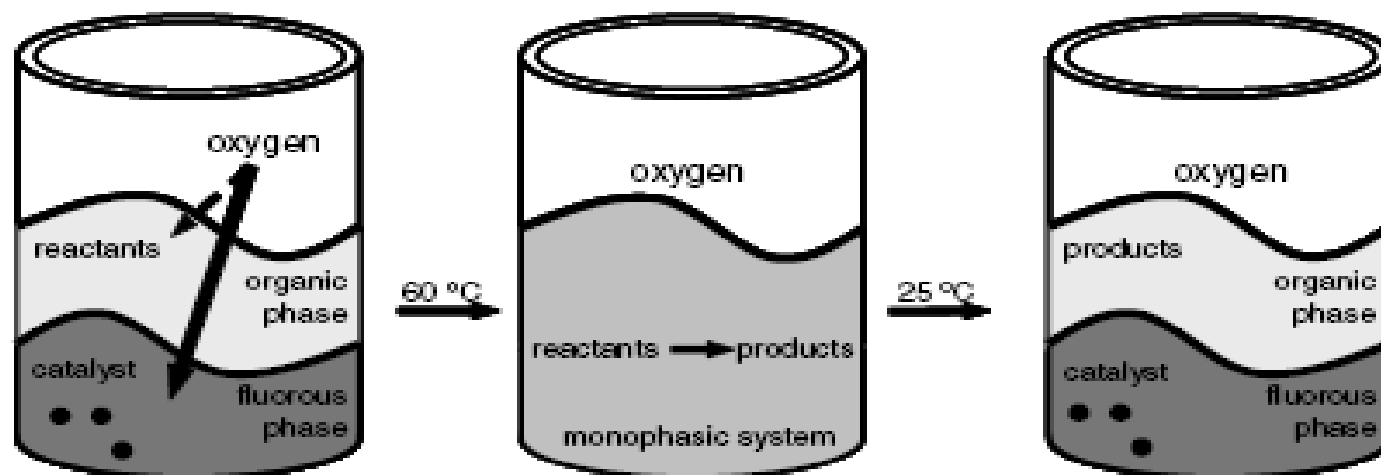
Схема проточного реактора для гидрирования в $scCO_2$



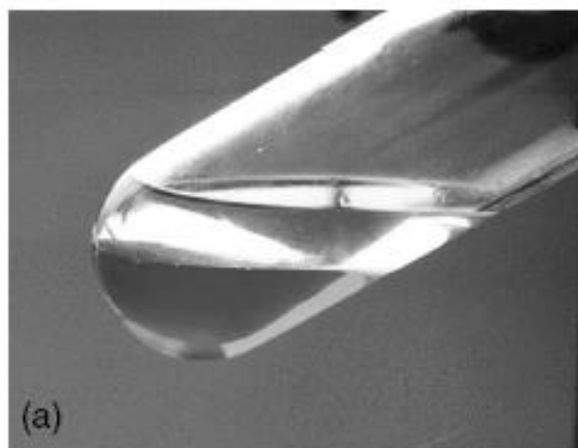
Ionic liquids are a group of new organic salts that exist as liquids at a relatively low temperature, chemical and thermal stability, non-flammability and immeasurably low vapor pressure. 1-butyl-3-methylimidazolium chloride, 1-allyl-3-methylimidazolium chloride (Green Chem., 2006, 8, 325–327)



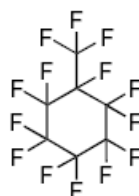
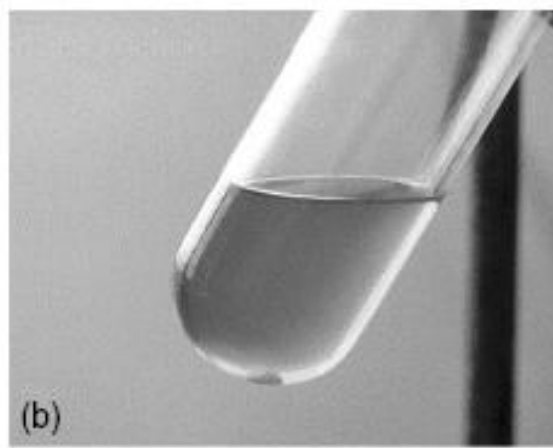
Fluorous Biphase Solvents



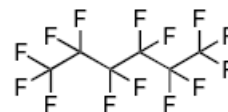
25 °C



70 °C



Perfluoromethylcyclohexane, PP2



Perfluorohexane, FC-72

Зеленый синтез

- В Ноттингемском университете разработали технологию использования сверхкритической воды для окисления пара-диметилбензола до терефталевой кислоты. Сегодня широко используют окисление в уксусной кислоте, но в новом процессе не требуется никаких органических растворителей и экономится много энергии. Тем не менее истинное преимущество новой технологии в том, что при окислении в сверхкритической воде одновременно с терефталевой кислотой не выпадает 4-карбоксибензальдегид, который мешает процессу.

Использование возобновляемых источников сырья и энергии

или

Химия без нефти

Химия потребляет 10% всей нефти.

