

УДК 66.061.3

Л.Н. Грабов, Е.А. Переяславцева, Д.В. Посулько

*Институт технической теплофизики НАН Украины*

## СПОСОБЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Розглянуто залежності швидкості екстракції і кількості сухих речовин при водній та водно-спиртової екстракції від методу вилучення. Запропоновані технологія та обладнання для інтенсифікації процесу екстракції. Рассмотрены зависимости скорости экстракции и количества экстракции от метода извлечения. Предложены технология и оборудование для интенсификации процесса экстракции. Dependences of speed of extaction and quantities of solids in water and water-spirit extaction from a method of extraction are considered. Technology and the equipment for a process of extraction's intensification are offered.

**Ключевые слова:** экстракция, дискретно-импульсный ввод энергии, интенсификация.

БАВ – биологически-активные вещества;

ДИВЭ – дискретно-импульсный ввод энергии;

ИТТФ – Институт технической теплофизики;

НАНУ – Национальная академия наук Украины;

РПА – роторно-пульсационный аппарат;

СВ – сухие вещества;

В основе получения экстрактов лежит комплекс тепломассообменных процессов: конвективная и молекулярная диффузии, перенос извлекаемого вещества из твердой фазы в жидкую, теплопередача при нагреве/охлаждении, перемешивание и растворение.

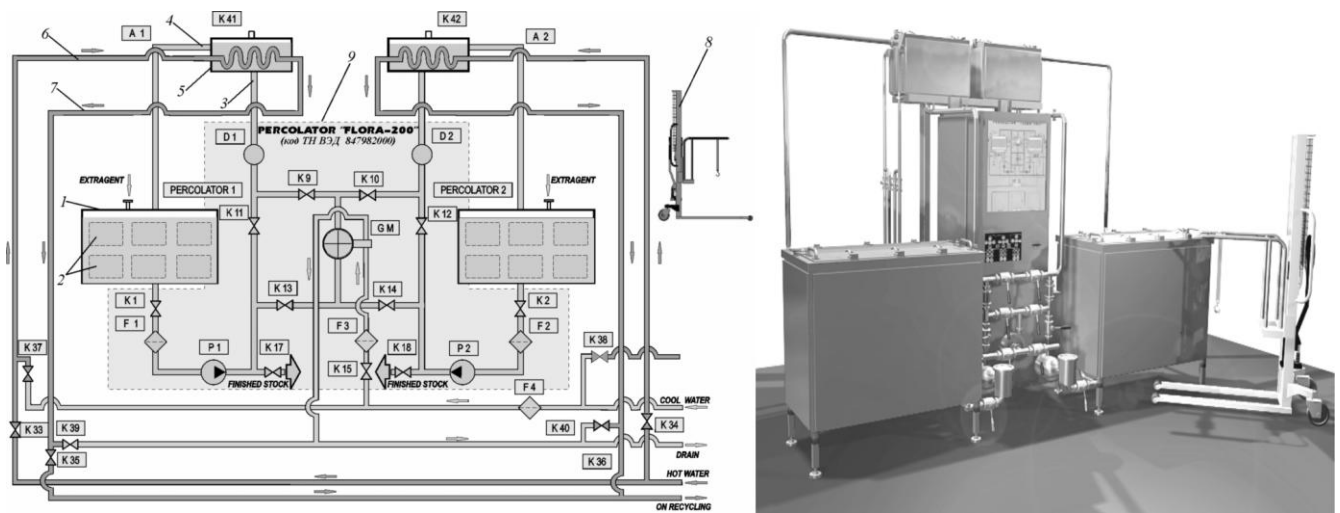
В фармацевтической, пищевой и перерабатывающей промышленности для получения БАВ из растительного сырья широко используется метод экстракции с помощью жидких экстрагентов, таких как вода, этиловый спирт, их смеси в различных соотношениях, а также различные органические растворители [1, 2].

В производстве чаще всего используют классический способ получения экстрактов - мацерация (настаивание). Этот способ имеет низкую эффективность – время экстрагирования БАВ составляет от 1 до 20 суток [3]. На полноту и скорость экстракции влияет размер частиц сырья, температура и

продолжительность процесса, соотношение между количеством сырья и экстрагента и ряд других факторов.

