

Курачев В.М., Андроханов В.А. *Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель.* – Новосибирск: ИПА СО РАН, 2001. – 28 с. 11. *Восстановление техногенных ландшафтов Сибири.* – Новосибирск, 1977. – 230 с. 12. Марискевич О.Г., Шпаківська І.М., Дідух О.І. *Формування ґрунтів у межах техногенного ландшафту яворівського ДГХП “Сірка”* // Науковий вісник Чернівецького ун-ту: Зб. наук. пр. – 2005. – Вип. 251: Біологія. – С. 175–185. 13. *Структурно-функціональна роль ґрунту в біосфері / Под ред. Г. Добровольського.* – М.: ГЕОС, 1999. – 278 с. 14. Курачев В.М., Андроханов В.А. *Классификация почв техногенных ландшафтов* // Сибирский экологический журн. – 2002. – № 3. – С. 255–261.

УДК 615.012.014

В.В. Дячок, О.Л. Іванків

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра екології та охорони навколишнього середовища

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСТРАГУВАННЯ СУМІШІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

© Дячок В.В., Іванків О.Л., 2008

Подано метод аналітичного розрахунку розміру частинок твердих тіл рослинної сировини різних морфологічних органів з метою одночасного досягнення рівноваги за сумісного екстрагування.

Analytical calculation of the particles size solid materials of vegetal raw materials method with the purpose of simultaneous achievement of equilibrium by joint extraction is described.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. У світовій практиці застосування рослинної сировини в харчовій, хіміко-фармацевтичній, косметико-парфумерній, хімічній галузях індустрії продовжують посідати вагоме місце. Ця тенденція спостерігається не тільки у країнах, які традиційно використовували рослинну сировину як джерело біологічно активних речовин (БАР) (В'єтнам, Китай, Індія та ін.), але і у країнах з високорозвинутою хімічною промисловістю, тобто у тих, які мають значний потенціал для хімічного синтезу біологічно активних сполук (Німеччина, Японія, США...). Зростання вимог до якості препаратів на основі рослинної сировини безумовно вимагають удосконалення технології виробництва, прогнозування якісного і кількісного складу діючих речовин (БАР) у кінцевих продуктах виробництва. Це означає, що проблеми екстракції із твердих матеріалів органічного походження і надалі залишатимуться актуальними. Крім того, виробництво БАР в такий спосіб не спричиняє негативного впливу на довкілля, а технології їх отримання можна вважати екологічно безпечними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що в літературі не міститься матеріалів, присвячених вивченню кінетики сумісного екстрагування рослинної сировини різних анатомо-морфологічних органів (листя, плоди, корені та кореневища...). Відмінності в анатомо-морфологічній будові рослинної сировини істотно впливають на кінетику екстрагування. Як показують результати експериментальних досліджень, за сумісного екстрагування для сировини, яка легко екстрагується, рівновага настає за доволі короткий проміжок часу порівняно з іншими видами сировин в суміші, або іншими словами, час досягнення рівноваги для різних морфологічних органів рослинної сировини є різним. Це явище стає причиною надмірного часу перебування в зоні екстракції цієї рослинної сировини, рівновага якої досягається швидше, що,

своєю чергою, негативно впливає на якість кінцевого продукту екстрагування. Останній не тільки забруднюється баластними речовинами (клітковиною, хлорофілами тощо), а і утруднюється процес розділення твердої та рідкої фаз під час виділення екстракту. Набухла рослинна сировина через тривале механічне оброблення в зоні екстрагування створює значний гідравлічний опір під час розділення твердої від рідкої фази.

Мета роботи – спроба розроблення методології розрахунку розміру частинки твердої фази рослинної сировини різних морфологічних розмірів для одночасного досягнення рівноваги під час екстрагування її в суміші, враховуючи внутрішню структуру різних морфологічних органів, хімічну будову БАР, які вилучаються, і природу екстрагенту.

Вирішення цієї проблеми може бути досягнуто шляхом інтенсифікації процесу масообміну для цього виду рослинної сировини, час досягнення рівноваги якої є значно більшим порівняно з іншими видами сировини в суміші за одночасного екстрагування. Одним із вагомих факторів інтенсифікації внутрішньодифузійних процесів, а саме за таким механізмом здебільшого перебігає процес екстрагування рослинної сировини, є розмір частинки твердої фази [2]. Змінюючи розмір частинки твердої фази, ми можемо збільшувати або зменшувати час досягнення рівноваги, а значить, досягнути одночасного настання рівноваги для різних видів та різних морфологічних органів рослинної сировини.