К 2025 году 25% химической промышленности США
будет переведено на растительное сырье

Истоки вегетарианства в промышленности

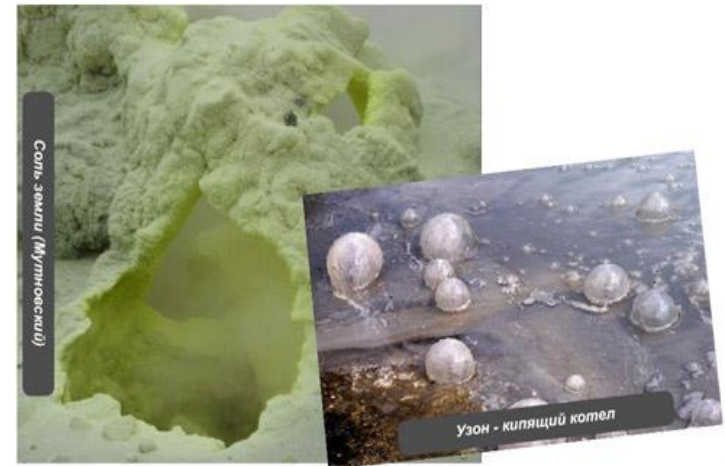
- ▶ Запасы нефти ограничены, в России - 7% мирового запаса (столько же у Венесуэлы). Дешевой нефти осталось примерно на 20 лет. Через 20-25 лет нефти не то чтобы совсем не будет, но она подорожает.
- ▶ Добывать нефть на шельфах - это еще в два-три раза дороже. Лихорадка на нефтяном рынке неизбежно передается химической отрасли, а по сути - всей экономике.
- ▶ Но, есть еще одно неприятное обстоятельство, связанное с использованием нефти. За последние сто лет температура в северном полушарии увеличилась на 0,6 градуса.

Food for thought:

Is oil a renewable resource?

The youngest oil of the Planet is less than 50 years old.

Russian scientists and their Switzerland colleagues identified the oil age by the radioactive dating technique.

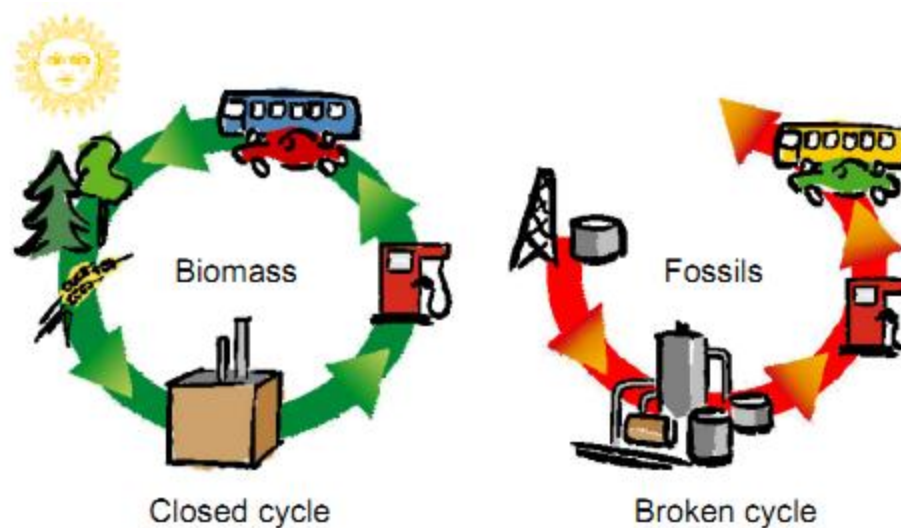
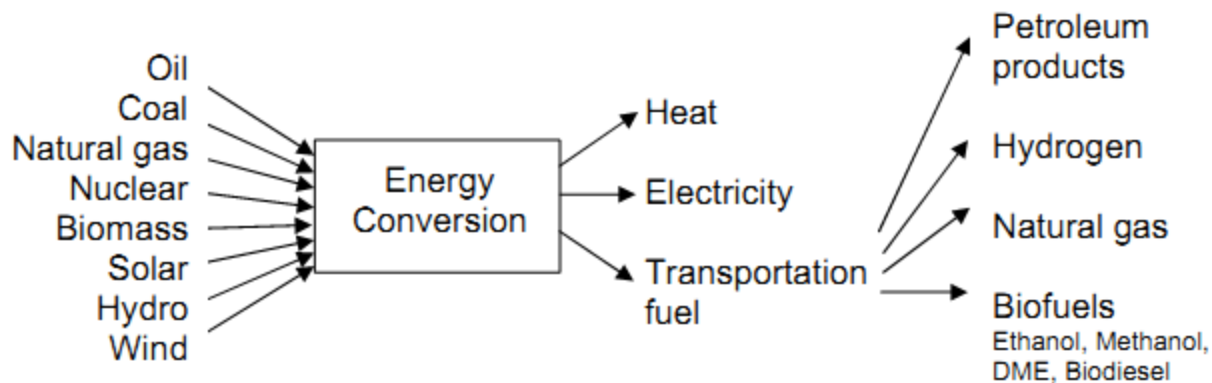


Наступление эры биотоплива откладывается на 70 лет!?

- ▶ Природный реактор для синтеза нефти - кальдера вулкана Узон.
- ▶ Термофильные бактерии – анаэробный синтез на поверхности термальных источников:
CO₂–липиды–углеводороды.
- ▶ Метод радиоуглеродного датирования



Топливо ископаемое и возобновляемое



Renewable resources instead of petrochemical based organics

- **Extraction** of valuable **chemicals** from biomass (using supercritical fluids)
- **Nature's** most abundant **polymers** (starch, cellulose, chitin, *etc*)
- Bulk conversion of biomass to new “**bio-platform molecules**”