ИТТФ НАНУ на протяжении ряда лет работает над решением задачи интенсификации процесса экстракции. Для решения этой задачи предложен термодиффузионный способ извлечения БАВ. Суть термодиффузионного способа экстракции заключается в знакопеременном движении экстрагента через слой сырья. При этом температуру экстрагента изменяют в осциллирующем режиме. Знакопеременное движение экстрагента через сырье позволяет ускорить внешний массообмен, а осциллирующий температурный режим экстрагента – внутренний [4]. Совокупность влияния этих параметров значительно интенсифицирует процесс экстракции. На данный способ был получен патент [5].

Для реализации термодиффузионного способа извлечения БАВ разработана технология и соответствующее оборудование (рис. 1).

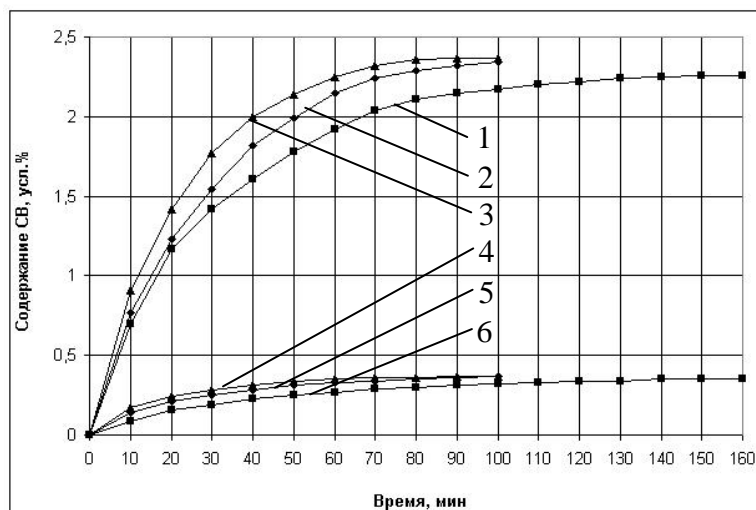


**Рис. 1 – Установка «Рига-1000» для экстракции БАВ из растительного сырья термодиффузионным способом**

Для определения влияния этого способа на скорость экстракции проведена серия опытов, в которой в качестве экстрагента использовались вода и этиловый спирт 70<sup>0</sup>, а в качестве сырья кора крушины (*Frangula alnus*) и цветы календулы (*Calendula officinalis*) соответственно. Для сравнения рассматривались три метода экстракции БАВ из растительного сырья: экстракция с неподвижным экстрагентом, экстракция с движением экстрагента в одном направлении и экстракция со знакопеременным движением экстрагента.

В первой серии опытов осуществлялось экстрагирование высушенной до постоянной массы коры крушины. Экстрагент – подготовленная вода. Условия эксперимента следующие: температура экстракции – 60±2<sup>0</sup>С, размер частиц – 0,5...2,0 мм; отношение продукта к экстрагенту – 1:10; экспозиция

– 160 мин. Определялось содержание СВ и антраценов в полученном экстракте. Результаты эксперимента представлены на рис. 2.

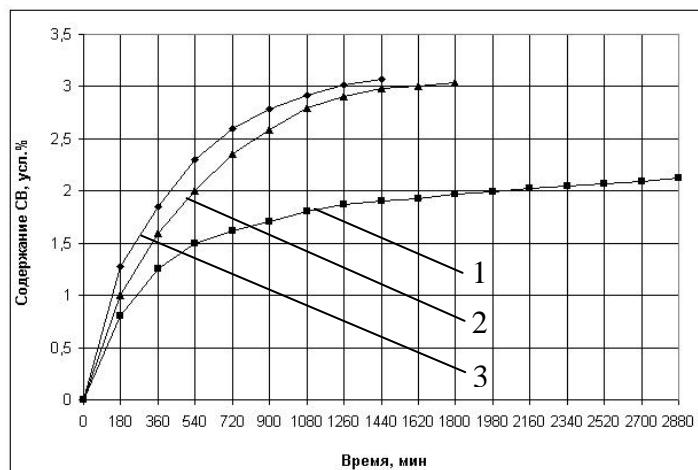


**Рис. 2 – Зависимость водной экстракции сухих веществ и антраценов (усл. %) из коры крушины от времени экспозиции на установке «Рига-1000»:**

1 – содержание СВ при экстракции с неподвижным экстрагентом, 2 – содержание СВ при экстракции с движением экстрагента в одном направлении, 3 – содержание СВ при экстракции со знакопеременным движением экстрагента, 4 – содержание антраценов при экстракции с неподвижным экстрагентом, 5 – содержание антраценов при экстракции с движением экстрагента в одном направлении, 6 – содержание антраценов при экстракции со знакопеременным движением экстрагента.

