

**ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ V.40.  
ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ:  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ НОВЫХ  
ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА, РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ  
ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВ ИЗ НЕНЕФТЯНОГО И ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ,  
ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ**

**Программа V.40.1. Исследования механизма горения и взрыва высокоэнергетических веществ и разработка путей целевого управления ими (координатор акад. Г. В. Сакович)**

В Институте проблем химико-энергетических технологий разработан аппаратный комплекс для исследования параметров аэрозолей, создаваемых генераторами на основе ударно-волновых методов, и подтверждена адекватность физико-математических моделей генерации и эволюции аэрозолей (рис. 34). Комплекс позволяет осуществлять измерение дисперсности в потоке, в том числе с применением разработанной в Институте аппаратуры — «ТИПАС-1» и «ЛИД-2М». Также в автоматическом режиме проводятся видео- и телевизионная съемки, измеряются влажность, амплитуда и спектр звукового давления и давление в генераторах (измерение дисперсности в потоке: «ЛИД-2М» — от 1 мкм до 100 мкм; «ТИПАС-1» от 20 нм до 6 мкм, частота 100 Гц; измерение динамики (видео): до 50000 кадров/с; измерение температурных полей: до 800 °С,  $\Delta t = 0,08$  °С; частота 25 Гц; измерение влажности с погрешностью до 1 %; измерение звукового давления при работе генераторов с погрешностью 0,7 дБ; измерение рабочих давлений в генераторах с точностью 0,01 МПа).

В этом же Институте экспериментально доказано повышение работы взрыва литейного композиционного ВВ при замене крупнодисперсного промышленного алюминия на нано-

размерный. Показано также, что подобного повышения работы можно достичь путем добавления веществ, способных в процессе детонации распадаться с образованием химически активных металлических наночастиц, ускоряющих процесс окисления алюминия.



**Рис. 34.** Аппаратурный комплекс для исследования параметров аэрозолей.

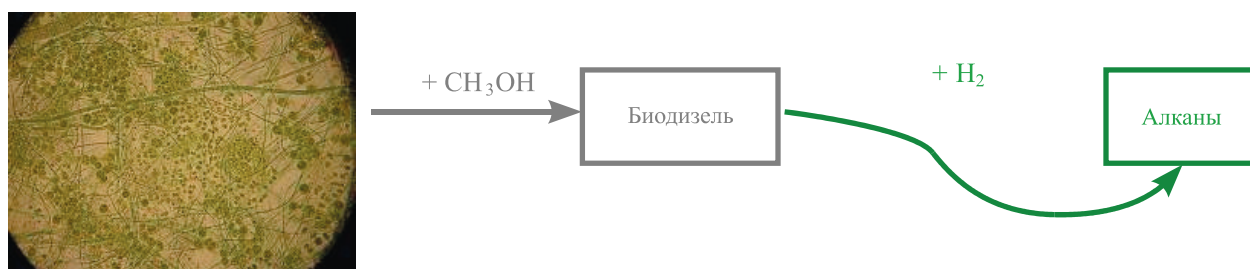
**Программа V.40.2. Фундаментальные исследования синтеза высокоэнергетических соединений с большим содержанием азота и композиций на их основе, полупродуктов и биотоплив из растительного сырья. Разработка основ технологии их получения и переработки (координатор акад. Г. В. Сакович)**

В Институте проблем химико-энергетических технологий синтезированы новые мощные взрывчатые вещества, пластификаторы, окислители, на основе которых созданы топливные составы, разработаны новые конструкторские решения ракетных двигателей, в совокупности позволяющие повысить эффективность РДТТ на 25—30 % и сократить продолжительность технологического цикла.

В Институте катализа им. Г. К. Борескова изучена продукция липидов микроводорослями и исследован состав их липидной фракции. Показано, что один из штаммов хлореллы обладает необходимыми характеристиками для культивирования в пилотном фотобиореакторе, в том числе относительно высокой продуктивностью по биомассе и по липидам (23 мас.%). Штамм характеризуется высоким содержанием как насыщенных C16:0 (25 %), так и ненасыщенных жирных кислот C16:2 (16 %) и C18:2 (27 %), что позволяет использовать его в процессах производства биотоплива третьего поколения. Эксперименты по гидрокрекингу липидной фракции микроводорослей в присутствии катализатора NiCuP/SiO<sub>2</sub> при 250 °С и 8,0 МПа H<sub>2</sub> показали, что продуктами являются нормальные алканы ряда C<sub>14</sub>—C<sub>18</sub>. Повышение температуры гидрокрекинга до 350—380 °С позволяет получать более широкую фракцию C<sub>6</sub>—C<sub>16</sub>. Однако следует отметить, что при этом снижается выход целевых продуктов — жидких углеводородов топливного назначения. Для использования получаемых углеводородов в качестве компонентов дизельных топлив зимних марок необходима изомеризация нормальных алканов (рис. 35).

В Институте проблем переработки углеводородов разработаны научные основы нового процесса гидродеоксигенации растительных масел на катализаторе Pt/B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с преимущественным получением изоалканов (рис. 36). Найдены оптимальные условия процесса — температура 400 °С, массовая скорость подачи масла 1,0 ч<sup>-1</sup> и давление 4 МПа. Выход дизельной фракции в процессе составляет 67—70 %, цетановое число — не менее 70 п., температура застывания ~ -55 °С.

