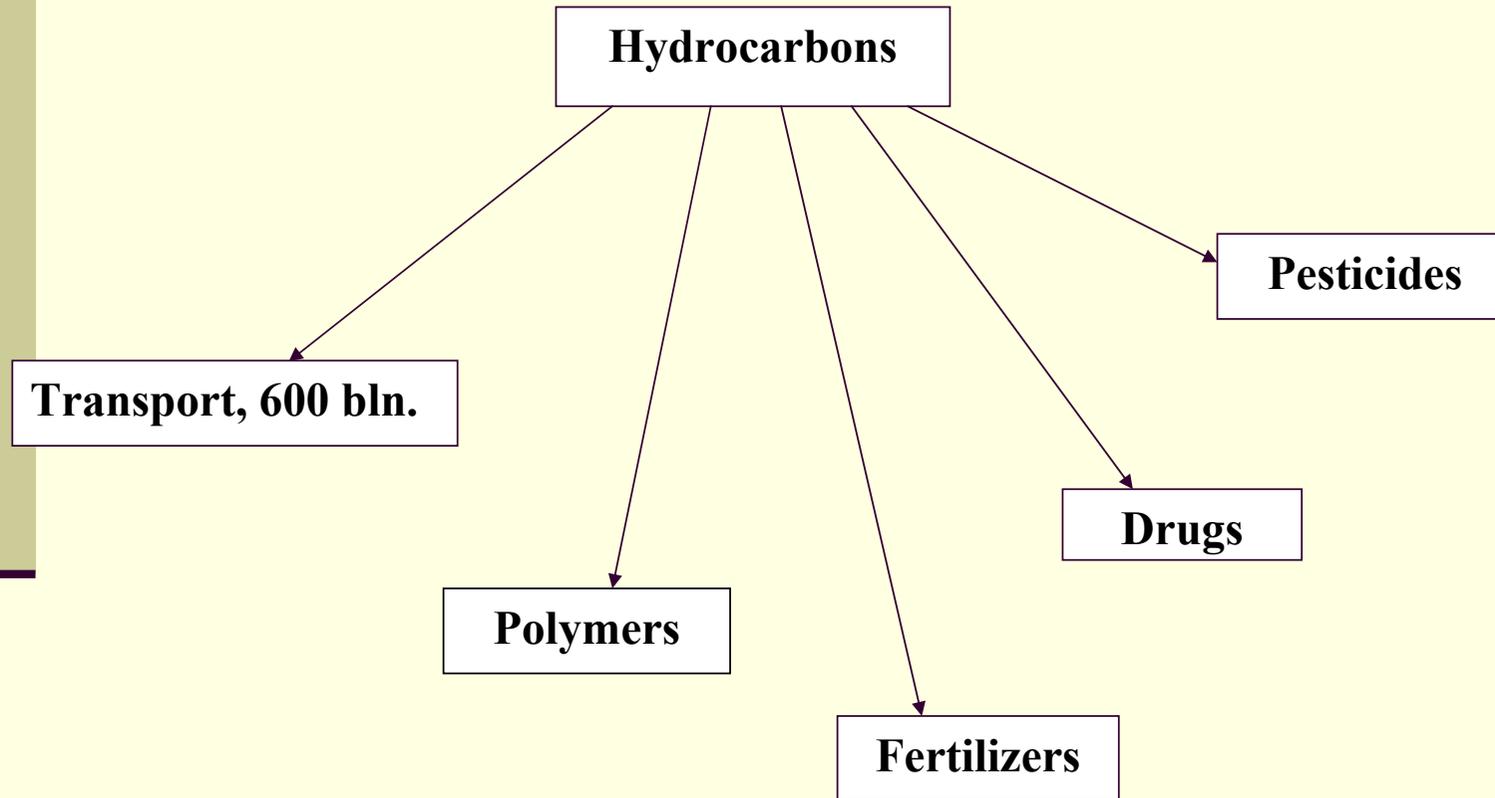


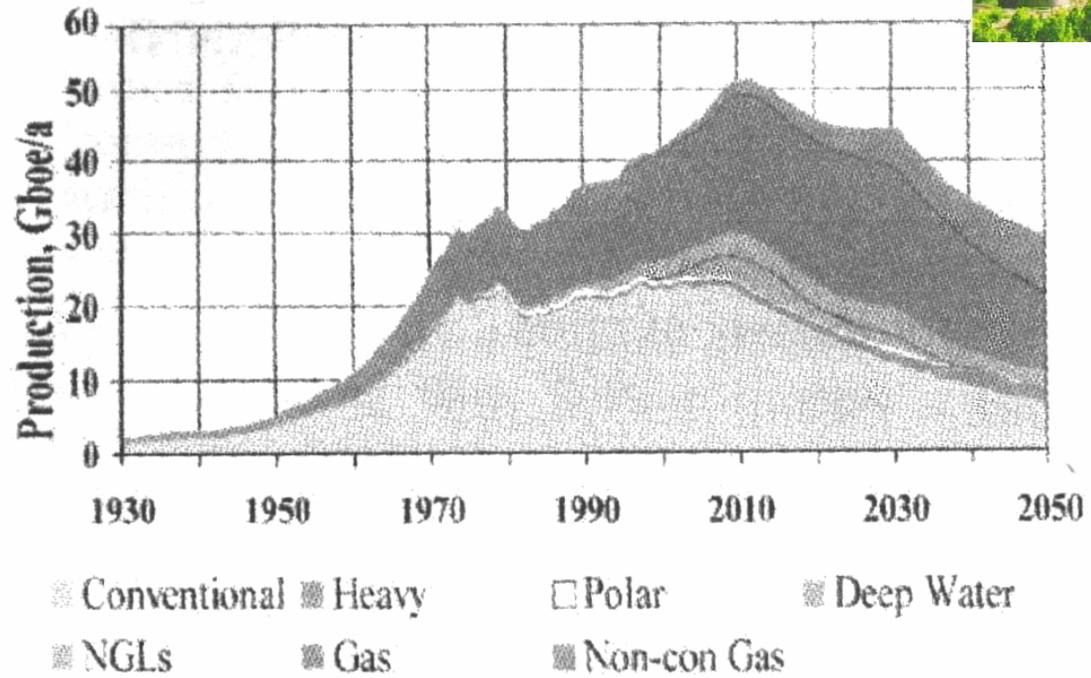


Возможности биоиндустрии для развития химической промышленности

С.Д.Варфоломеев, *Институт
Биохимической Физики им. Н.М. Эмануэля
РАН,
Химический факультет МГУ*

During last century oil and gas have transformed the world





Production of 'all hydrocarbons'

(source: R.W.Bently, *Energy Policy*, 2002, V.30, p.189-205)