У роботі наводиться метод аналітичного розрахунку розміру частинок, для якого слід подрібнювати рослинну сировину різних видів та морфологічних органів з метою одночасного досягнення рівноваги за сумісного екстрагування.

Теоретична частина. Аналітичне рівняння, яке описує процес екстрагування із твердої фази в різних інтерпретаціях, наводиться у [2, 4] і має такий вигляд:

$$C_1 = C_{1p} (1 - Ae^{-kt}) \quad (1)$$

або в логарифмічних координатах

$$\ln \left(1 - \frac{C_1}{C_{1p}} \right) = \ln A - kt, \quad (2)$$

де C_1 – поточна концентрація біологічно активних речовин в екстракті; C_{1p} – рівноважна концентрація біологічно активних речовин в екстракті; A – коефіцієнт, який відображає кількість зруйнованих (відкритих) клітин.

Чим менший розмір частинки твердої фази, тим більша питома поверхня, тим більша кількість зруйнованих клітин; k – коефіцієнт масоперенесення – це кількість речовини, яка екстрагується за одиницю часу t через одиницю площі поверхні масоперенесення. Власне величина k істотно залежить від розміру частинки твердої фази, яка підлягає екстрагуванню. З'ясування цієї залежності $k=f(d)$ рівною мірою, як і $A=f(d)$, дасть змогу прогнозувати розмір частинки твердої фази d за сумісного екстрагування.

$\left(1 - \frac{C_1}{C_{1p}} \right)$ – залишкова кількість біологічно активних речовин у рослинній сировині через

проміжок часу t . Умовно назвемо величину $\left(\frac{C_1}{C_{1p}} \right)$ – ступенем екстрагування і позначимо через S .

Умова досягнення однакового значення ступеня екстрагування у суміші двох і більше видів рослинної сировини запишеться

$$S_1 = S_2 = \dots = S_n = S, \quad (3)$$

де тут і далі індекс “1” відноситься до першого виду сировини, індекс “2” – до другого, індекс “n” – до n-го виду в суміші рослинної сировини. Умова одночасного досягнення рівноваги повинна задовольняти рівність

$$t_1 = t_2 = \dots = t_n = t. \quad (4)$$

Якщо задатися певним ступенем екстрагування, наприклад $S=95\%$, і записати рівняння (1) з врахуванням наведених позначень для кожного виду суміші, отримаємо алгебраїчну систему рівнянь (5), розв'язання якої дасть змогу розрахувати розмір частинки кожного виду рослинної сировини в суміші за сумісного екстрагування:

$$\begin{cases} (1 - S) = A_1 \exp(-k_1 t_1) \\ (1 - S) = A_2 \exp(-k_2 t_2) \\ \dots\dots\dots \\ (1 - S) = A_n \exp(-k_n t_n) \end{cases} \quad (5)$$

Здебільшого із зміною розміру частинок рослинної сировини різних морфологічних органів коефіцієнт A також змінюється і ця залежність, як правило, має прямолінійний характер [3, 5]. Коефіцієнт масопереносу k , як згадувалось вище, істотно залежить від розміру частинки твердої фази [3], і ця залежність може мати різноманітний характер [4]. Для технологічних розрахунків закономірності, за якими знаходять значення коефіцієнтів A та коефіцієнтів масопереносу k залежно від діаметра частинки твердої фази d , а для рослинної сировини різних морфологічних органів значення коефіцієнтів знаходять на основі експериментальних даних.

Експериментальна частина. Для з'ясування аналітичної залежності коефіцієнта масоперенесення k та коефіцієнта вимивання A від розміру частинки твердої фази d вивчали кінетику екстрагування окремих видів рослинної сировини, які входять до складу поліекстракту. У роботі як об'єкт дослідження використовували шишки хмелю та корені з кореневищами валеріани. У медицині препарати, отримані на основі такого поєднання, мають заспокійливу та протиаритмічну дію.

Сировину подрібнювали на лабораторній траворізці методом різання до розмірів 2×10^{-3} ; 3×10^{-3} ; 4×10^{-3} ; 5×10^{-3} м у випадку шишок хмелю, та 3×10^{-3} ; 4×10^{-3} ; 6×10^{-3} ; 8×10^{-3} ; 10×10^{-3} м у випадку кореня та кореневищ валеріани. Розмір частинки твердої фази встановлювали ситовим аналізом. Кінетику екстрагування досліджувальної сировини вивчали в апараті з мішалкою за температури 20°C . Як екстрагент використовували 40 % водно-спиртовий розчин. Співвідношення фаз становило 1–30 (тверде тіло–рідина). Одержані значення кінетики екстрагування шишок хмелю наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Кінетика екстрагування шишок хмелю