2006: амбициозные прогнозы

Biofuels

in the European Union

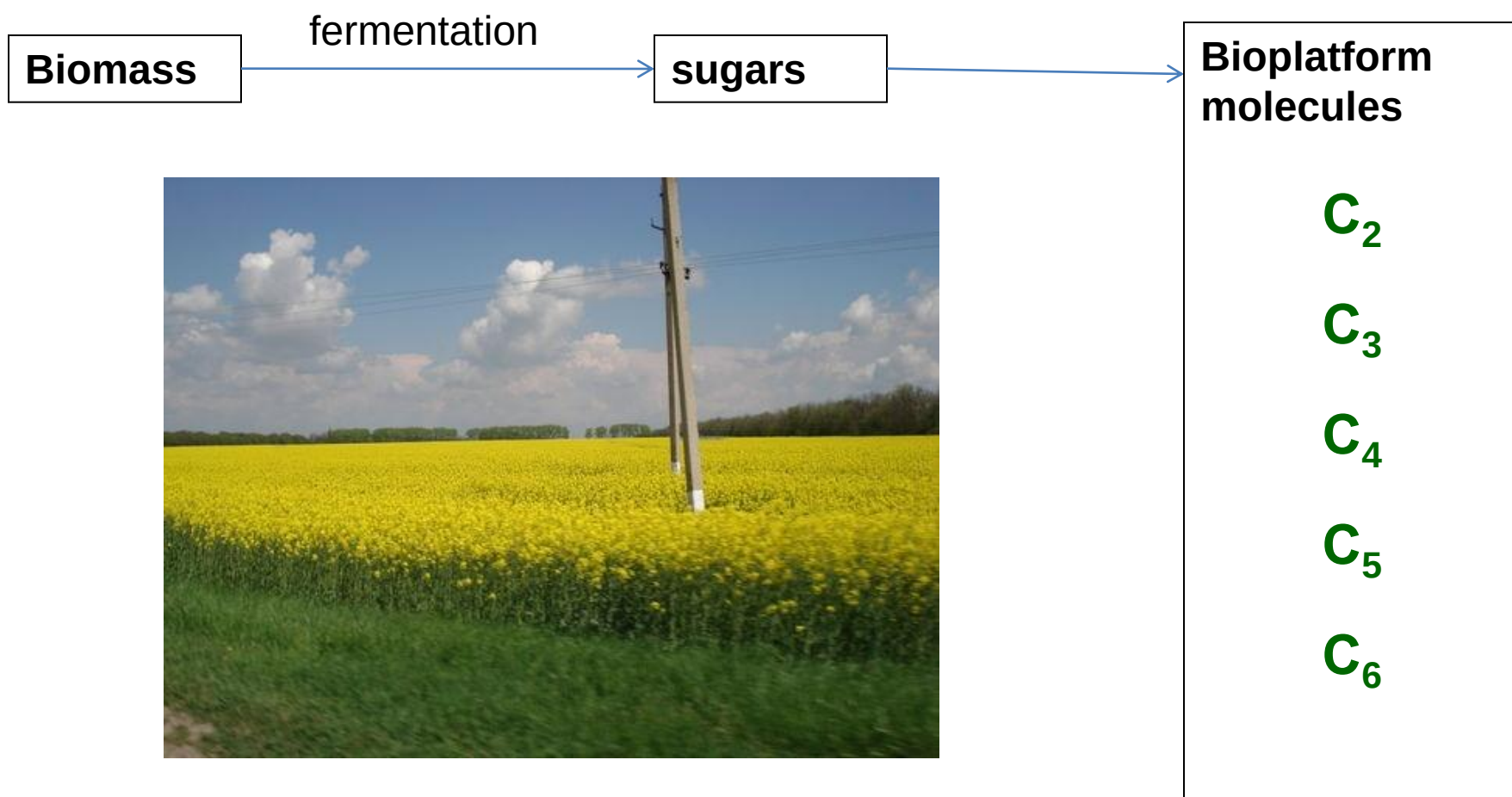
A vision for 2030 and beyond

Final report of the Biofuels Research Advisory Council

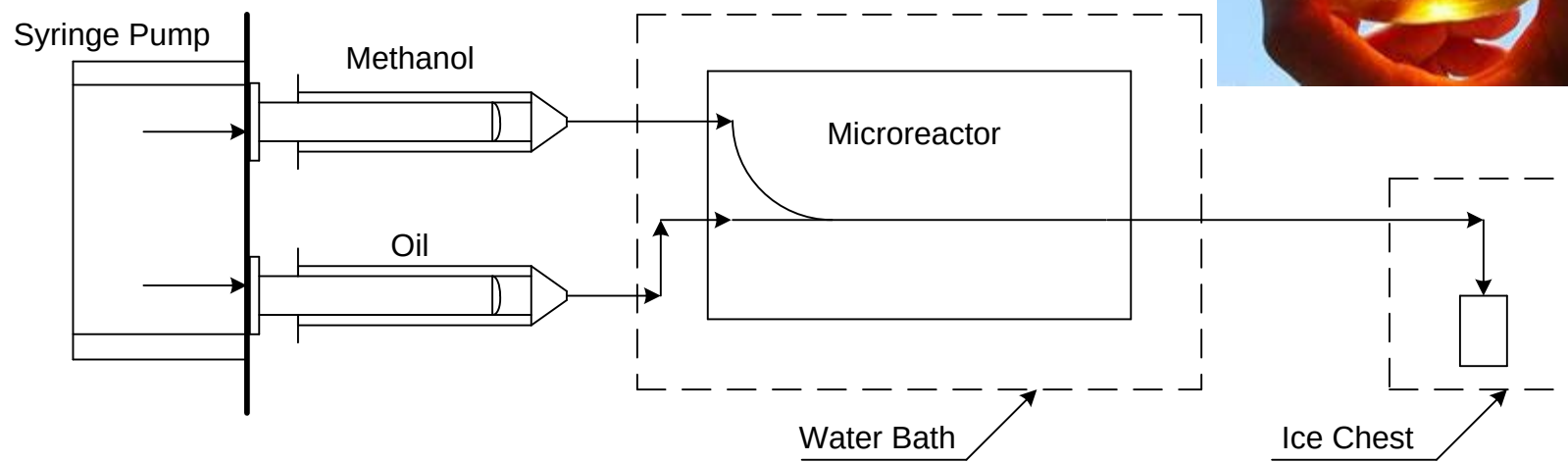
Биомасса

- ▶ **Биомасса** – совокупная масса растительных и животных организмов, присутствующих в биогеоценозе в момент наблюдения.
- ▶ Приблизённо полная биомасса Земли оценивается в $2,4 \times 10^{12}$ тонн. Ежегодно на Земле образуется около 170 млрд. тонн первичной биомассы и приблизительно тот же объём разрушается.

