

УДК 543.422.3:543.645.7

О. М. Чеботарьов, Т. М. Щербакова, В. А. Мамій, Л. В. Петренко

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
Кафедра аналітичної хімії,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна
e-mail: alexch@ukr.net

СОРБЦІЙНЕ ВИЛУЧЕННЯ ОФЛОКСАЦИНУ ГІДРАТОВАНИМИ ОКСИДАМИ АЛЮМІНІЮ І СИЛІЦІЮ

Досліджена сорбція офлоксацину (ОФЛ) на оксидах алюмінію (γ - Al_2O_3) різних кислотно-основних модифікацій – кислої $Al_2O_3(кисл)$, нейтральної $Al_2O_3(нейтр)$ і основної $Al_2O_3(осн)$ та на аморфних оксидах силіцію – силікагелі (СГ) L 5/40 і аеросилі А-300. Вивчені залежності ступеню вилучення (S%) від рН середовища, часу контакту фаз, маси навантаження сорбенту; побудовані ізотерми сорбції та досліджена десорбція антибіотику. Для всіх типів оксиду алюмінію помітне вилучення ОФЛ (~60%) спостерігається в інтервалі рН 4÷8 і сягає свого максимуму (80-85 %) при рН 7. Максимальний ступінь вилучення антибіотику на аеросилі А-300 і силікагелі L 5/40 реалізується при рН 6 і складає ~80%. Для всіх сорбентів спостерігається вихід ізотерм на плато; найбільш ефективна взаємодія ОФЛ реалізується з поверхнею $Al_2O_3(нейтр)$ та СГ L 5/40, що і підтверджується значеннями їх обмінної ємності та коефіцієнтами концентрування порівняно з іншими сорбентами. Вивчена десорбція ОФЛ з концентратів в статичному режимі розведеними розчинами HNO_3 та $NaOH$.

Ключові слова: антибіотики, офлоксацин, оксиди алюмінію і силіцію, сорбція, десорбція.

До антибіотиків (АБ) відносять речовини біологічного походження, що синтезуються мікроорганізмами і пригнічують ріст бактерій та інших мікробів, а також вірусів і клітин [1]. У зв'язку з вибіркоким характером їх дії АБ здатні пригнічувати життєдіяльність хвороботворних мікроорганізмів у концентраціях, що не ушкоджують клітин організму “господаря” і тому застосовуються для лікування різних інфекційних захворювань не лише людини, а і тварин та рослин [2, 3].

Так, АБ застосовують у тваринництві для лікування дизентерії свиней, сибірської виразки, пуллороза птахів, актиномікозу, бронхопневмонії, шлунково-кишкових захворювань молодняка, інших хвороб, а також в годуванні сільськогосподарських тварин для стимуляції їх росту та розвитку, скорочення строків відгодівлі і збільшення приросту, а у курей – несучесті. Для цього зазвичай використовують як чисті АБ, так і кормові препарати – неочищені продукти ферментації різних актиноміцетів, бактерій і цвілі [4]. Антибіотики значно підвищують стійкість рослин до грибкових і бактеріальних хвороб. Вони здатні збільшувати схожість насіння, прискорювати розвиток рослин, стимулювати коренеутворення [5]. Для зберігання смаку, кольору і решти корисних якостей м'яса тушки тварин оброблюють антибіотиком. Термін придатності риби і птиці значно збільшується, якщо перед довготривалим перевезенням занурити їх у розчин відповідного АБ або утримувати на льодовій стружці яка його містить [6]. Використання АБ у якості консервантів, наприклад, при зберіганні та транспортуванні молока без охолодження дозволяє подовжити термін придатності до 4 діб при 30°C [7].

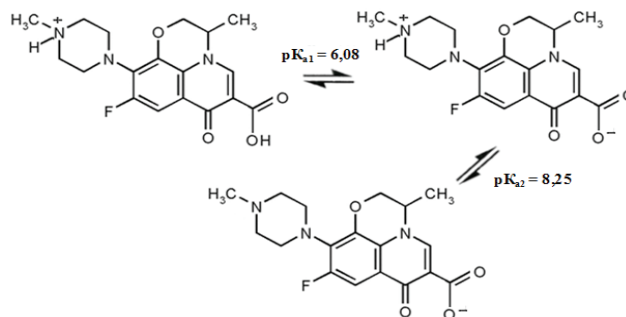
В той же час широке застосування АБ у сільському господарстві та харчовій промисловості може призвести до негативного впливу на стан здоров'я людей. У зв'язку з цим гостро стоїть проблема контролю за вмістом АБ в об'єктах різного походження. В своїй більшості визначення АБ проводять тривалими мікробіологічними методами (~80%) або з використанням хроматографії, наприклад, у варіанті ВЕРХ. Остання потребує кваліфікованого обслуговування достатньо складного обладнання. Тому виникає необхідність розробки відносно простих, чутливих та економічно вигідних методик з використанням сучасних і, в той же час, традиційних фізико-хімічних методів. Ураховуючи потребу на попередньому етапі хімічного аналізу виділення АБ з реальних об'єктів різних за хімічним складом, найбільш перспективними є так звані гібридні (комбіновані) методи. Вони об'єднують вилучення діючої речовини за допомогою сорбції, екстракції, співосадження та інших, з подальшим її визначенням, наприклад, найбільш поширеним спектрофотометричним методом. На цей час розробка таких комбінованих методик для визначення вказаного класу фармацевтичних речовин знаходиться на початкових стадіях дослідження.