d ; [м]	t ; [с]	300	600	1200	2400	3000	3600	5000	6300
$2 \cdot 10^{-3}$	C_B ; [кг/м ⁻³]	6,40	5,97	6,80	7,71	7,94	8,10	8,29	8,40
	$\lg(1-(C_1/C_{1p}))$	-0,45	-0,54	-0,72	-1,09	-1,27	-1,45	-1,88	-
$3 \cdot 10^{-3}$	C_B ; [кг/м ⁻³]	4,53	5,16	6,12	7,28	7,61	7,85	8,16	8,28
	$\lg(1-(C_1/C_{1p}))$	-0,34	-0,41	-0,57	-0,87	-1,03	-1,18	-1,54	-1,87
$4 \cdot 10^{-3}$	C_B ; [кг/м ⁻³]	3,92	4,54	5,53	6,83	7,24	7,54	7,97	8,18
	$\lg(1-(C_1/C_{1p}))$	-0,27	-0,34	-0,47	-0,73	-0,86	-0,99	-1,29	-1,58
$5 \cdot 10^{-3}$	C_B ; [кг/м ⁻³]	3,11	3,71	4,71	6,12	6,60	6,99	7,59	7,92
	$\lg(1-(C_1/C_{1p}))$	-0,20	-0,25	-0,36	-0,57	-0,67	-0,77	-	-1,24

Підставивши відповідні експериментальні значення кінетики екстрагування у рівняння (2) в логарифмічних координатах, одержимо серію кінетичних кривих (рис. 1), за допомогою яких знаходимо значення коефіцієнта масоперенесення k та коефіцієнта вимивання A . Детальніше про порядок визначення величин k та A сказано в [2].

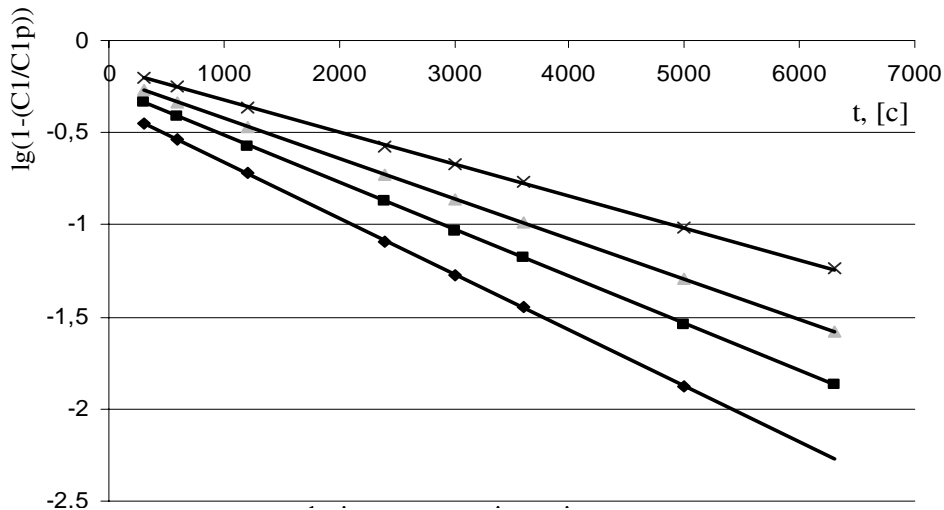


Рис. 1. Логарифмічна залежність кінетики екстрагування шишок схмелю

Аналіз отриманих значень коефіцієнтів масоперенесення k та коефіцієнтів вимивання A залежно від діаметра частинки твердої фази d (рис. 2, табл. 2) дає змогу записати такі аналітичні залежності:

для шишок хмелю

$$k = 0,099 d - 8,94 \cdot 10^{-4} ; \quad (6)$$

$$A = 88,0 d + 0,27. \quad (7)$$

Тоді загальне кінетичне рівняння екстрагування подрібнених шишок хмелю запишеться так:

$$C_1 = 8,4(1 - [88,0d + 0,272] \exp -[0,099d - 8,94 \cdot 10^{-4}]t). \quad (8)$$