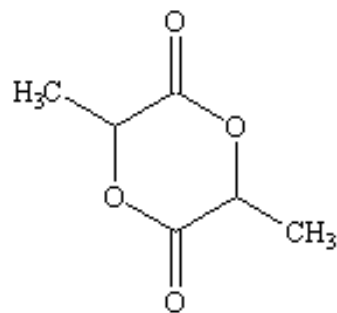
Bioplatform molecules are the beginning of a new and vital challenge for organic chemists



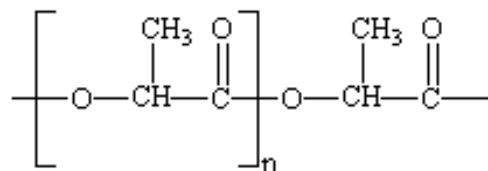
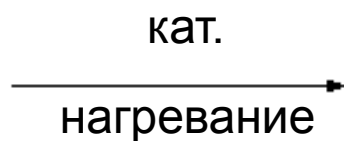
Производство биодизеля в микрореакторе



Биопластики :



лактид



полилактид



стаканчики из полилактида

Полилактид



горячую жидкость стаканчик
не выдерживает

Нефтяное настоящее и спиртовое будущее

Этанол Объем производства 2005 / 2000 = 2

Бензин Объем производства 2005 / 2000 = 1,07



*Helioculture process. AIR. Microorganisms. Joule Biotechnology
Oranges skin.*

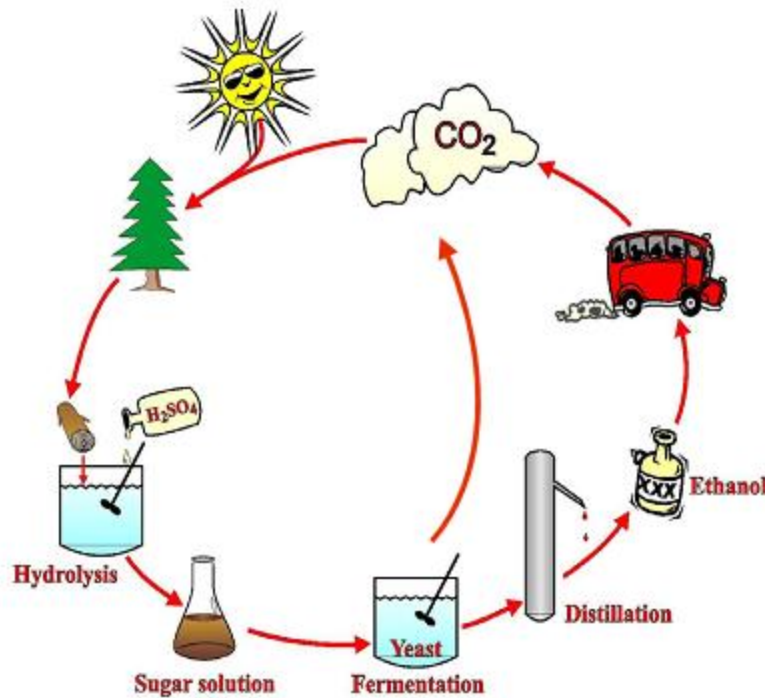
AUTO SHOW (Geneva, 2010)



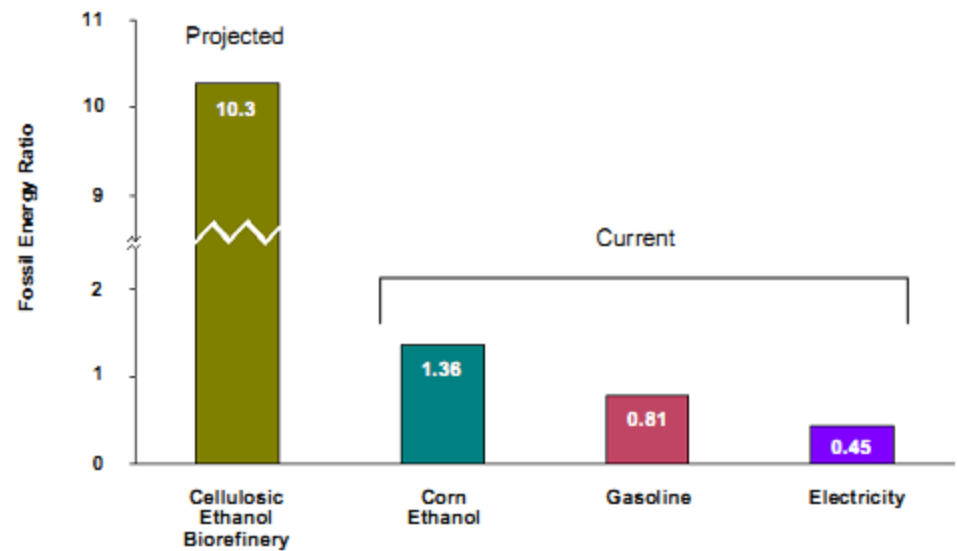
**Зеленый
гибридный
HY-KERS
FERRARI**



Возобновляемое топливо



<http://www.baff.info/english/>
(2004)