В зазначених вище галузях широко використовуються антибіотики класу фторхінолонів, зокрема офлоксацин (ОФЛ) – антибактеріальний засіб, який застосовують для лікування інфекційно-запальних захворювань. Фторхінолони в організмі майже не метаболізують і мають властивість накопичуватися, в результаті чого потрапляють в продукти харчування, в першу чергу – у м'ясо і молоко. Тому є очевидною необхідність контролю вмісту ОФЛ у продуктах харчування.

В останні роки для вилучення і концентрування біологічно-активних речовин все більше значення набувають сорбційні методи з використанням органічних і неорганічних сорбентів [8]. Одним з напрямків кафедри аналітичної хімії є сорбційне вилучення антибіотиків різних класів з використанням оксигідратних та органічних сорбентів [9-10].

Метою даної роботи є оптимізація умов сорбції офлоксацину на оксидах алюмінію ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) різних кислотно-основних модифікацій – кислої Al_2O_3 (кисл), нейтральної Al_2O_3 (нейтр) і основної Al_2O_3 (осн) та на аморфних оксидах силіцію – силкагелі (СГ) L 5/40 і аеросилі А-300.

За хімічною будовою ОФЛ представляє собою фторхінолон, у молекулу якого введено атом фтору, а також присутній важливий для прояву протимікробної активності фрагмент піридона – шестичленне кільце з COOH -групою і кетогрупою. Молекули ОФЛ в залежності від рН середовища можуть знаходитися в трьох формах: катіона, аніона та цвіттер-іона [11].



Все це “a priori” дає нагоду стверджувати про ймовірну сорбційну активність ОФЛ в широкому інтервалі кислотності середовища.

Типи і кількість поверхневих функціональних груп та адсорбційно-активних центрів для оксидів алюмінію в ізоелектричних точках з рН 5,0 ($Al_2O_3(\text{кисл.})$); рН 8,0 – ($Al_2O_3(\text{нейтр.})$); рН 9,2 – ($Al_2O_3(\text{осн.})$), визначені в роботі [12]. Так, на поверхні $Al_2O_3(\text{кисл.})$ міститься $1,4 \cdot 10^{-4}$ моль/г позитивно заряджених груп —Al-OH_2^+ і —Al^+ ; на $Al_2O_3(\text{нейтр.})$ і $Al_2O_3(\text{осн.})$ вони відсутні; нейтральні групи —Al-OH в кількості $0,3 \cdot 10^{-4}$ моль/г визначені тільки для $Al_2O_3(\text{нейтр.})$; негативно заряджені функціональні групи —Al-O^- в кількості $1,2 \cdot 10^{-4}$ моль/г та $1,0 \cdot 10^{-4}$ моль/г містяться на поверхнях $Al_2O_3(\text{нейтр.})$ і $Al_2O_3(\text{осн.})$ відповідно.

Для оксидів силіцію ізоелектрична точка знаходиться в інтервалі рН 2,5-3,0. Тобто при значеннях рН нижче 2,0 поверхні заряджені позитивно за рахунок протонування силанольних груп (—Si-OH_2^+), а при більш високих значеннях рН (>3,0) – з’являються негативно заряджені адсорбційні центри за рахунок їх часткової дисоціації (—Si-O^-) [13].

Сорбенти, які використовувалися в роботі, мають наступну питому поверхню: Al_2O_3 – 100-300 м²/г; високодисперсний непористий аеросил А-300 – 300 м²/г; силікагель L 5/40 – 600-750 м²/г. Така розвинута питома поверхня для останнього пов’язана з наявністю пор, діаметр яких 5÷15 нм.

Визначення офлоксацину в розчинах проводилося спектрофотометричним методом на спектрофотометрі СФ-46 при $\lambda=291$ нм і рН 7. Для побудови градуювального графіку за методом найменших квадратів готували серію розчинів антибіотику, що відповідали концентраціям в інтервалі $0,5 \cdot 10^{-5}$ ÷ $4,0 \cdot 10^{-5}$ моль/л [14].

