

## СОРБЦІЯ ІНДУСТРІАЛЬНОГО МАСЛА СПУЧЕНИМ ГРАФІТОМ

Н.І. Лазарєва, Р.Д. Мисик, В.І. Шологон, О.П. Ярошенко, М.В. Савоськін

*Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України  
вул. Рози Люксембург 70, 83114 Донецьк, e-mail: nina\_lazareva@rambler.ru*

*Встановлено, що сорбційна ємність спученого графіту при сорбції масла з його водної емульсії становить близько 20 г/г, що в 3,5 рази менше сорбційної ємності за чистим маслом. Сорбція масла на 60% визначається питомою поверхнею і на 40% - питомим об'ємом спученого графіту.*

*The sorption of industrial oil from its water emulsion by exfoliated graphite was shown to be about 20 g/g what is 3.5 times lower than that in case of pure oil. The material sorption capacity is determined mainly (for 60 %) by specific surface area, the rest (40 %) being provided due to its specific volume.*

### Вступ

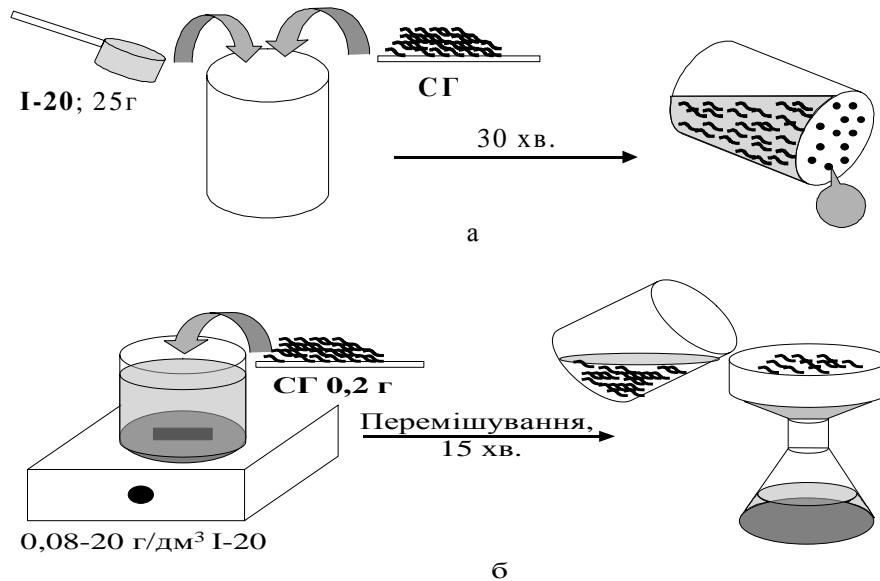
Раніше показано, що спучений графіт (СГ) є високоефективним сорбентом нафти (до 80 г/г) [1-5]. У роботах [6,7] було також запропоновано використання СГ як сорбента різноманітних типів жирів і масел, проте кількісні дані про сорбцію відсутні. Являє інтерес вивчення залежності сорбції індустриального масла спученим графітом від його характеристик і умов одержання. Для практичного застосування таких сорбентів важливим є також дослідження поведінки СГ при сорбції ним масла у чистому вигляді та з його водних емульсій.

### Експериментальна частина

Зразки сорбентів одержували шляхом нагрівання залишкового бісульфату графіту, синтезованого за методом [8], у муфельній печі в режимі теплового удару в діапазоні температур 300-900°C. При 300-500°C зразки витримували в печі протягом 5 хв., а при 600-900°C - протягом 2 хв. Для всіх зразків спученого графіту визначали питому поверхню ( $S_{sp}$ ) і питомий об'єм ( $V_{sp}$ ), а також питому сорбцію за індустриальним маслом. Питому поверхню визначали методом низькотемпературної адсорбції аргону. Питомий об'єм розраховували як величину, обернену насипній густині сорбента.