Лигноцеллюлозный комплекс

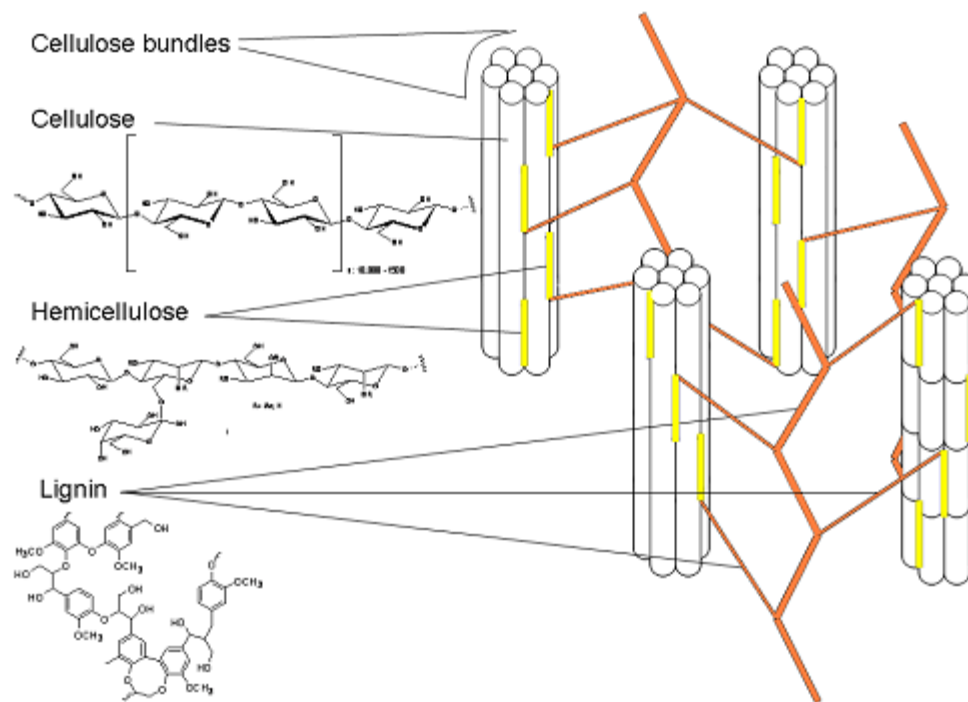
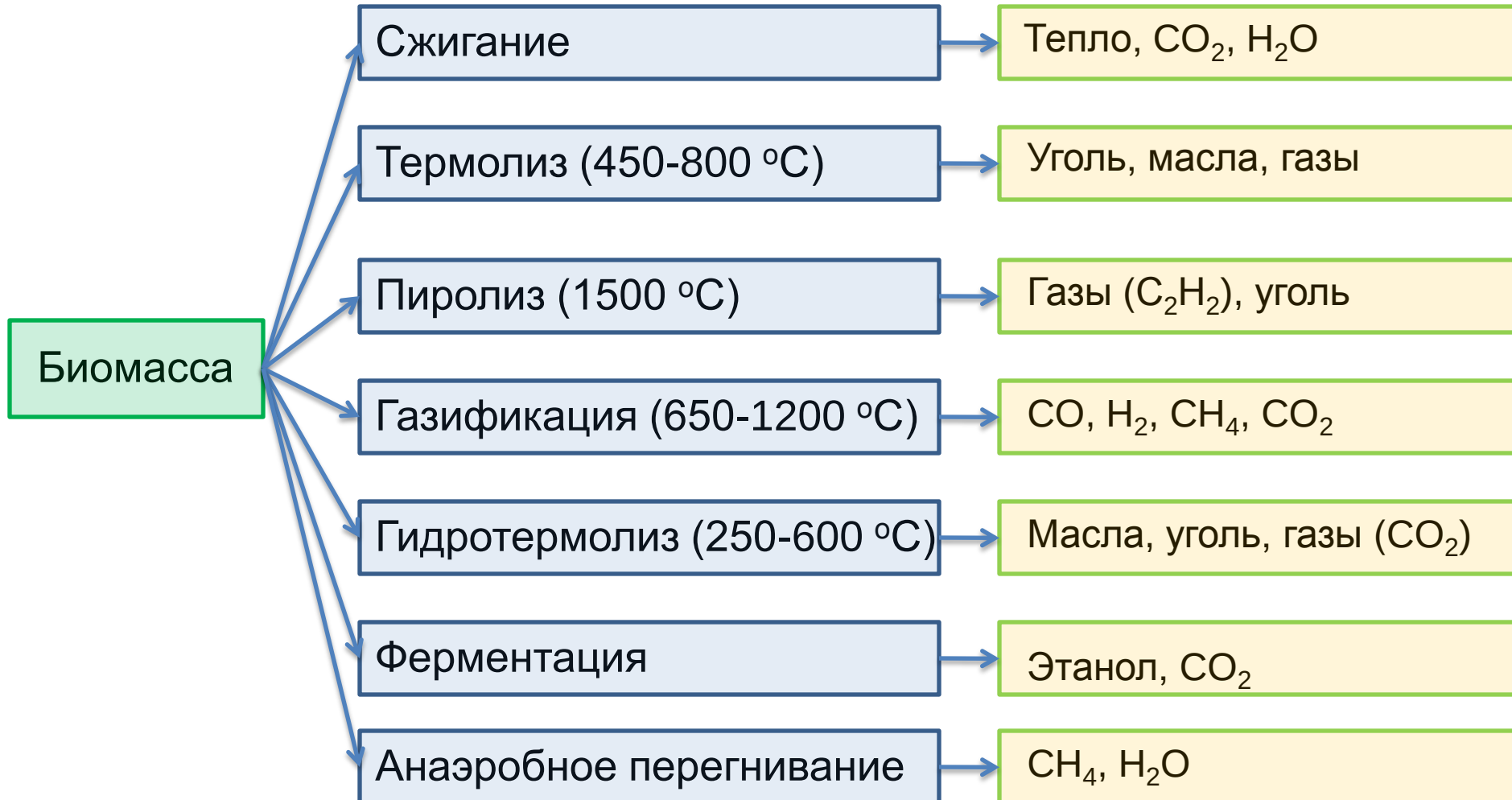


Figure 5. Schematic of plant cell wall utilization of lignin, hemicellulose and cellulose.