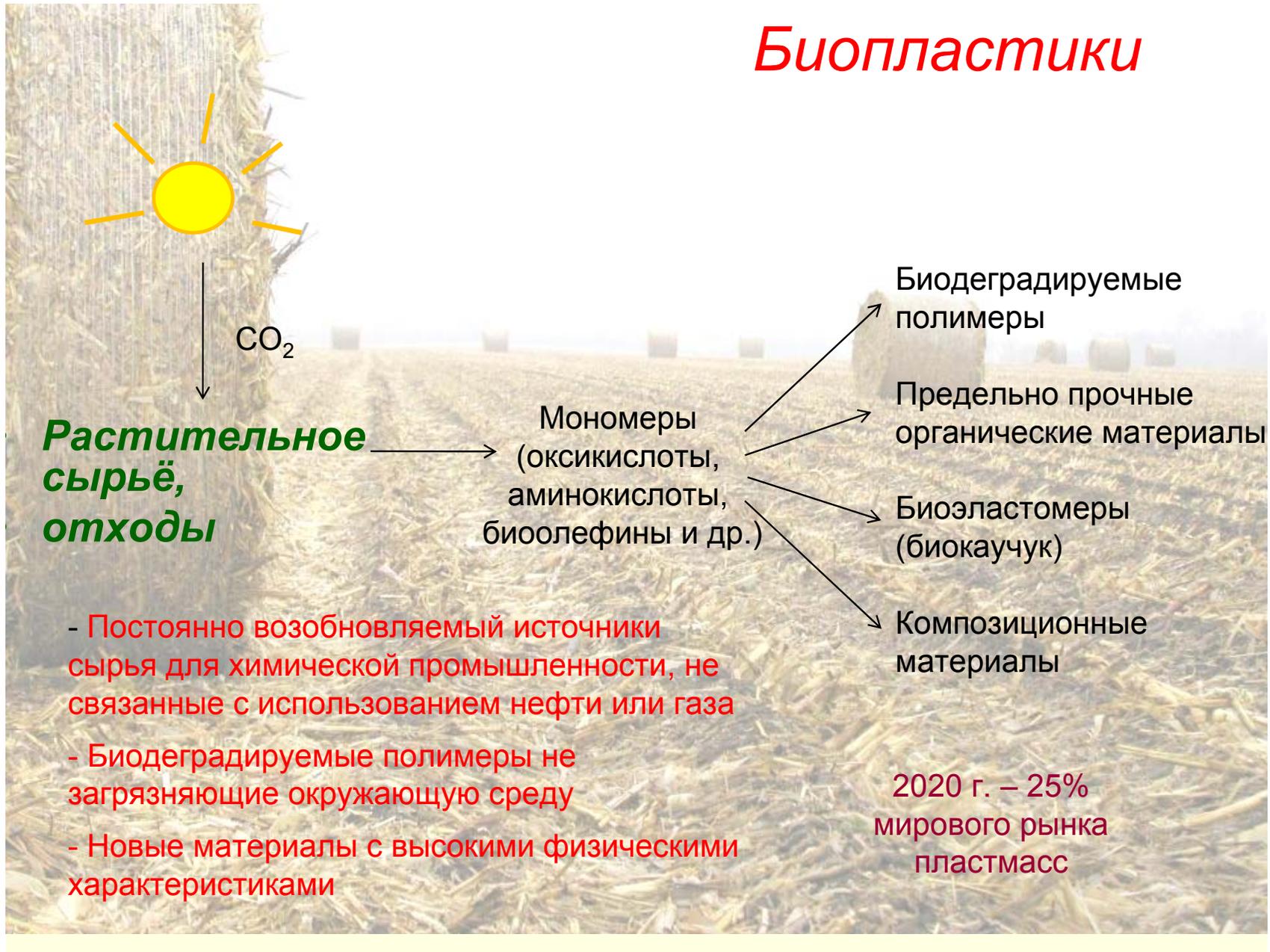
Биотопливо



- Использование солнечной энергии
- Постоянно возобновляемый источник сырья
- Глобальная стабилизация уровня CO₂

2020г. – 20%
2030г. – 50%
мирового топливного
рынка

Биопластики



Биотехнологические продукты из возобновляемого сырья

Углеводороды

Метан (биогаз)
Этилен
Алифатические углеводороды
Ароматические углеводороды (лигнин)
Изобутилен

Спирты

Метанол
Этанол
Бутанол
2,3-бутандиол

Органические кислоты

Уксусная
Пропионовая
Молочная
Фумаровая
Лимонная
Масляная
Оксимасляная

Аминокислоты

Лизин
Аспарагиновая кислота
Метионин
.....

Эпоксиды

Окись пропилена

Кетоны, альдегиды

Ацетон
Метилэтилкетон

Эфиры

Метилловые эфиры жирных кислот (биодизель)

БиоПАВ

Эмульсансы

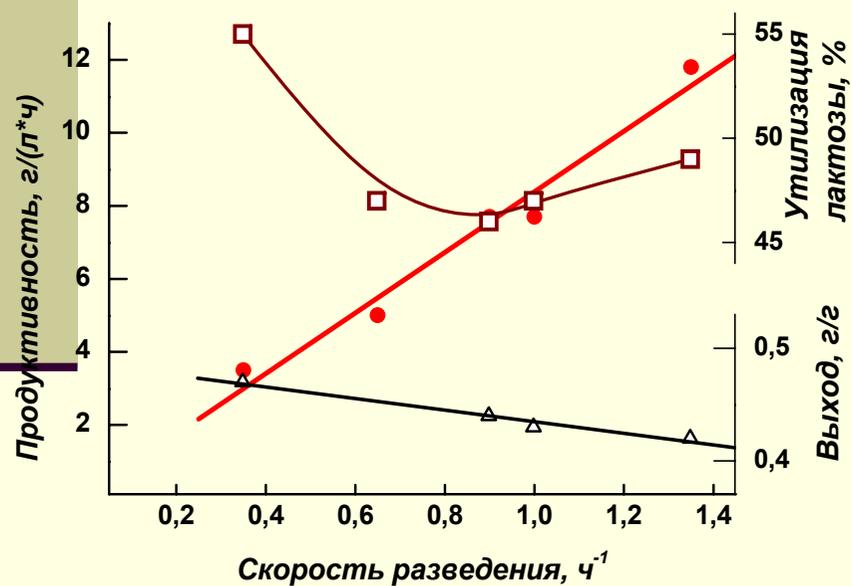
Крупнотоннажные биотехнологические продукты-основа новой химической технологии

- Этанол
- Бутанол
- 2,3-бутандиол
- Ацетон
- Уксусная кислота

2,3-бутандиол

Биомасса → предобработка → ферментативный гидролиз → углеводороды

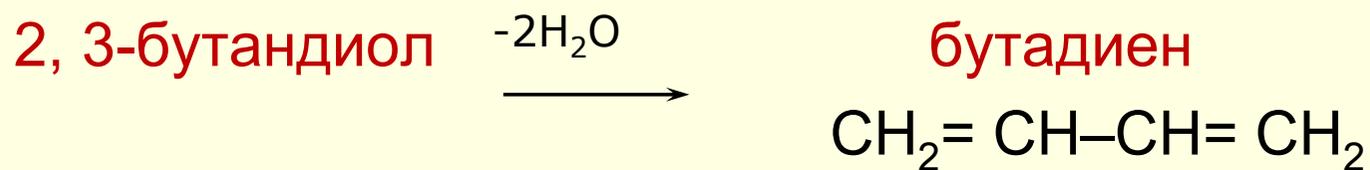
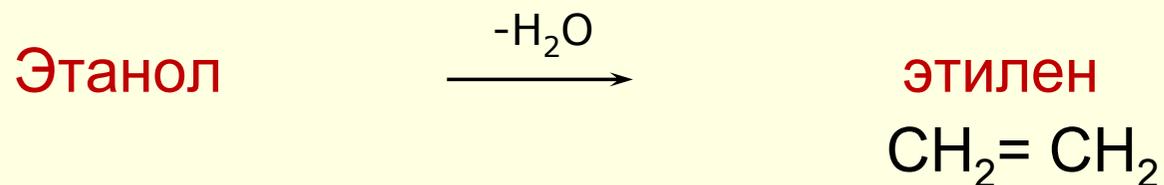
1 т соломы → 140 кг бутандиола



Klebsiella pneumoniae
Aeromonas hydrophyla
Bacillus polymyxa

А.М. Безбородов «Биотехнология продуктов микробного синтеза», 1991

Возобновляемое сырье для синтеза полиолефинов



Получение полиэтилена
и синтетического каучука

Принципы выбора технологии

- Материальный и энергетический КПД, выходы на единицу биомассы, экономическая эффективность
- Ресурсная обеспеченность, мощная сырьевая база
- Полная безотходность, восприятие окружающей средой, полный процессинг биомассы

Лигно-целлюлозные
материалы-основные
резервы получения
биотоплив, химических
продуктов и полимеров
для России



Потенциал России

10% мирового сельскохозяйственного поля





Потенциал России

Восстановление брошенных полей

40 млн га

600 млн тонн биомассы ежегодно

**220 млн тонн биобензина
ежегодно**

Brazilian project 2005 г. - 14,5 mln ton of ethanol

Consumption of gasoline in Russia – 30 mln tons

*Получение растворимых углеводов
(гексоз, пентоз) из лигно-
целлюлозных материалов-
лимитирующая стадия
технологического прорыва*