Для з’ясування характеру сорбції ОФЛ поверхнями оксидів алюмінію та силіцію вивчені залежності ступеню вилучення (S, %) від рН середовища, часу контакту фаз (хв.), маси наважки сорбенту (г); побудовані ізотерми сорбції та досліджена десорбція антибіотику.

Ступінь сорбції (S, %) знаходили за формулою:

$$S = \frac{C_{\text{вих}} - C_{\text{ривн}}}{C_{\text{вих}}} \cdot 100,$$

де $C_{\text{вих}}$ – концентрація АБ в вихідному розчині, моль/л; $C_{\text{ривн}}$ – концентрація АБ в рівноважному розчині після сорбції, моль/л.

Сорбцію досліджували в статичних умовах при масах наважки сорбентів 0,10÷0,30 г ($\Delta m = 0,05$ г) та часом встановлення сорбційної рівноваги в інтервалі $t = 30$ ÷180 хвилин і визначали рівноважну концентрацію ОФЛ.

Для всіх типів оксиду алюмінію хід кривих залежностей $S = f(\text{pH})$ є подібним (рис. 1). Помітне вилучення АБ (~60%) спостерігається в інтервалі рН4÷8 і сягає свого максимуму (80-85%) при рН 7. Це пов’язано з тим, що у вказаному діапазоні рН більшість поверхневих груп сорбентів знаходиться у незарядженому стані відповідно до значень їх ізоелектричних точок. При цьому іонно-молекулярний стан ОФЛ за наявності карбоксильної та аміногруп зі значеннями $pK_{a1}=6,08$ та $pK_{a2}=8,25$ відповідно [11], обумовлює утворення незарядженої цвіттер-йонної форми антибіотику у інтервалі рН 6÷8. Відмічений вище стан сорбату та оксидів алюмінію різної модифікації дозволяє стверджувати, що найбільш ймовірним чинником вилучення ОФЛ поверхнями оксидів алюмінію є водневі зв’язки та електро-статичні взаємодії типу іон-диполь.

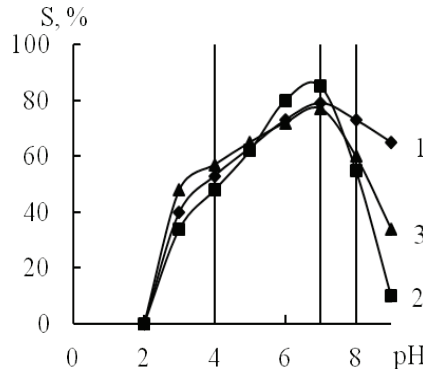


Рис. 1. Залежність ступеню сорбції офлоксацину на $Al_2O_{3(кисл)}$ (1), $Al_2O_{3(нейтр)}$ (2) і $Al_2O_{3(осн)}$ (3) від рН середовища. $C_{вих} = 1 \cdot 10^{-5}$ моль/л, $m_{сорб.} = 0,2$ г, $\tau = 120$ хв., $V_{ОФЛ} = 0,05$ л.

Відмінності кислотно-основних форм оксидів алюмінію виявляються при $pH > 8$. Так, на $Al_2O_{3(кисл)}$ (рис. 1, крива 1) зберігається достатньо високий відсоток вилучення ОФЛ (~65%), що пов'язано, як засвідчено вище, з наявністю позитивно заряджених сорбційних центрів. Найменший відсоток вилучення ОФЛ (~10%) спостерігається для $Al_2O_{3(нейтр)}$ з поверхневими незарядженими та негативно зарядженими групами (крива 2). Проміжне значення ступеню вилучення ОФЛ має $Al_2O_{3(осн)}$ (~30%), на поверхні якого знаходяться негативно заряджені групи (крива 3).

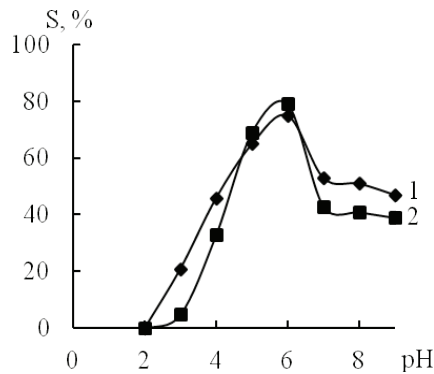


Рис. 2. Залежність ступеню сорбції офлоксацину на аеросилі (1) та силікагелі (2) від рН середовища. $C_{вих} = 1 \cdot 10^{-5}$ моль/л, $m_{сорб.} = 0,1$ г, $\tau = 30$ хв., $V_{ОФЛ} = 0,05$ л.

При сорбції ОФЛ оксидами силіцію (рис. 2) форми залежностей $S = f(pH)$ практично співпадають для обох сорбентів, що також свідчить про подібний механізм сорбції, але для аморфних кремнеземів.