Конверсия биомассы



Renewable fuel production in Belarus

*Scientific Research Institute
for Physical and Chemical Problems*

- **Biofuel from rapeseed
mixed biodiesel**



Traditional diesel + 5% methyl ester of rape oil (economy of 300 ton oil per year)

- **Biobythanol**



Beet, corn, sorghum,
lignocellulosics, wheat

Low vapor pressure, more calories, less cost

10% - 16% to traditional fuel

Использование возобновляемых источников энергии

Биогаз

В Беларуси действует

- свыше 6300 комплексов КРС,
 - свыше 100 свиноводческих комплексов
 - 48 птицеводческих комплексов.
- Потенциал биогаза от всех источников оценивается в 160 тыс. т у.т. в год.

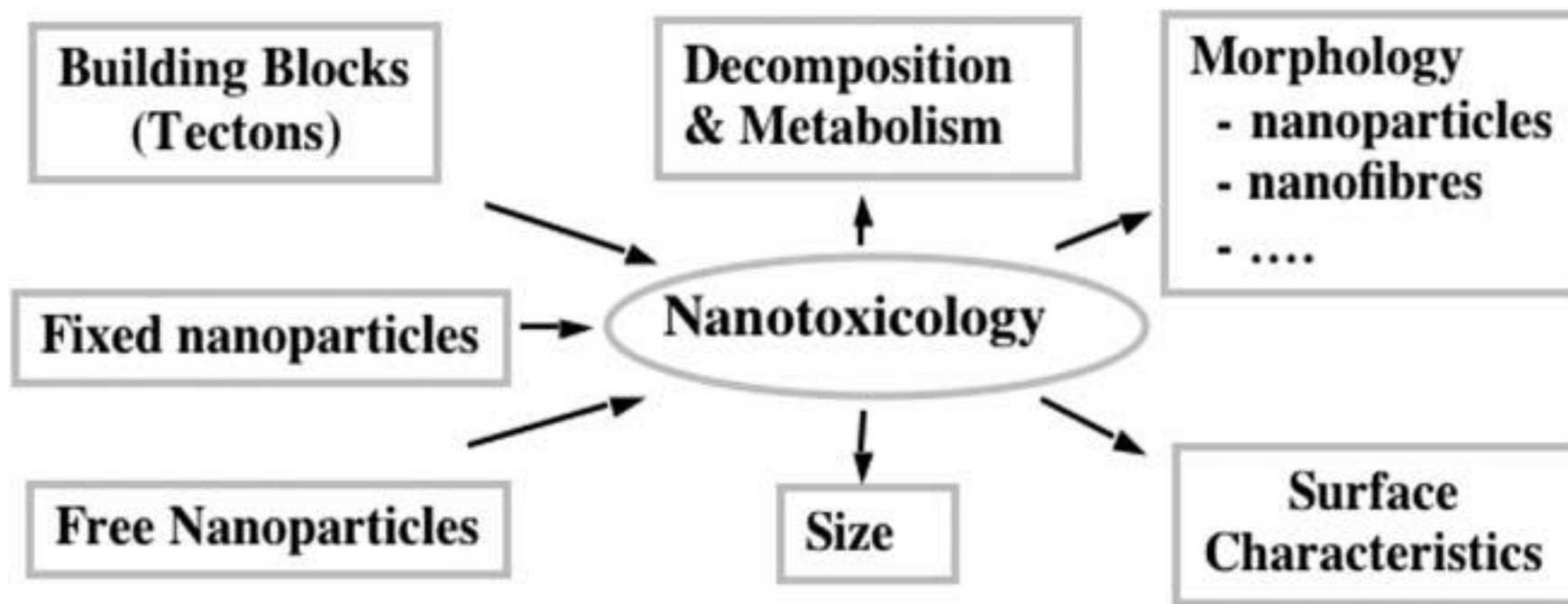
Реализованные крупные проекты

РУСН СГЦ «Западный» (электрическая мощность 0,5 МВт);
ОАО «Гомельская птицефабрика» (электрическая мощность 0,33 МВт)
племптице завод «Белорусский» (электрическая мощность 0,33 МВт);

Планируемые проекты (инвестор – компания «TelDaFax»)

ОАО «Гастелловское» (электрическая мощность 3,0 МВт);
СПК «Агрокомбинат «Снов» (электрическая мощность 2,0 МВт);
СПК «Лань-Несвиж» (электрическая мощность 1,0 МВт);
ОАО «Совхоз-комбинат «Сож» (электрическая мощность 1,0 МВт);
ЗАО «Липовцы2 (электрическая мощность 1,0 МВт);
СПК 2Маяк коммуны» (электрическая мощность 1,0 МВт);
РУСП «Свинокомплекс «Борисовский» (эл. мощность 1,0 МВт);
РСУП «Совхоз «Слуцк» (электрическая мощность 1,0 МВт);
СПК «Вишневецкий» (электрическая мощность 1,0 МВт);

The ideals of Green Chemistry went out of the chemistry framework



Energy
Social

Green Policy: New legislation

- REACH
- Responsible Care
- Globally Harmonized System for Classification and Labeling Chemicals

Что такое REACH?

Регламент Европарламента

Registration – регистрация

Evaluation – оценка

Authorization (and Restriction)– экспертиза (и ограничение выпуска)

Chemicals – химических веществ

13 декабря 2006 г в Брюсселе (Бельгия) в 12³¹ (по местному времени) 529 – «за» , 98 - «против», 24 – «воздержались» Европарламент принял новое законодательство REACH. Подписали Президент Европейского Союза и Президент Европарламента



Responsible Care

- Самая большая в мире добровольная программа для промышленности, одобренная и согласованная с ООН
- Создать химической промышленности имидж отрасли, которая на всех своих предприятиях применяет строгие нормы гигиены труда и охраны окружающей среды.



