

Стеценко Н.О., Мірошников О.М., Манк В.В., Подобій О.В.
Національний університет харчових технологій, м. Київ

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ АДСОРБЕНТІВ УКРАЇНИ В ТЕХНОЛОГІЯХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Адсорбція із розчинів на поверхні твердих тіл є основою багатьох фізико-хімічних процесів. Поряд з активним вугіллям в останній час як адсорбенти широко застосовуються природні дисперсні мінерали, які ще називають глинистими мінералами. Завдяки пористій структурі та високорозвиненій поверхні такі мінеральні сорбенти здатні селективно вилучати з водних розчинів різні речовини, а їхня нетоксичність робить можливим використання цих реагентів для потреб різних галузей харчової промисловості. Природні дисперсні мінерали проявляють високі адсорбційні, каталітичні та іонообмінні властивості. Екологічна доцільність використання цих реагентів в різних технологічних процесах зумовлюється також існуванням ефективних методів регулювання їхньої геометричної структури та хімічної природи поверхні, наявністю в Україні великих промислових родовищ і невисокою вартістю глинистих мінералів.

На Україні виявлено більше 100 проявів бентонітових глин з сумарним запасом понад 100 млн. тон, які знаходять застосування в нафтопереробній галузі як адсорбенти і каталізатори, як пластифікатори при виробництві вогнетривких матеріалів, в оліє-жировій, виноробній та безалкогольній промисловості для освітлення масел, олій, вин, соків, для очистки напівпродуктів цукрової промисловості.

Великі родовища сапонітів знаходяться у Хмельницькій області, де їх поклади перевищують 90 млн. тон. Ці природні дисперсні мінерали можуть бути використані для адсорбційної очистки рідин, видалення радіонуклідів, підкормки домашньої птиці та худоби, що сприятиме кращому засвоєнню кормів і підвищенню ваги тварин.

Значні поклади глауконітів знайдено в районах Дніпровсько-Донецької западини, Придністров'я. Високі іонообмінні властивості роблять ці мінерали корисними для пом'якшення води та технологічних розчинів у харчовій промисловості, для очистки та декальцинації соків та сиропів цукрового виробництва, для очистки мінеральних масел і водних розчинів від органічних речовин та радіоактивного забруднення.

Цеоліти хліноптілоліт і морденіт у великих кількостях знайдені і промислово розробляються на Сокириницькому родовищі Закарпатської області. Вони використовуються як високоефективні сорбенти різних сполук з газових сумішей та розчинів; як молекулярні сита, оскільки кожний вид цеоліту сорбує молекули тільки певного розміру; як катіонообмінники та каталізатори. В харчовій промисловості ці реагенти можуть бути використані для зниження

твердості води, для проведення водопідготовки, очистки стічних вод, осушки газів і парів, в тому числі спиртових, для вилучення радіонуклідів.

Монтморилоніт та палигорськіт зосереджені в Черкаському родовищі. Завдяки високим адсорбційним властивостям вони можуть бути використаними в харчовій промисловості для очистки та освітлення вин, соків, олій, напівпродуктів цукрового виробництва.

Нами проведені дослідження адсорбційних властивостей деяких природних дисперсних мінералів України по відношенню до барвних речовин цукрового виробництва, які зумовлюють основну забарвленість цукрових соків, сиропів, утфелів та кристалічного цукру. Вихідні та рівноважні концентрації барвних речовин у водних розчинах визначали фотоколориметрично і спектрофотометрично на приладах КФК-2 і СФ-14 при рН (7,0 ± 0,2) у кварцевих кюветах з довжиною оптичного шляху 10⁻² м за рівняннями:

$$C_0 = \frac{1000D_0}{kl}; \quad C_p = \frac{1000D}{kl},$$

де C₀, C_p – початкова і рівноважна концентрації барвних речовин відповідно, кг/м³; D₀, D – оптична густина початкового і очищеного розчину відповідно; l – товщина шару розчину; k – коефіцієнт екстинкції. Значення коефіцієнта k для барвних речовин цукрового виробництва встановлені експериментально і становлять 1150 при довжині хвилі 420 нм і 250 при довжині хвилі 560 нм.

Питому адсорбцію барвників, кг/1 кг мінералу, визначали за рівнянням

$$a = \frac{(C_0 - C_p)V}{m},$$

де V – об'єм системи, м³; m – наважка мінералу, кг.

Ефективність видалення барвних речовин оцінювали за ефектом знебарвлення, %:

$$E = \frac{D_0 - D}{D_0} 100.$$

Силу сорбційної взаємодії визначали за значенням стандартного зменшення вільної енергії сорбції:

$$\Delta G = -RT \ln K,$$

де K – константа сорбційної рівноваги; R – універсальна газова стала; T – абсолютна температура.

**Основні параметри адсорбції барвних речовин
на природних дисперсних мінералах**

Адсорбент	a, кг/кг	-ΔG, кДж/кг	Ефект знебарвлення E, %
Палигорськіт	0,151	14,06	48,53
Глауконіт природний	0,080	13,01	36,04
Глауконіт сепарований	0,120	13,52	38,12
Карбонат кальцію	0,065	13,22	34,16

Для всіх сорбентів, що вивчалися, значення стандартного зменшення вільної енергії сорбції близькі між собою і лежать у межах 13...14 кДж/кг. За значенням $-\Delta G$, а отже, і за силою сорбційної взаємодії мінеральні сорбенти можна розмістити у такий ряд: палигорськіт > глауконіт сепарований > глауконіт природний > карбонат кальцію.

Із даних таблиці 1 видно, що найкращі адсорбційні властивості щодо барвних речовин цукрового виробництва має палигорськіт. Це можна пояснити особливостями будови мінералу, адсорбційна здатність якого визначається цеолітними каналами в структурі (первинні пори) і пористим простором пачок, в які агрегуються частинки мінералу (вторинна пористість). На відміну від палигорськіту, глауконіт має тільки зовнішню адсорбційну поверхню, а його пористість визначається лише щілинами між контактуючими частинками.

Адсорбція барвних речовин на природних дисперсних мінералах може бути зумовлена кількома механізмами взаємодії: ван-дерваальсовим, водневими зв'язками та внаслідок іонного обміну барвників та мінералів. Водневі зв'язки виникають при сорбції молекул барвника на активних (зовнішніх) гідроксильних групах мінералів. Отримані значення ΔG є характерним для перших двох взаємодій.

При збільшенні температури для всіх досліджених систем властиве зменшення кількості адсорбованої речовини, що вказує на переважно фізичний характер адсорбції.

Встановлено, що в присутності сахарози та гідроксиду кальцію (рН>10) мінеральні сорбенти незначно впливають на лужність середовища, знижуючи її на 0,05-0,2 одиниці. Цей факт є позитивним для технології цукру, яка вимагає підтримання високих значень рН середовища на рівні 9-11,5 одиниць. Вміст цукру в осаді мінералів, промитих водою в кількості 100 % до маси осаду, склав менше 1 %, що не перевищує відповідні показники промислового осаду.

На основі проведених досліджень визначені оптимальні параметри проведення процесу адсорбційного видалення барвних речовин природними дисперсними мінералами, зокрема палигорськітом та глауконітом: місце введення адсорбентів – сік II сатурації, температура – 70 °С, тривалість контакту – 30 хвилини.