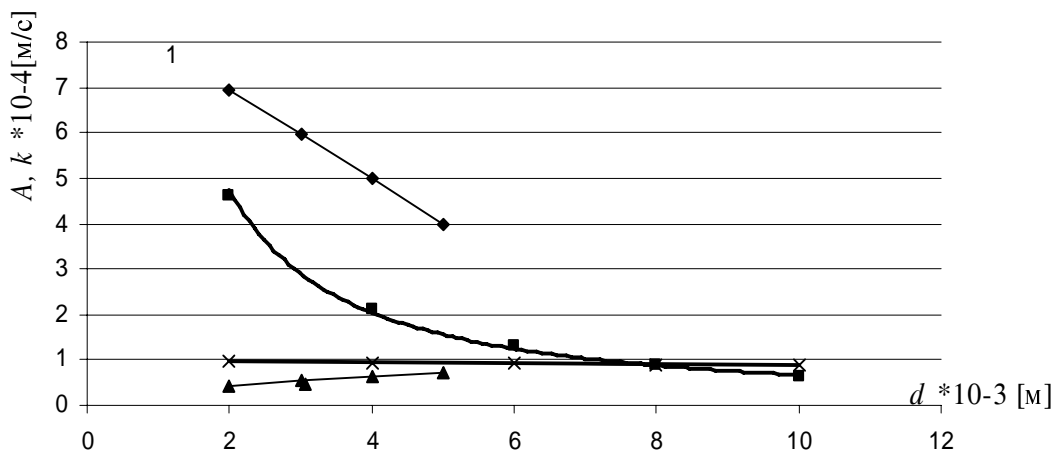


Рис. 2. Залежність $A=f(d)$:

1 – валеріяна; 3 – хміль; та $k=f(d)$ 2 – валеріяна; 4 – хміль

В аналогічний спосіб опрацьована кінетика екстрагування для кореня та кореневищ валеріани:

$$k = 2,77 \cdot 10^{-7} \cdot d^{-1,197} ; \quad (9)$$

$$A = 10,0 d + 0,87. \quad (10)$$

Загальне кінетичне рівняння екстрагування подрібнених коренів та кореневищ валеріани:

$$C_1 = 5,9(1 - [10,0d + 0,87] \exp -[2,77 \cdot 10^{-7} \cdot d^{-1,197}]t). \quad (11)$$

Для практичного використання одержаних рівнянь (8), (11) задаються ступенем екстрагування $\varepsilon=95\%$, діаметром частинки подрібнених кореня та кореневищ валеріани $d = 2 \cdot 10^{-3}$ м. Під-

ставляємо це значення у рівняння (11), логарифмуючи його, знаходимо в такий спосіб час досягнення заданого ступеня екстрагування t :

$$t = \frac{\ln(1 - 0,95) - \ln(10,0 \cdot 0,002 + 0,87)}{2,77 \cdot 10^{-7} \cdot 0,002^{-1,197}} = 6127,6 \text{ с.}$$

Таблиця 2

Кінетичні константи екстрагування кореня та кореневищ валеріани

$d \cdot 10^{-3}$ м	$k \cdot 10^{-4}$ м/с	A	Кінетичне рівняння
2,0	4,60	0,89	$C=5,9(1-0,89\exp(-4,6 \cdot 10^{-4}))t$
4,0	2,10	0,91	$C=5,9(1-0,91\exp(-2,1 \cdot 10^{-4}))t$
6,0	1,30	0,93	$C=5,9(1-0,93\exp(-1,3 \cdot 10^{-4}))t$
8,0	0,89	0,95	$C=5,9(1-0,95\exp(-8,9 \cdot 10^{-5}))t$
10,0	0,65	0,97	$C=5,9(1-0,97\exp(-6,5 \cdot 10^{-5}))t$

Одержане значення $t = 6127,6$ с підставляють у рівняння (8) за цього ж ступеня екстрагування $\epsilon=95$ % і знаходять діаметр, до якого слід подрібнити корені з кореневищами валеріани з метою одночасного досягнення рівноваги:

$$(1 - 0,95) = (88,0d + 0,27) \exp - (0,099d - 8,94 \cdot 10^{-4}) 6127,6.$$

Це рівняння є трансцендентним і для його розв'язання з метою знаходження діаметра d використовували ЕОМ. Знайдене значення діаметра становить $d = 4,87 \cdot 10^{-3}$ м. Одержаний результат підтверджується експериментальними даними, де видно, що до моменту часу 6127,6 с основна маса екстрактивних речовин в обох видах сировини перейшла в екстракт.

Висновок. Запропоновано метод розрахунку розмірів частинок твердої фази за сумісного екстрагування багатоконпонентних сумішей рослинної сировини.

1. Аксельруд Г.А., Лысянский В.М. *Экстрагирование в системе твердое тело-жидкость*. – Л.: Химия, 1974. – 367 с. 2. Дячок В.В. // *Фармац. журн.* – 1998. – № 3. – С. 69–72. 3. Дячок В.В., Іванків О.Л. // *Фармац. журн.* – 1997. – № 1. – С. 93–95. 4. Дячок В., Грошовий Т. та ін. // *Харчова промисловість*. – 1999. – № 9. – С. 1–2.