- Химический гидролиз
- Ферментативный гидролиз





Кукуруза



Кукурузные
оболочки



Кукурузные
стебли



Пшеничная
солома



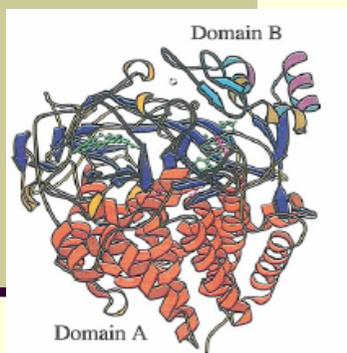
Древесная
щепа



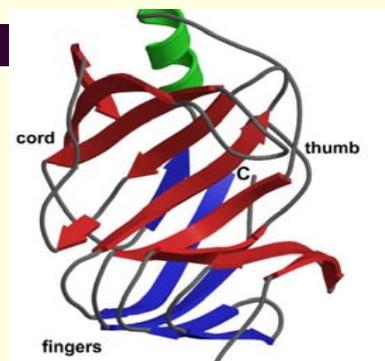
Багасса



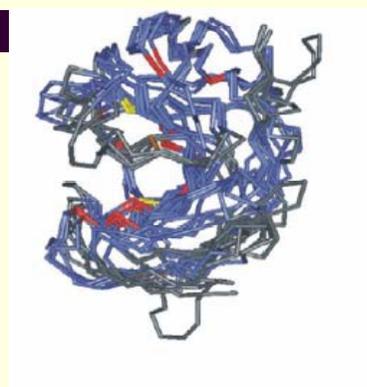
С.х. отходы



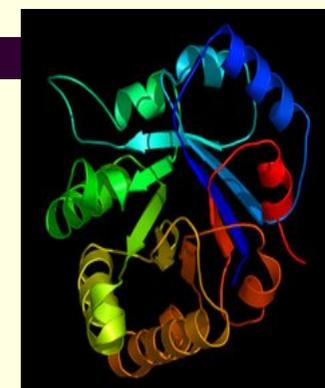
Эндоглюканаза



Целлобиогидролаза



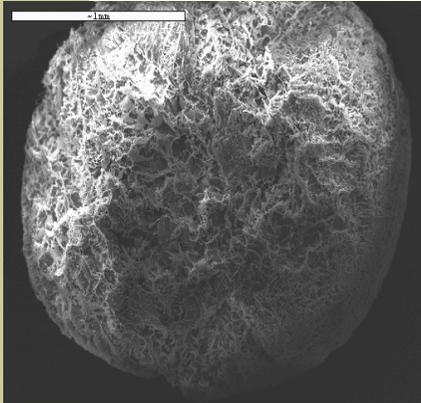
б-Глюкозидаза



Ксиланаза



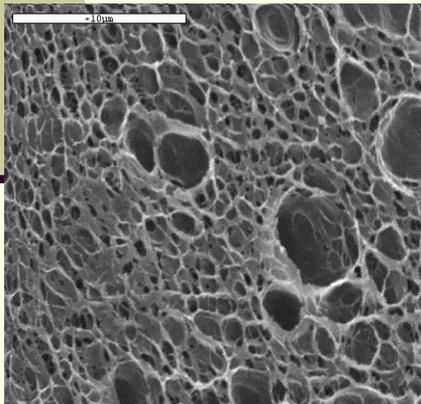
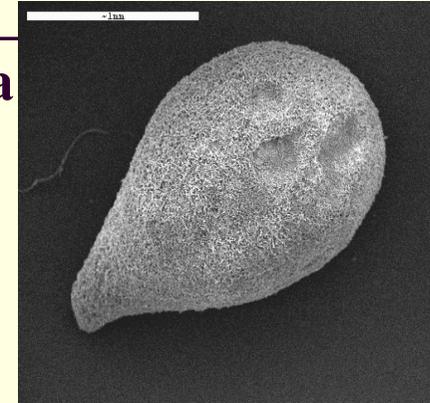
Новое поколение катализаторов для химии и биотехнологии