В Институте химии твердого тела и механохимии при участии компании «АРТЕР Текнолоджи» разработан способ получения биоэтанола второго поколения с применением механоферментативного гидролиза лигноцеллюлозного сырья. Предварительная химическая обработка растительного сырья привела к снижению энергетических затрат на измельчение в 2—8 раз, в зависимости от вида сырья. «Мягкое» измельчение позволило уменьшить содержание ингибитора (лигнина Бьёркмана) в реакционной смеси и снизить, тем самым, расход фермента. Показано, что использование ультразвуковой дискретной механической обработки *in situ* ускоряет ферментативный гидролиз субстрата до 3—4 раз (рис. 37). Степень конверсии целлюлозы составляет 75 %. В отличие от существующих технологий кислотного гидролиза целлюлозы, без дополнительного упаривания раствора получена повышенная концентрация глюкозы (12—14 %), а повышение концентрации спирта после дрожжевого сбраживания субстрата до 3,5 % позволяет проводить его выделение в промышленных условиях.



**Рис. 35.** Схема получения алканов из биомассы хлореллы.

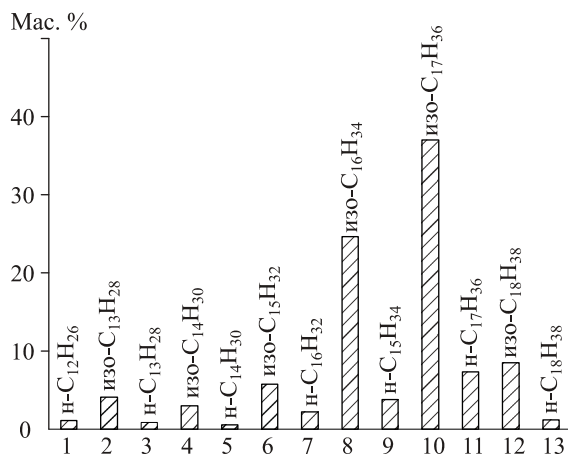


Рис. 36. Новый процесс получения экологически чистых дизельных топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами. Состав дизельной фракции.

В Институте проблем химико-энергетических технологий разработан гидротропный способ переработки недревесного целлюлозо-содержащего сырья (российского мискантуса и плодовых оболочек овса) с получением одновременно двух ценных полимеров — целлюлозы и лигнина, а также продуктов на их основе. Исследована зависимость реакционной способности к ферментации технических целлюлоз (ТЦ) от вида сырья (ПОО — плодовых оболочек овса и М — мискантуса) и способа выделения целлюлозы из него (азотнокислым — АК и щелочным — ЩД). Установлено, что наибольшей реакционной способностью обладают ТЦ, полученные из ПОО способом ЩД. В результате масштабирования по объему ферментативного гидролиза ТЦ ПОО и ТЦ М от 0,15 до 11 л с заменой ацетатного буфера на водную среду и повышением концентрации субстрата от 33 до 83 г/л были получены доброкачественные гидролизаты (рис. 38). Биотехнологическим способом (продуцент — *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ У-1693) получены

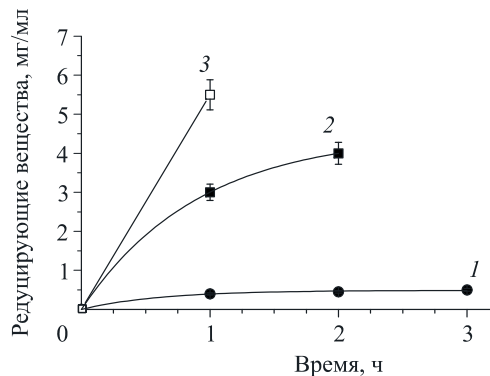


Рис. 37. Ферментативный гидролиз древесной дисперсии: 1 — исходный субстрат, 2 — субстрат после измельчения, 3 — после измельчения и действия ультразвука.

образцы этанола из гидролизатов ТЦ ПОО и ТЦ М. Выход спирта составляет от 62,7 % до 88,9 %, что соответствует выходу этанола на гидролизных заводах (табл. 2). Высокое качество этанола подтверждено ГЖХ.

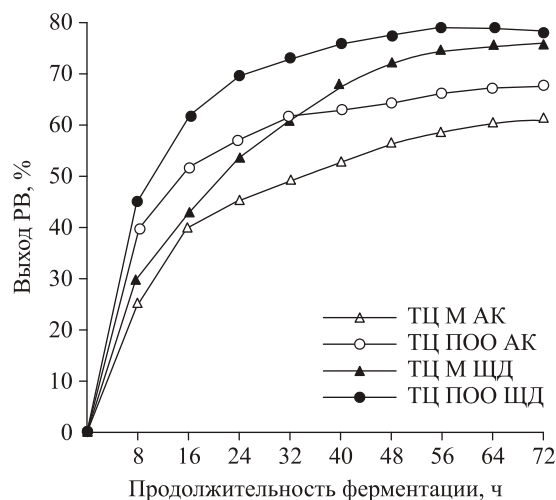


Рис. 38. Зависимость выхода редуцирующих веществ (РВ) от продолжительности ферментации.

Таблица 2

### Результаты сбраживания гидролизатов

Показатель	ТЦ М		ТЦ ПОО	
	АК	ЩД	АК	ЩД
Концентрация РВ в гидролизате, г/л, в том числе пентоз	56,7±0,5 1,7±0,2	70,0 ± 0,5 5,1 ± 0,2	41,7 ± 0,5 1,6 ± 0,2	48,6 ± 0,5 3,1 ± 0,2
Крепость бражки, об. %	2,3 ± 0,1	3,1 ± 0,1	2,4 ± 0,1	2,4 ± 0,1
Выход этанола, % от теоретического	62,7	68,9	88,9	76,2
Метанол в пересчете на безводный спирт, об. %	0,02	0,02	0,07	0,06