При экстракции коры крушины водой скорость экстракции сухих веществ (СВ) при экстракции с неподвижным экстрагентом составляет  $23...55 \times 10^{-3}$  усл.% СВ в мин., при экстракции с движением экстрагента в одном направлении –  $22...62 \times 10^{-3}$  усл.% СВ в мин. и при экстракции со знакопеременным движением экстрагента –  $26...71 \times 10^{-3}$  усл.% СВ в мин. Выход сухих веществ увеличился с 2,26 усл.% СВ при экстракции с неподвижным экстрагентом до 2,35...2,37 усл.% СВ при мацерации с движением экстрагента. Выход антраценов, также соответственно увеличился. Время экспозиции сократилось с 160 мин. при экстракции с неподвижным экстрагентом до 100 мин. при экстракции с движением экстрагента.

Во второй серии опытов проводилось экстрагирование высушенных до постоянной массы цветков календулы. Экстрагент – этиловый спирт 70<sup>0</sup>. Условия эксперимента следующие: температура экстракции –  $35 \pm 2$  °С, размер частиц – 1,0...3,0 мм; отношение продукта к экстрагенту – 1:10; экспозиция – 2880 мин (48 часов). Результаты эксперимента представлены на рис. 3.



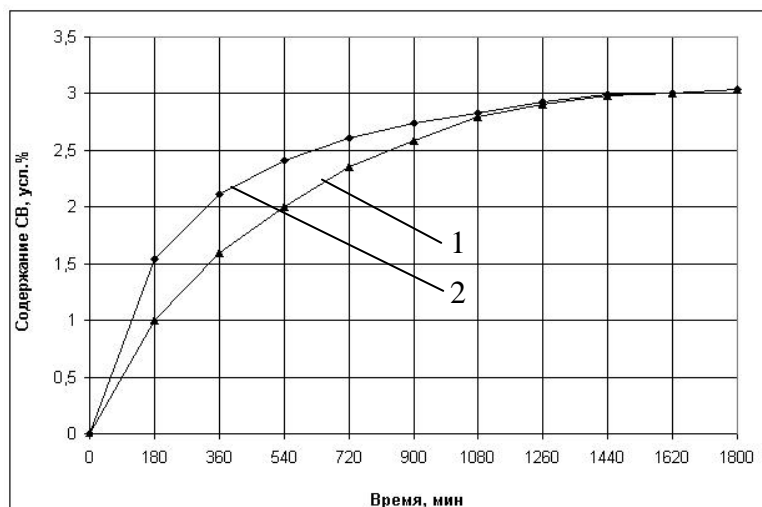
**Рис. 3 – Зависимость спиртовой экстракции сухих веществ (усл. %) из цветов календулы от времени экспозиции на установке «Рига-1000»:**

1 – экстракция с неподвижным экстрагентом, 2 – экстракция с движением экстрагента в одном направлении, 3 – экстракция со знакопеременным движением экстрагента.

При экстракции цветов календулы этиловым спиртом скорость экстракции при экстракции с неподвижным экстрагентом составляет  $1...3,5 \times 10^{-3}$  усл.% СВ в мин., при экстракции с движением экстрагента в одном направлении –  $2...4,5 \times 10^{-3}$  усл.% СВ в мин. и при экстракции со знакопеременным движением экстрагента –  $2,2...5 \times 10^{-3}$  усл.% СВ в мин. Выход сухих веществ увеличился с 2,12 усл.% СВ при экстракции с неподвижным экстрагентом до 3,04...3,07 усл.% СВ при экстракции с движением экстрагента. Время экспозиции сократилось с 2880 мин. (48 часов) при экстракции с неподвижным экстрагентом до 1440 мин. (24 часа) при экстракции с движением экстрагента, т.е. в 2 раза.

Для интенсификации процесса экстракции БАВ из растительного сырья было предложено применить механизмы ДИВЭ: скачки давления, гидравлический удар, звуковые и ультразвуковые волны, кавитация, эффекты турбулентности, вихреобразования и другие явления реализуемые в РПА. В ИГТФ была разработана и изготовлена установка «Рига-1000» (рис. 4). В продуктовый тракт установки встроено РПА дисково-цилиндрического типа АР-3000. Данный аппарат предназначен для направленного дискретного энергетического воздействия на циркулирующий в продуктовом тракте экстрагент и растительное сырье в реакторе.