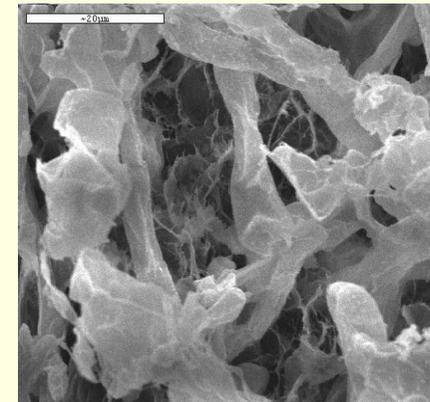
**Spore
material**

Раствор полимера

Гранулирование смеси



Активация биокатализатора



**Использование иммобилизованных
клеток для биосинтеза ферментов**

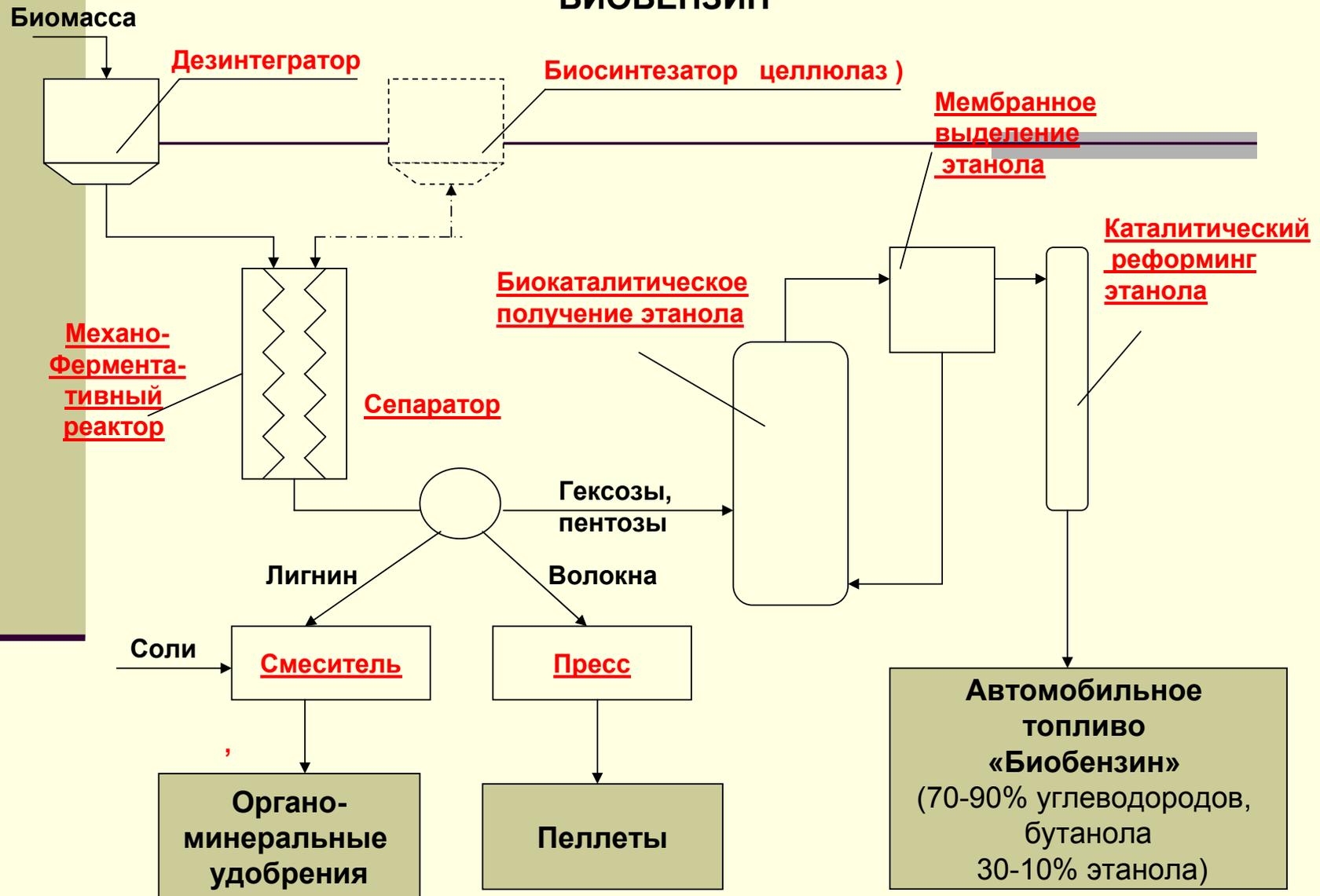


Биотоплива

Принципиально новые решения

Биобензин

БИОБЕНЗИН



Углеводы и природные полиолы, растворимые в бензине и дизельном ТОПЛИВЕ

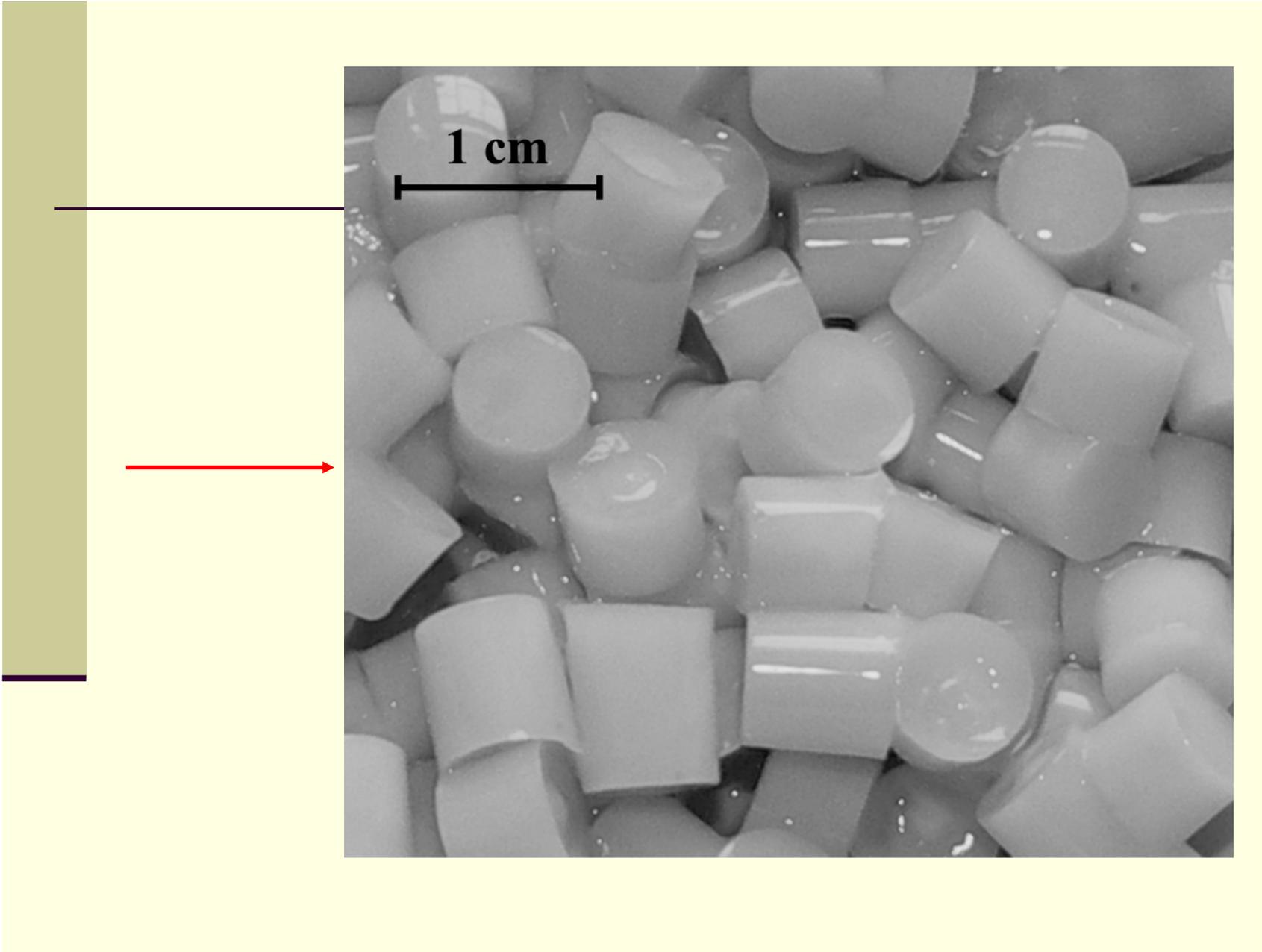
Биодобавки,повышающие октановое число бензинов

- **Q-5**
- **--- 75**
- **3% 85**
- **6% 95**



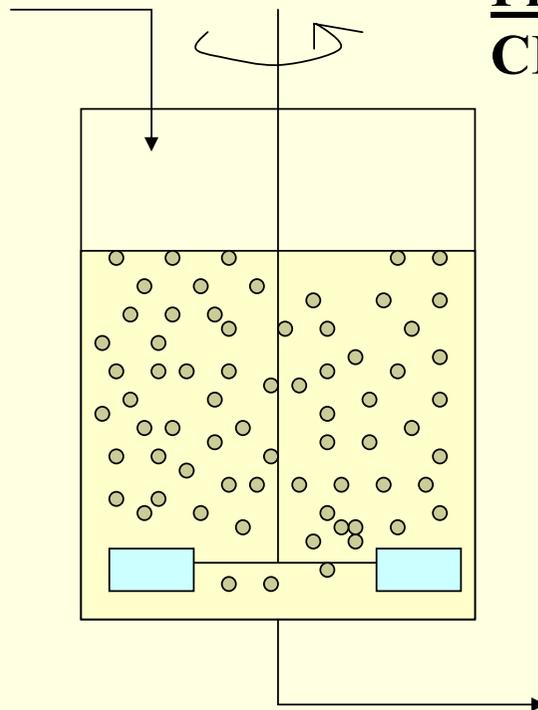
Биопластики

*Полиэфирь-
полимолочная кислота*



Crioimmobilize cell

Monomers for biodestructable polymers



Production of L(+) lactic acid



Efficiency of periodic process:

Output - 95%

Isomeric purity- 97.5%

Max. concentration of lactic acid - 190 g/l

production of biocatalyst - 60 g/hr/kg

industrial patent № 2253677 (2005)

*Полиамиды-
полиаспарагиновая
кислота*

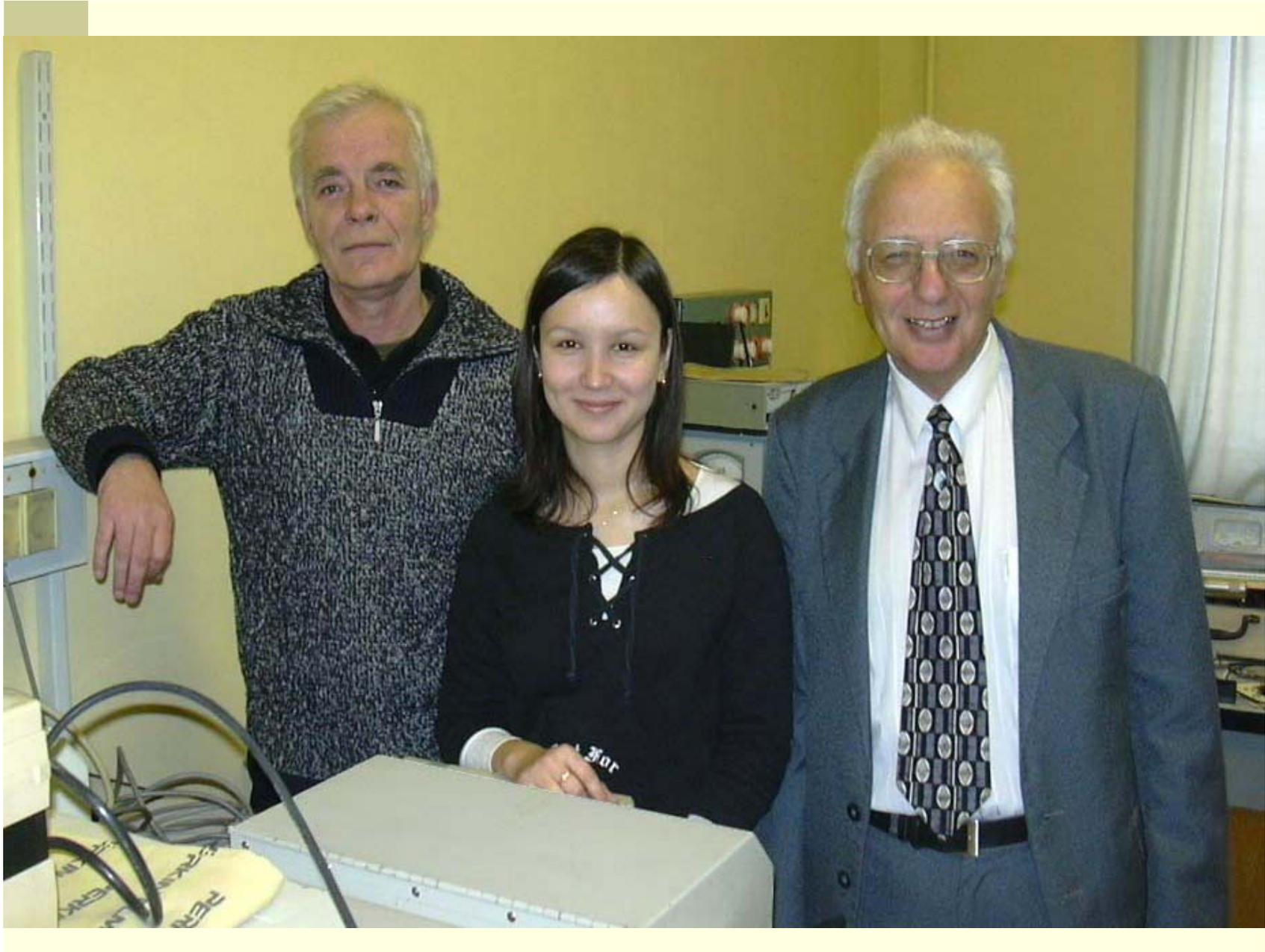
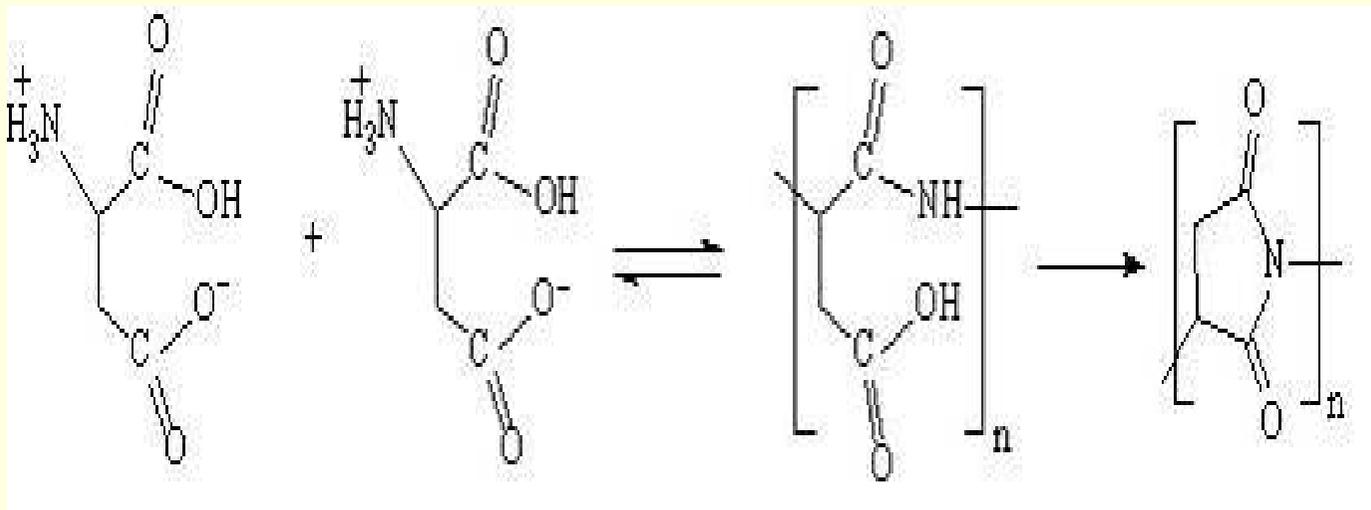