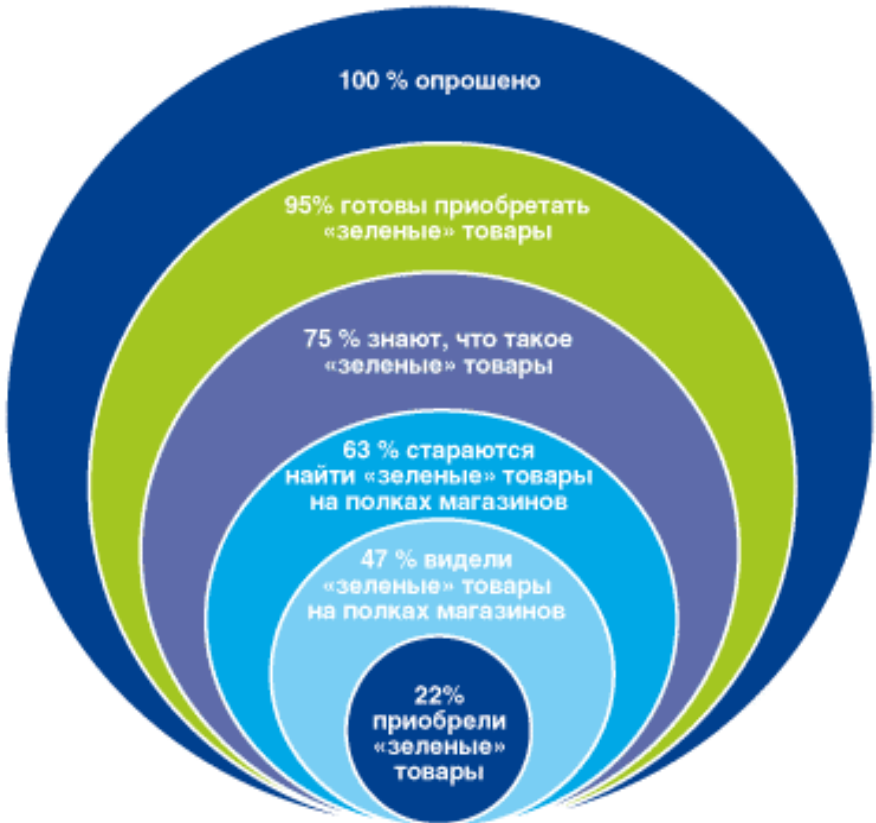
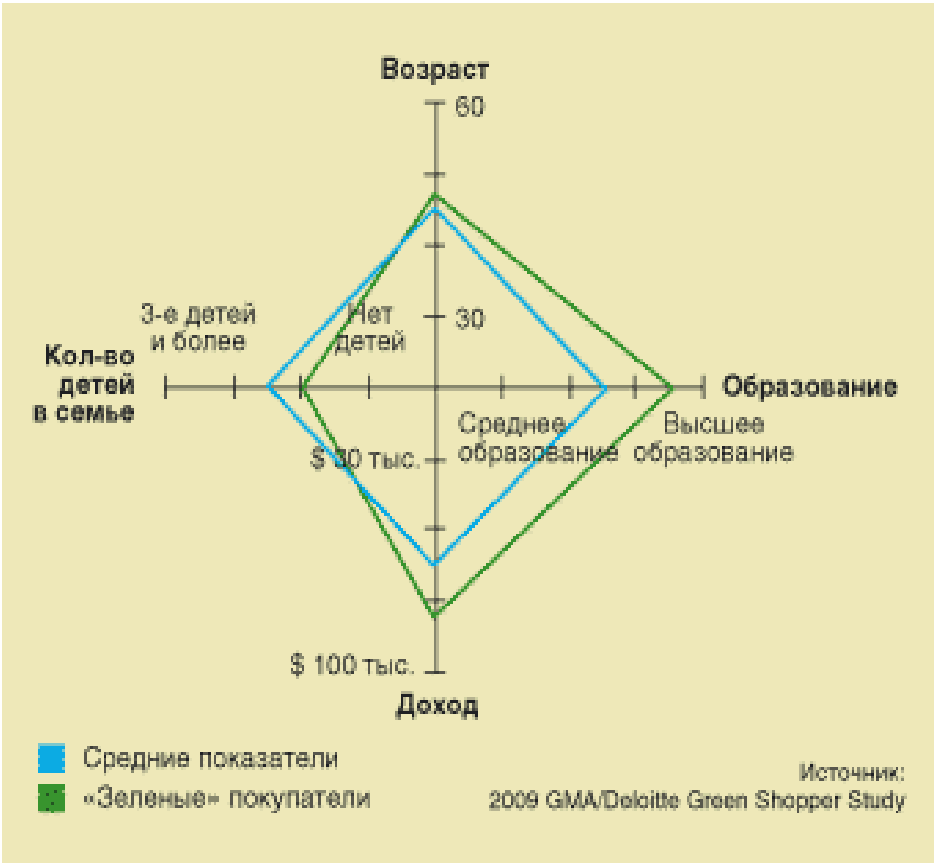
Ответственный подход

- Улучшения, касающиеся окружающей среды, здоровья должны охватить и процессы, и **продукцию**.
- Устойчивое потребление с точки зрения химических продуктов относится не только к использованию неопасных химикатов и в меньших объемах, но и вопросу нужны ли продукты химии вообще (нулевая альтернатива).

Что же делает товар «зеленым» в глазах потребителя?

- Ключевыми являются следующие свойства товаров: меньшее количество воды, энергии и упаковочных материалов, затраченных при производстве; соответствие стандартам органического земледелия, справедливой торговли (Fair Trade); устойчивость использования возобновляемых ресурсов; местное производство; низкая токсичность; использование вторсырья при производстве. Такой широкий спектр понятий, далеко не простых для понимания, вызывает определенные трудности у компаний, производящих «зеленые» товары, в их эффективном позиционировании, в информировании потребителей о преимуществах данных товаров.