Сорбцію індустриального масла І-20 при 20°C вивчали методами прямої сорбції і сорбції з водної емульсії (рис. 1). У першому випадку до наважки сорбента в склянці додавали надлишок (25 г) масла і витримували протягом 30 хв.. Потім склянку закривали перфорованою металевією фольгою і зливали несорбоване масло протягом доби. Кількість сорбованого масла визначали за збільшенням маси [9]. У другому випадку готували емульсію в 1 дм<sup>3</sup> дистильованої води, варіюючи концентрацію масла в діапазоні 0,08-20 г/дм<sup>3</sup>, далі вносили близько 0,2 г сорбента і суміш перемішували протягом 15 хв. Потім сорбент кількісно відфільтровували на паперовому фільтрі, сушили при 100°C і зважували. За збільшенням маси розраховували величину сорбції. Поглинання масла

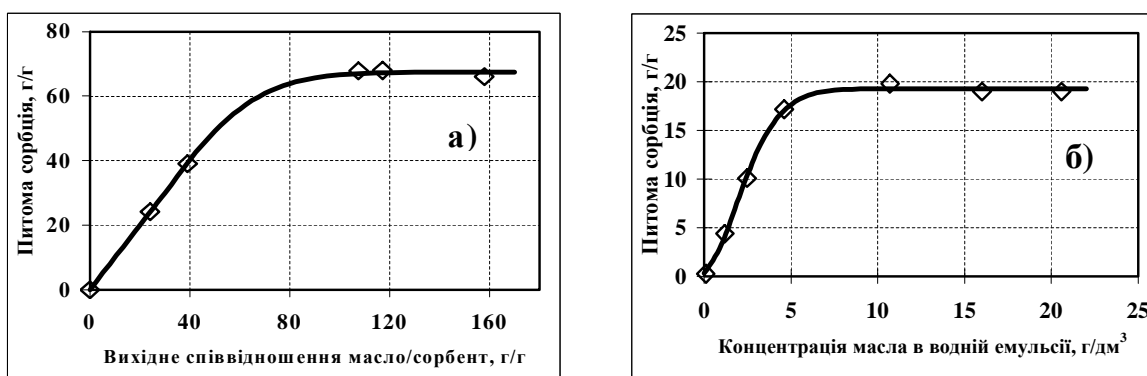
паперовим фільтром враховували за результатами контрольного експерименту. Спеціальними експериментами показано, що при висушуванні відсутні втрати сорбованого масла.



**Рис. 1.** Схеми експериментів: *а* - метод прямої сорбції, *б* - метод сорбції з водної емульсії.

### Результати та їхнє обговорення

З використанням методів прямої сорбції і сорбції з водної емульсії було одержано ізотерми сорбції індустріального масла сорбентом I-20, отриманим при 900 °С. Зазначений сорбент було обрано для одержання ізотерм з погляду максимального значення його питомої поверхні, питомого об'єму і максимальної сорбційної спроможності стосовно нафти [9]. Величини сорбції індустріального масла при кімнатній температурі спученим графітом, одержаним термоударом залишкового бісульфату графіту при 900°С, в залежності від співвідношення масло/сорбент та концентрації масла в водній емульсії наведено на рис. 2.



**Рис. 2.** Ізотерми сорбції спученим графітом: *а* - чистого масла; *б* - його водної емульсії.

Обидві криві є типовими для подібних сорбційних процесів. У випадку прямої сорбції зі збільшенням масового співвідношення між маслом і сорбентом питома сорбція зростає практично лінійно до співвідношення 60 г масла на 1 г сорбента (рис. 2, *а*). На цьому відрізку кривої тангенс кута нахилу зазначеної залежності близький до одиниці, тобто все масло, додане до спученого графіту, сорбується ним. При подальшому збільшенні

зазначеного співвідношення крива виходить на плато, початок якого відповідає співвідношенню масло/сорбент близько 100. Сорбційна ємність СГ за індустріальним маслом становить приблизно 70 г/г. Ця величина близька до сорбційної ємності даного сорбента за нафтою, визначеної таким же методом у роботі [9].

При сорбції масла з водної емульсії зі збільшенням концентрації приблизно до 4 г/дм<sup>3</sup> питома сорбція практично лінійно зростає, а потім виходить на плато (рис. 2, б). Максимальна сорбційна ємність СГ становить близько 20 г/г вже при концентрації масла в емульсії 6,7 г/дм<sup>3</sup>.

Для дослідження залежності сорбції від температури одержання сорбента використовували водну емульсію з концентрацією масла 6,7 г/дм<sup>3</sup>, що відповідає початку плато для СГ, одержаного при 900°C (він має максимальну сорбційну ємність). Структурні характеристики сорбентів, одержаних при різних температурах, та величини їхньої сорбційної ємності за маслом з водної емульсії наведено в таблиці.