Схема поликонденсации аспарагиновой КИСЛОТЫ



L-aspartic acid

polyaspartic acid

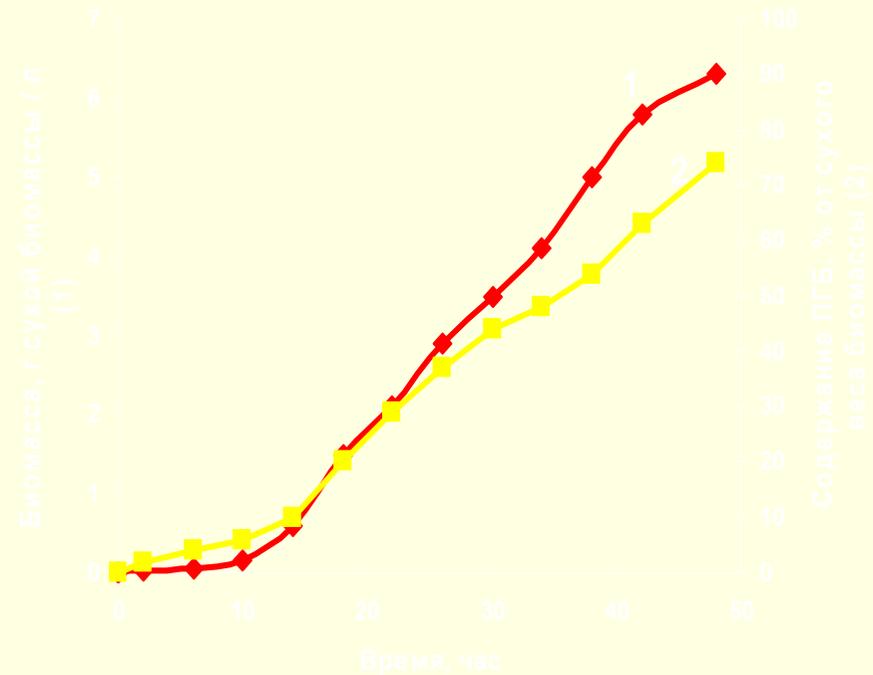
PSI

*Полиоксимасляная
кислота*

БИОСИНТЕЗ ПГБ В ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ



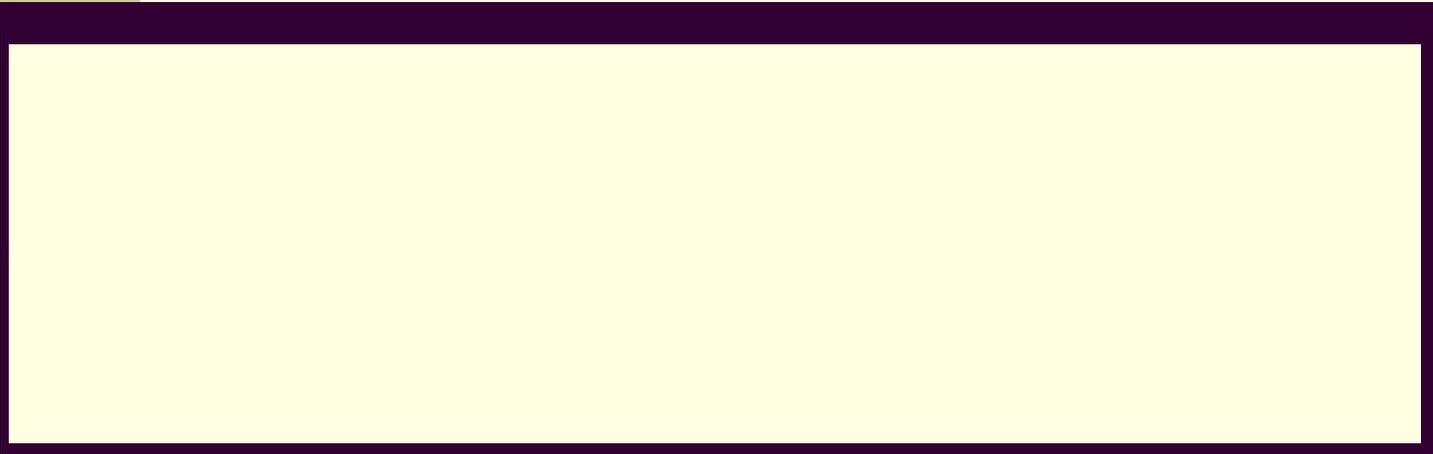
Ферментационная установка биотехнологического предприятия

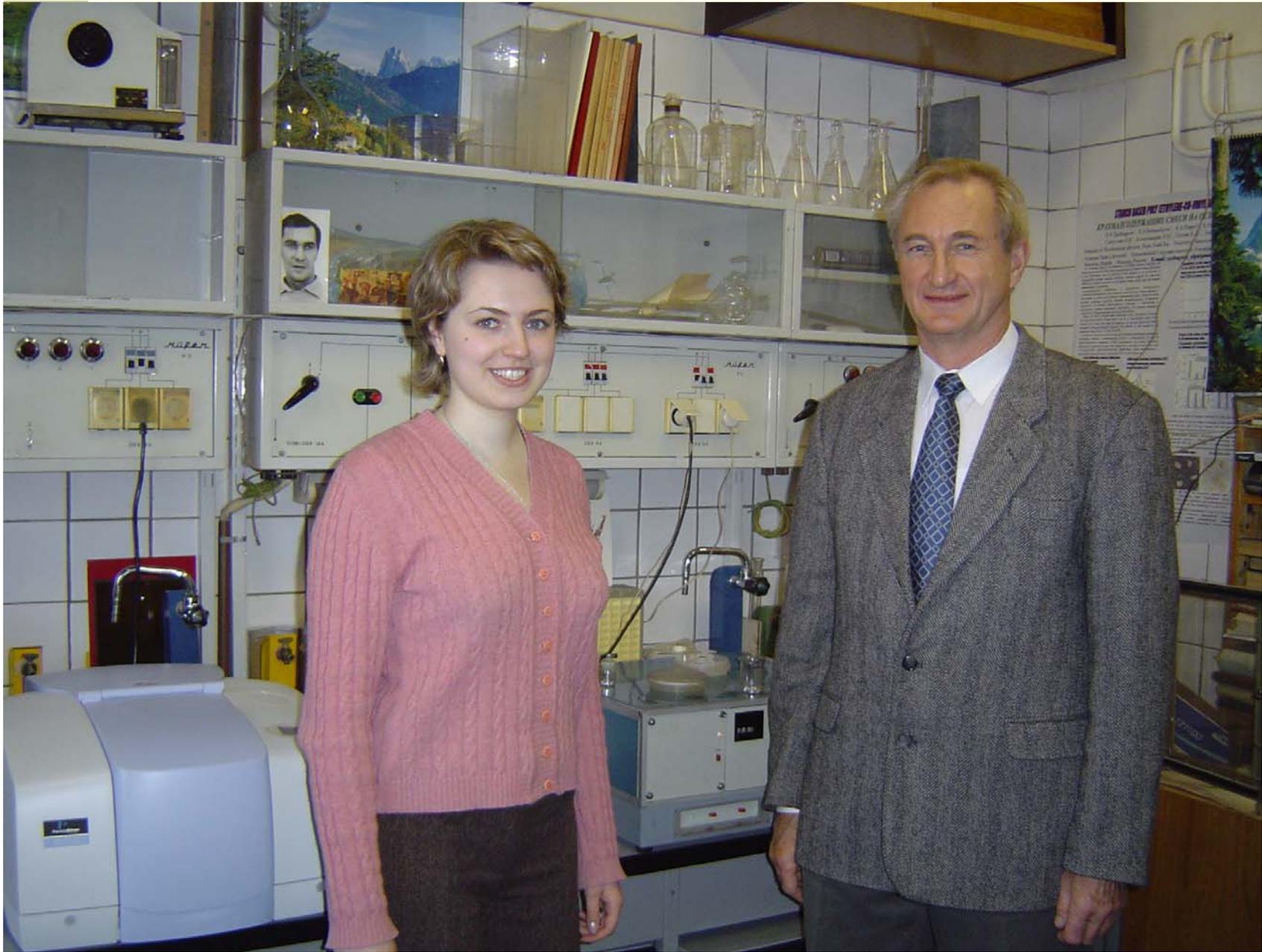


*Рост культуры *Azotobacter chroococcum* (1) и синтез ПГБ (2) при использовании углеводов как источника углерода*