Customers are ready to buy green goods



Специалист-химик нового поколения

- Знания в области современной химии
- Набор профессиональных компетенций, которые помогают ориентироваться в новых социально-экономических ситуациях
- Осознание взаимосвязи химии с проблемами окружающей среды, здравоохранения, благосостояния и устойчивого развития общества («зеленое мировоззрение»).
- Знания менеджмента, маркетинга
- Навыки межкультурных коммуникаций
- Соответствие требованиям европейских стандартов

GREEN CHEMISTRY EDUCATION IN THE WORLD

- ✓ Ноттингемский университет (Великобритания)
- ✓ Миддлсекский Университет (Великобритания),
- ✓ Университет Йорка (Великобритания),
- ✓ Университете Лейсестера (Leicester, Великобритания),
- ✓ Колумбийский колледж (Columbia College, США),
- ✓ Университет Скрэнтона (University of Scranton, США)
- ✓ Университете Сарагосы (Испания) и др.
- ✓ Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова (Россия)

В БЕЛАРУСИ? Introduction to green chemistry. 2009, БГУ

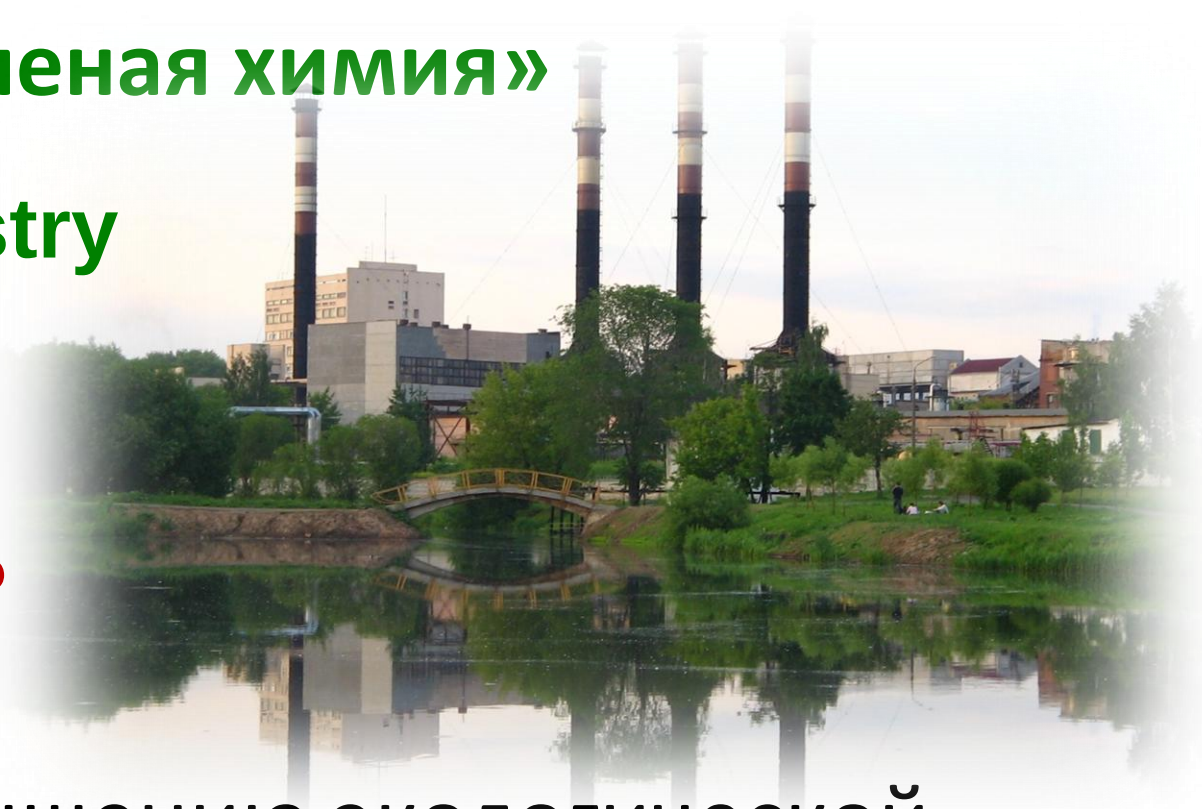
«Зеленая химия»

Green Chemistry

➤ Новая
дисциплина?

➤ Подход к повышению экологической
безопасности химических
производств?

➤ Революционная философия?

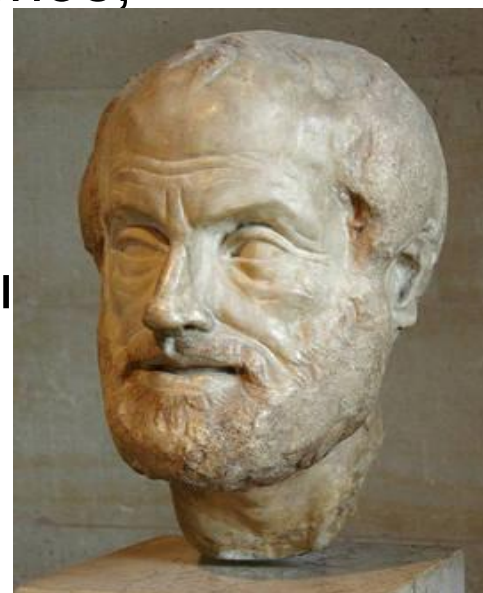


Мнение студентов

Химия - совершенная наука, а «зеленая химия» - это наука с идеальной прикладной частью, не приносящая никакого вреда.

Зеленая химия не тратит время на взвешивание «за» и «против», она ищет принципиальные решения проблем, ищет и находит. А главное, заставляет задуматься и менять что-то уже сегодня ради светлого будущего.

Раздел химии, введенный для того, чтобы привлечь больше внимания к проблемам современности, маска для цели. Только Кто сказал, что эта цель не важна и не серьезна...





**Продолжение
следует**