**Таблиця.** Характеристики сорбентів, одержаних при різних температурах

Температура спучення, °С	Питома поверхня $S_{sp}$ , м <sup>2</sup> /г	Питомий об'єм $V_{sp}$ , см <sup>3</sup> /г	Ємність при сорбції масла з водної емульсії $W_{sp}$ , г/г
300	10	52	3,3
400	12	122	5,0
500	31	149	10,0
600	41	179	11,0
700	55	222	15,8
800	48	250	16,0
900	67	278	19,8

Сорбційна ємність СГ при сорбції масла з водної емульсії практично лінійно зростає зі збільшенням температури одержання сорбента. Це обумовлено лінійним ростом питомої поверхні і питомого об'єму сорбента.

Двохпараметрова лінійна регресійна залежність сорбційної ємності за маслом з його водної емульсії ( $W$ , г/г) для СГ, одержаних при температурах 300-900°C, від їхньої питомої поверхні і питомого об'єму описується рівнянням  $W=0,592 S_{sp}+0,415 V_{sp}$  ( $r=0,995$ ). При цьому, виходячи зі значень  $t$ -критерія Стьюдента при рівні довірчої імовірності 0,95, коефіцієнт при параметрі  $S_{sp}$  є значимим, а при параметрі  $V_{sp}$  знаходиться на межі значимості. Останнє, очевидно, пов'язано з наявністю сильної лінійної кореляції між параметрами  $S_{sp}$  і  $V_{sp}$  ( $r = 0,95$ ). Проте, одержані дані дозволяють зробити висновок про те, що при сорбції масла з водної емульсії значущими є величини питомого об'єму сорбента та його питомої поверхні. Аналіз рівняння регресії показує, що біля 60 % масла сорбується за рахунок поверхні сорбента і біля 40 % - за рахунок його об'єму.

Сорбційна ємність СГ при сорбції масла з водної емульсії є в 3,5 рази нижчою, ніж у випадку прямої сорбції. Таке різке зниження сорбційної ємності СГ не може бути обумовленим переважною сорбцією води, тому що його поверхня є гідрофобною. З цієї причини навіть при початковій сорбції води вона надалі буде витиснута зі структури СГ такою гідрофобною рідиною як масло. Ефект істотного зниження сорбції масла з водної емульсії порівняно з прямою сорбцією, можливо, пов'язаний зі зміною структури СГ графіту під дією води.

## Висновки

Спучений графіт є високоефективним сорбентом не лише для нафти, але і для індустріального масла. При цьому сорбція контролюється як питомим об'ємом, так і питомою поверхнею сорбента. На практиці як сорбент доцільно використовувати спучений графіт, що одержаний термоударом при 900°C і має максимальну сорбційну ємність. Сорбційна ємність такого сорбента за маслом, визначена методом прямої сорбції, складає близько 70 г/г. При сорбції масла з водної емульсії сорбційна ємність складає близько 20 г/г, що є також достатньою для ефективного застосування таких сорбентів.

## Література

1. Toyoda M., Moriya K., Inagaki M. Sorption mechanism of heavy oil into exfoliated graphite // EUROCARBON 2000, 1st World Conf. on Carbon (July 9-13, 2000, Berlin, Germany): Abstr. - V. II. - P.697-698.
2. Toyoda M., Inagaki M. Heavy oil sorption using exfoliated graphite. New application of exfoliated graphite to protect heavy oil pollution // Carbon. - 2000. - V. 38, N 2. - P.199-210.
3. Toyoda M., Moriya K., Aizawa J. Sorption and recovery of heavy oil by using exfoliated graphite. I. Maximum sorption capacity // Desalination. - 2000. - V. 128, N 3. - P.205-211.
4. Tryba B., Kalenczuk R.J., Morawski A.W. Particle size influence on properties of exfoliated graphite-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> for heavy oil sorption // 11<sup>th</sup> Int. Symp. Intercalated Compounds (May 27-31, 2001, Moscow, Russia): Abstr. - P.104.
5. Pat. USA 6306264 (2001). Method for producing expanded graphite / Kwon Y.B., Kwon O.Y., Choi S.W.
6. Pat. UK 2149769 (1985). Method of converting waste liquid into solid form / Atkinson A.W.
7. Pat. USA 5282975 (1994). Removal of oil from water / Maryasin I., Sandbank E., Shelef G.
8. Пат. України 34777 (2001). Спосіб одержання спученого графітового сорбента для нафти та нафтопродуктів / Ярошенко О.П., Савоськін М.В., Шологон В.І.
9. Savoskin M.V., Yaroshenko A.P., Shologon V.I. Oil sorption from water surface by expanded graphite // EUROCARBON 2000, 1<sup>st</sup> World Conf. on Carbon (July 9-13, 2000, Berlin, Germany): Abstr. - V. II. - P.673-674.