*Композиционные
материалы*





Биодеградируемые материалы на основе синтетических и природных полимеров

Неразлагаемые полиолефины

- Полиэтилен (ПЭ) низкой плотности
- Полипропилен (ПП) высокой плотности
- Блоксополимеры
- Статистические сополимеры
- Смеси Полиэтилен и Полипропилен
- Сополимеры этилена с винилацетатом различного состава: от 6 до 28 масс.% винилацетата (СЭВА)

Биоразлагаемые

- Крахмал
 - Кукурузный
 - Пшеничный
 - Ячменный
 - Картофельный
 - Ванановый
 - Модифицированный
 - Нативная
 - Целлюлоза
 - Модифицированная
 - Соя
 - Мука (содержание белка от 30 до 40%)
 - Изолят (содержание белка 70%)
 - Концентрат (содержание белка 90%)
 - Дробина (отход пивоваренной промышленности)
 - Полигидроксиалканоаты:
 - полигидроксибутират (ПГБ)
- Высокоамилозный
Низкоамилозный



Полный процессинг биомассы



**Химическая трансформация
лигнина с целью создания
НОВЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ И
БИОТОПЛИВ.**

Изучение продуктов термического разложения
лигниновых образцов методом пиролитической
хромато-масс-спектрометрии

Продукты пиролиза образцов лигнина

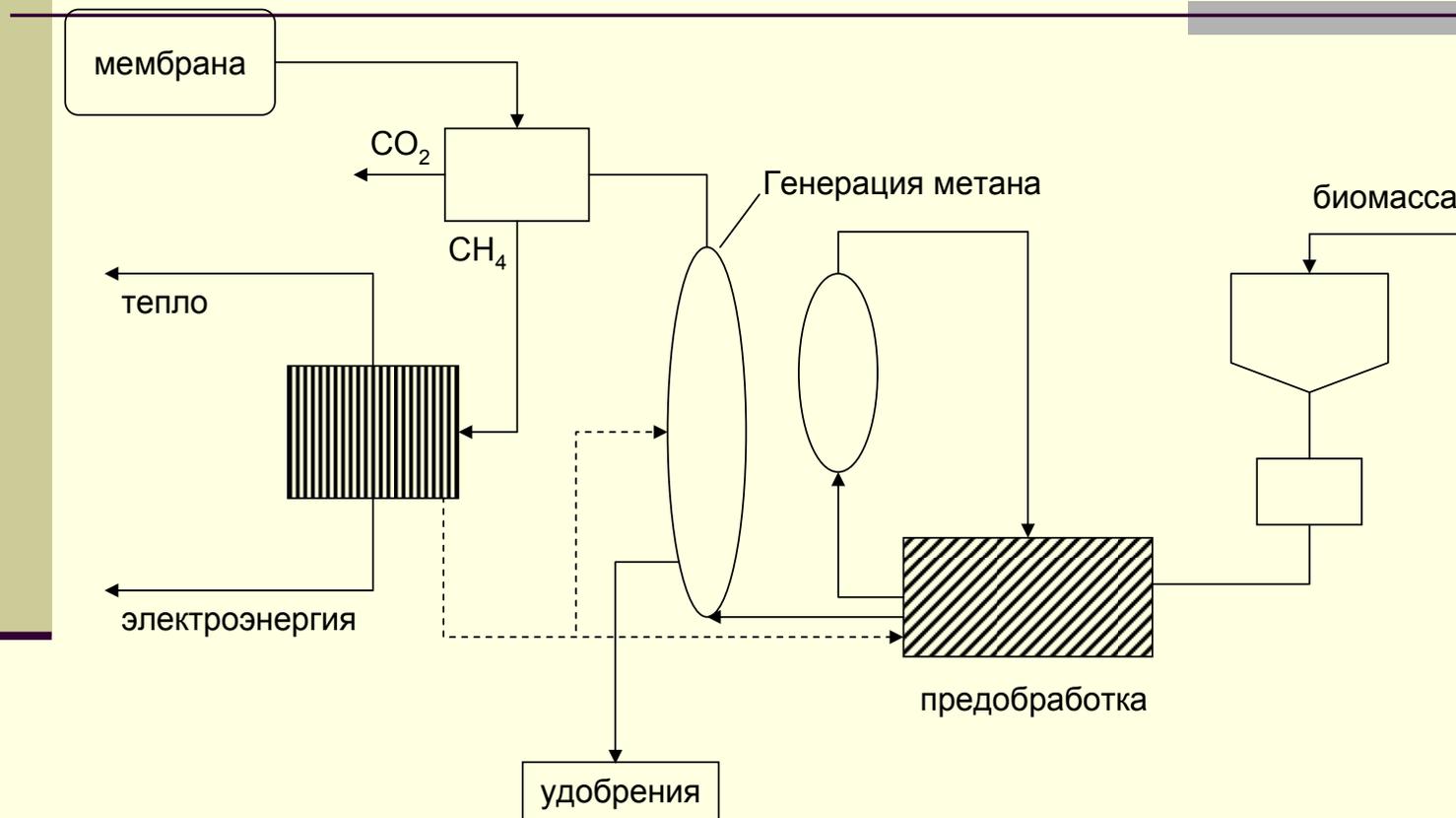
№	Идентифицированные соединения	Время выхода	% содержание вещества в образце				
			№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
1	диметилфуран	5:07	-	-	0.49%	1.01%	-
2	хлорбензол	5:21	4.47%	2.20%	0.32%	2.46%	2.26%
3	стирол	6:15	1.33%	0.62%	-	-	-
4	бензальдегид	7:40	5.68%	0.94%	0.86%	4.81%	1.10%
5	1-метил-4-этил бензол	9:00	3.99%	5.77%	0.84%	2.03%	5.39%
6	бутилбензол	9:42	-	2.23%	-	-	-
7	2-метоксифенол	10:23	29.95%	43.87%	5.99%	26.89%	34.83%
8	ацетофенон	10:30	-	-	0.19%	2.00%	-
9	диметоксибензол	11:29	-	2.27%	0.43%	-	-
10	нафталин	12:20	5.03%	-	0.54%	0.94%	1.08%
11	2-метокси-4-метилфенол	12:28	8.77%	8.30%	2.52%	6.61%	13.27%
12	диметокситолуол	13:18	-	-	0.33%	-	-
13	4-этил-2-метоксифенол	14:08	-	-	0.70%	1.56%	-
14	2-метокси-4-(1-пропенил)фенол	15:34	-	-	0.28%	-	-
15	бифенил	15:58	9.36%	2.33%	1.04%	3.39%	3.50%
16	4-гидрокси-3-метоксибензальдегид	16:18	-	-	0.52%	-	-
17	метоксибензальдегид	19:09	8.79%	1.17%	1.21%	2.41%	2.00%
18	неидентифицированные соединения		22.65%	29.25%	8.43%	43.73%	36.57%
19	высокипящие алкилбензолы		-	-	12.28%	-	-
20	алканы выше C16		-	-	63.03%	2.16%	-
			100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