На данной установке проведена серия исследований влияния механизмов ДИВЭ на скорость экстракции. Результаты эксперимента по экстракции цветов календулы этиловым спиртом представлены на рис. 4. Условия эксперимента следующие: сырье – цветы календулы (*Calendula officinalis L.*), экстрагент – этиловый спирт  $70^{\circ}$ , температура экстракции –  $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , размер частиц – 1,0...3,0 мм; отношение продукта к экстрагенту – 1:10; экспозиция – 1800 мин. (30 часов).



**Рис. 4 – Зависимость спиртовой экстракции сухих веществ (усл. %) из цветов календулы от времени экспозиции на установке «Рига-1000»:**

1 – экстракция с движением экстрагента в одном направлении, 2 – экстракция с использованием РПА и с движением экстрагента в одном направлении.

При экстракции цветов календулы этиловым спиртом на установке «Рига-1000» скорость экстракции при экстракции с движением экстрагента в одном направлении –  $2,2...4,1 \times 10^{-3}$  усл.% СВ в мин. и при экстракции с использованием РПА и с движением экстрагента в одном направлении –  $3,7...5,5 \times 10^{-3}$  усл.% СВ в мин. Выход сухих веществ увеличился с 3,02 усл.% СВ при экстракции с движением экстрагента в одном направлении до 3,13 усл.% СВ при экстракции с использованием РПА и с движением экстрагента в одном направлении.

Обобщив полученные в результате экспериментов данные, в ИТТФ НАНУ разработаны и изготовлены установки для извлечения БАВ из растительного сырья: «Флора-120» (внедрена на заводе «Продтовары», г. Переяслав-Хмельницкий), «Рига-200» и «Рига-1000» (внедрены на ФО «Рижская фармацевтическая фабрика», г. Рига, Латвия), «Сибирь-600» (внедрена на ООО «Бегриф», г. Бердск, Новосибирская обл., Россия). На этих установках получены настойки календулы (*Calendula officinalis L.*), валерианы (*Valeriana officinalis L.*), боярышника (*Crataegus*), перца стручкового (*Capsicum annuum L.*), пиона уклоняющегося (*Paeonia anomala L.*), пустырника (*Leonurus cardiaca L.*) и др., а также сиропы из корня солодки (*Glycyrrhizae radices*) и плодов шиповника (*Rosae fructus*) и др.

### **Выводы**

1. Для определения влияния разных способов экстракции была проведена серия опытов по водной и водно-спиртовой экстракции БАВ из сырья растительного происхождения:

- скорость экстракции в случае с движущимся экстрагентом по сравнению с неподвижным экстрагентом выше, в результате чего время экспозиции сокращается в 1,5 – 2 раза. Наблюдается повышенный выход сухих веществ на 5 – 10 %;

- скорость экстракции при знакопеременном движении экстрагента по сравнению со скоростью экстракции при движении экстрагента в одном направлении выше на 15 – 20 %;

- скорость экстракции при использовании РПА по сравнению со скоростью экстракции при движении экстрагента в одном направлении на начальном этапе экстрагирования выше на 20 – 25 %.

2. Для реализации термодиффузионного способа извлечения БАВ из растительного сырья с применением метода дискретно-импульсного ввода энергии предложена технология и оборудование.

### ***Литература:***

1. *Прокопенко А.П.* Основные итоги и перспективы исследований лаборатории технологии фитохимических производств ГНЦЛС / А.П. Прокопенко, П.П. Ветров, С.А. Прокопенко, Г.А. Жуков // Фармаком. – 1996. – №6. – С. 23 – 26.

2. *Лысянский В.М.* Экстрагирование в пищевой промышленности / В.М. Лысянский, С.М. Гребенюк. – М.: Агропромиздат, 1987. – 188 с.

3. *Пономарев В.Д.* Экстрагирование лекарственного сырья / Пономарев В.Д. – М.: Медицина, 1976. – 204 с.

4. *Гончаренко Г.К., Орлова Е. И.* Пути интенсификации процесса экстракции в периодических условиях / Г.К. Гончаренко, Е.И. Орлова // Мед. пром. СССР. – 1968. – № 6. – С. 45 – 46.

5. Пат. 78455 Україна, МПК В 01 D 11/02, А 61 К 36/00. Спосіб екстрагування біологічно-активних речовин у системі «Тверде тіло - рідина» / Долінський А.А. та ін.; заявник та власник патенту Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України. - № а200511922; заявл. 12.12.05; опубл. 15.03.07, Бюл. №3.