*Полная утилизация всех
отходов*

Биогаз-Биоватт

Метан из биомассы-
когенерация
электричества, тепла
и удобрений

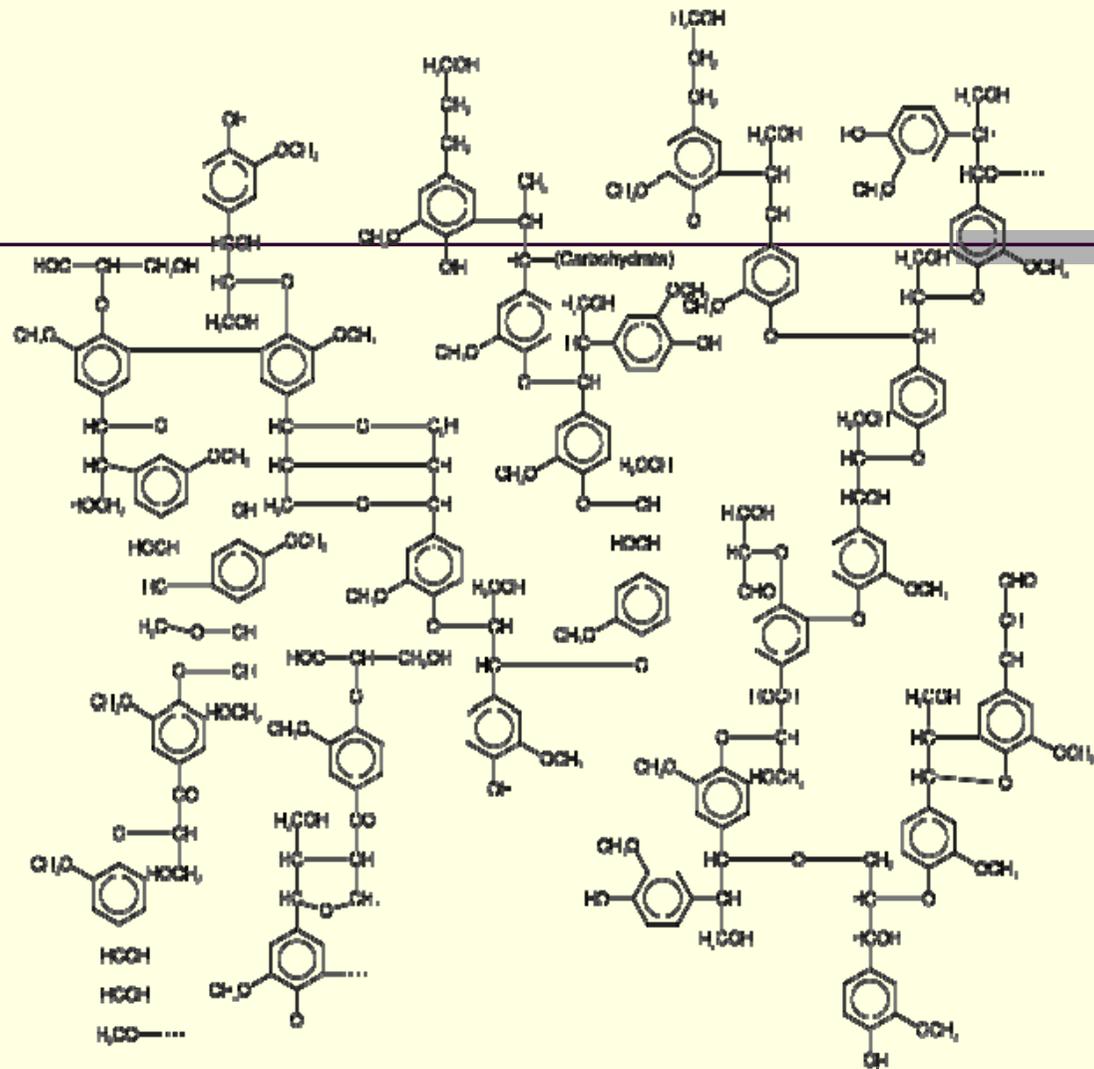
Высокопродуктивная когенерация метана, электричества, тепла и удобрений





Возможности биоиндустрии для развития химической промышленности

С.Д.Варфоломеев, *Институт
Биохимической Физики им. Н.М. Эмануэля
РАН,
Химический факультет МГУ*

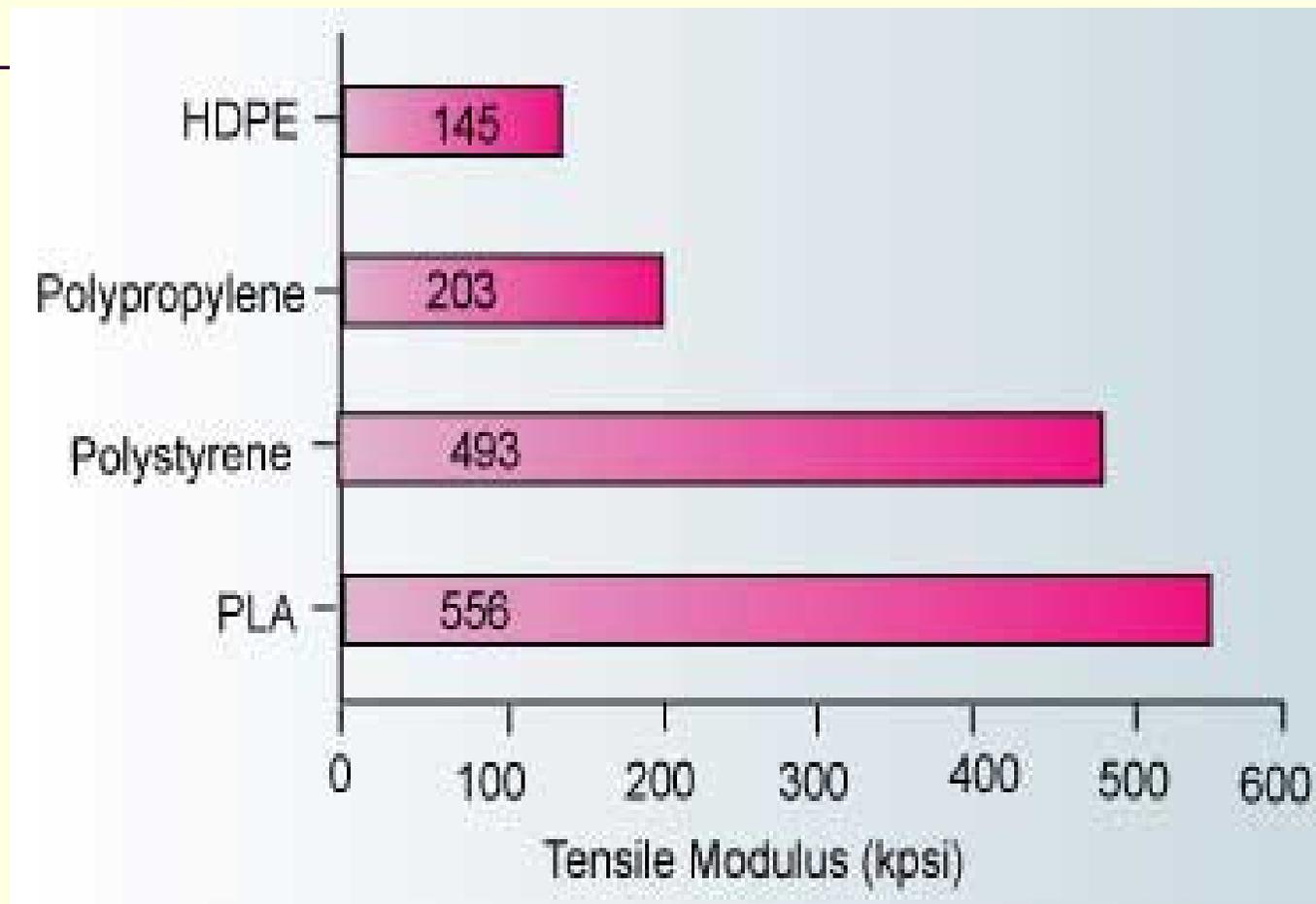


Glazer, A. W., and Nikaido, H. (1995). *Microbial Biotechnology*. Nowy York: W. H. Freeman, p. 340.



Энергетические растения

Модуль упругости



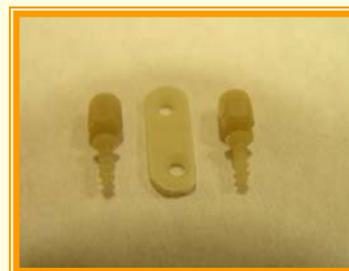
ПРИМЕРЫ БИОРАССАСЫВАЕМЫХ ХИРУРГИЧЕСКИХ ИМПЛАНТАТОВ ИЗ ПГБ



Пародонтологические
мембраны



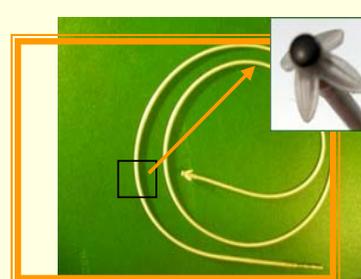
Хирургические
нити



Фиксирующие
винты и пластины
для остеосинтеза



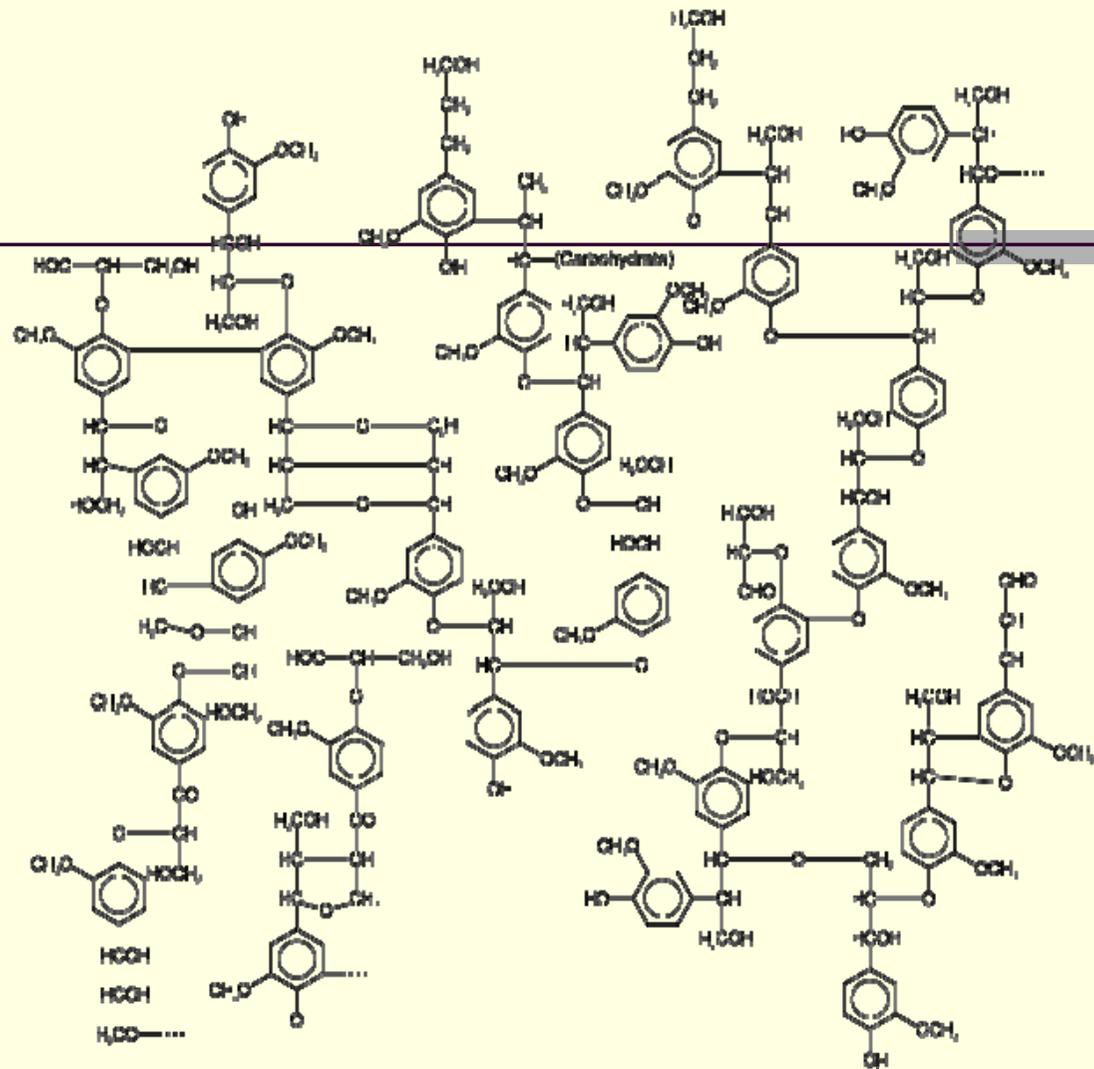
Сетчатые
эндопротезы



Покрытие для
кардиостимуляторов

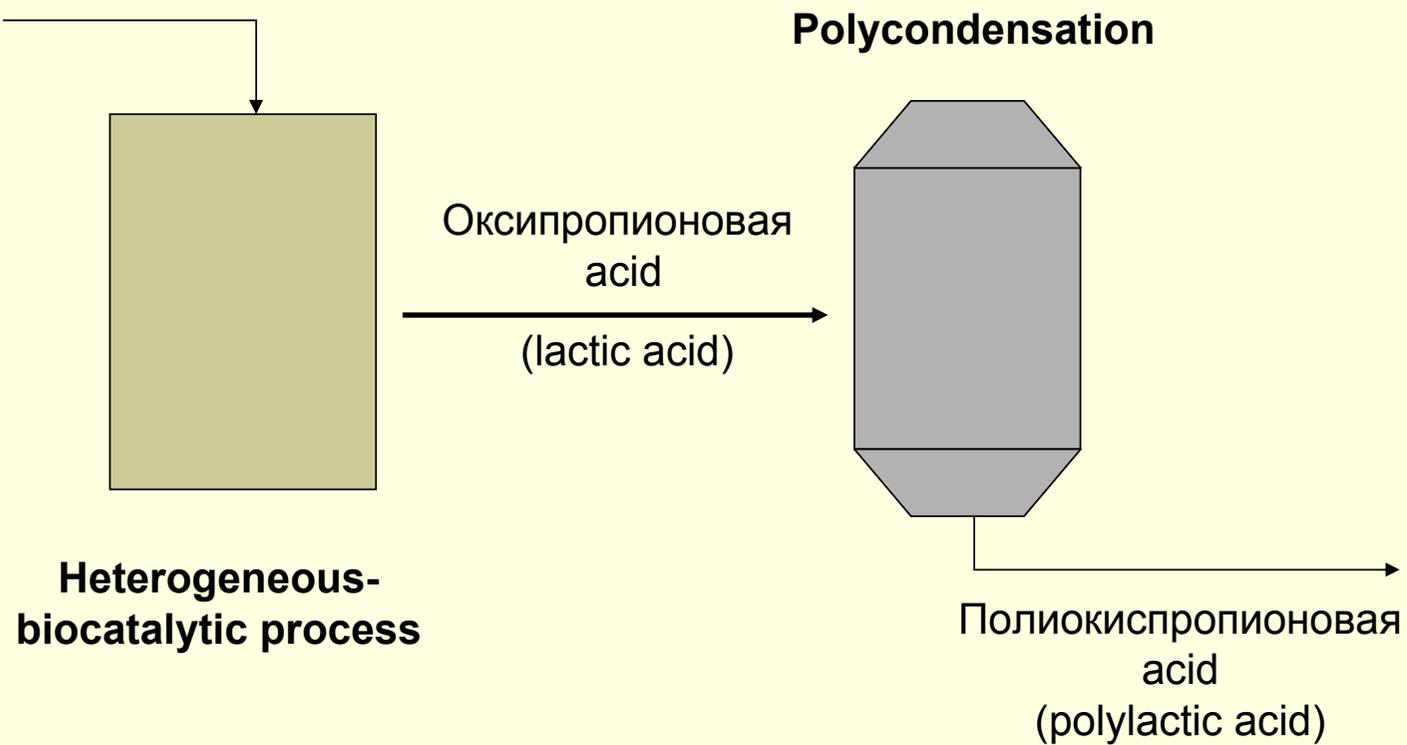


Хирургические
шпагаты

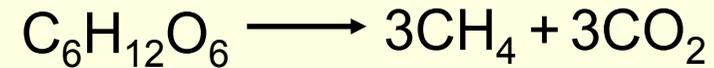
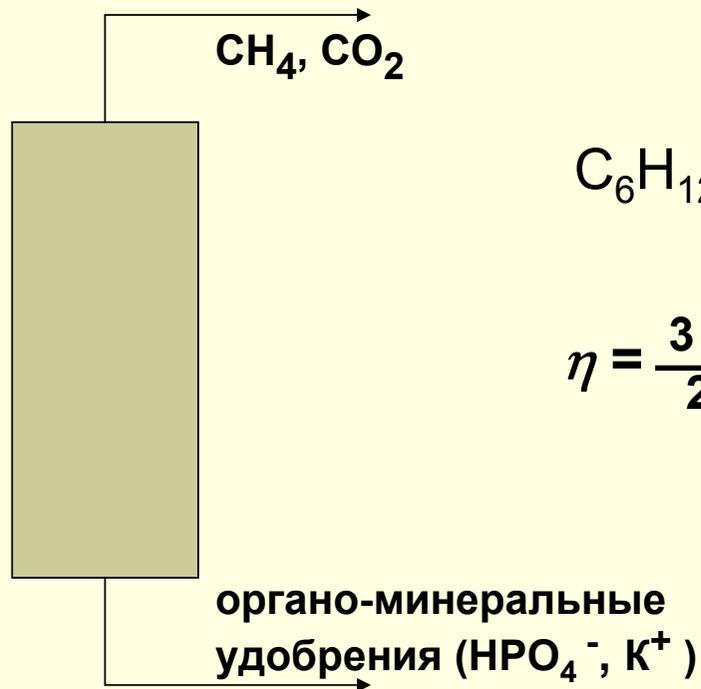


Glazer, A. W., and Nikaido, H. (1995). *Microbial Biotechnology*. Nowy York: W. H. Freeman, p. 340.

New generation of polymer materials



Метаногенез – уникальный процесс конверсии энергии и получения органо-минеральных удобрений



$$\eta = \frac{3 \times 890 \text{ кдж/моль}}{2802 \text{ кдж/моль}} = 95\%$$



Криоиммобилизованные продуценты ферментов

Новые технологии получения ферментов



- Высокие выходы

- Очистка фермента
в процессе синтеза

Внеклеточные ферменты (амилазы,
целлюлазы,
липазы, протеазы и др.)