З наведених залежностей $S = f(pH)$ сорбції ОФЛ на аеросилі А-300 (крива 1) і силікагелі L 5/40 (крива 2) (рис. 2) видно, що на обох сорбентах максимальний ступінь вилучення антибіотика реалізується при $pH 6$ і складає ~80%. При даному значенні pH ОФЛ знаходиться як у катіонній, так і у цвіттер-формі, а на поверх-

ні оксидів силіцію присутні як незаряджені силоксанові $[-Si-O-Si-]$ та силанольні групи $[-Si-OH]$, так і частково негативно заряджені групи $[-Si-O^-]$ [13], що і сприяє вилученню антибіотика. В кислому і лужному середовищі спостерігається значне зменшення сорбції, пов'язане із зростанням одноіменних зарядів як на поверхні сорбентів, так і в АБ.

Для встановлення механізму сорбції ОФЛ на всіх сорбентах були побудовані відповідні ізотерми (рис.3; 4). Кількість АБ в фазі сорбенту (Q , моль/г) визначали за формулою:

$$Q = \frac{C_{вих} - C_{рівн}}{m} \cdot V_{сорб},$$

де $C_{вих}$ – концентрація антибіотика у вихідному сорбційному розчині, моль/л; $C_{рівн}$ – концентрація антибіотика в рівноважному розчині, моль/л; $V_{сорб}$ – об'єм сорбційного розчину, л; m – маса наважки сорбенту, г.

Як видно з рис. 3 і 4 незалежно від природи твердої матриці та особливостей поверхневого покриву, всі ізотерми мають класичну форму L-типу. Це свідчить, що взаємодія між адсорбатом і адсорбційними центрами характеризується значною спорідненістю за рахунок утворення як водневих зв'язків, так і наявності значних електростатичних сил.

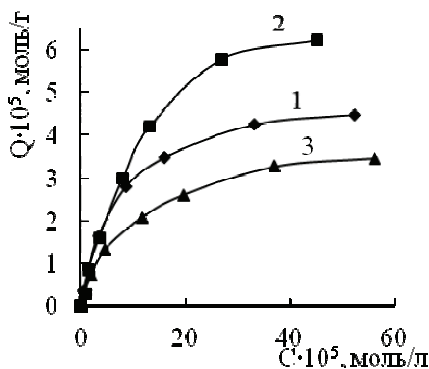


Рис. 3. Ізотерми сорбції офлоксацину на $Al_2O_{3(кисл.)}$ (1), $Al_2O_{3(нейтр.)}$ (2), $Al_2O_{3(осн.)}$ (3). $m_{сорб.} = 0,2$ г, $\tau_{сорб.} = 120$ хв, рН = 7.

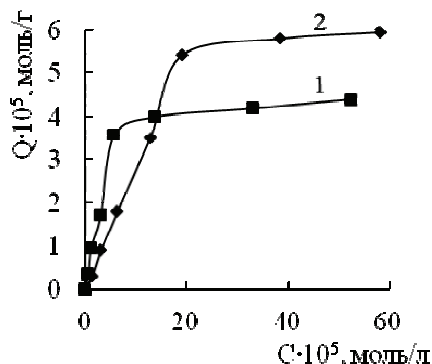


Рис. 4. Ізотерми сорбції офлоксацину на аеросилі А-300 (1) та силікагелі L 5/40 (2). $m_{сорб.} = 0,1$ г (СГ L 5/40) та $0,2$ г (А-300) г, $\tau_{сорб.} = 30$ хв, рН = 6.

Для всіх сорбентів спостерігається вихід ізотерм на плато, при чому найбільш ефективна взаємодія ОФЛ реалізується з поверхнею $Al_2O_{3(нейтр.)}$ та СГ L 5/40, що і підтверджується значеннями їх статичної обмінної ємності та коефіцієнтами концентрування порівняно з іншими сорбентами (табл. 1).

Для підтвердження механізму сорбції з урахуванням природи і кількості адсорбційних центрів і функціональних груп на поверхнях сорбентів, а також для оцінки міцності закріплення АБ вивчена його десорбція в статичному режимі роз-

веденими розчинами HNO_3 та NaOH з об'ємами 50 мл та часом контакту фаз 30 хв. (табл. 2).

Таблиця 1

Статичні обмінні ємності (СОЄ) досліджуваних сорбентів та коефіцієнти концентрування (D) офлоксацину

Сорбент	$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{кисл})$	$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{нейтр})$	$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{осн})$	СГ L 5/40	A-300
СОЄ·10 ⁻⁵ , моль/г	4,2	6,0	3,3	5,8	4,2
D	129	215	89	151	127

Ступінь десорбції ($S_{\text{дес}}$, %) знаходили за формулою:

$$S = \frac{C_{\text{дес}} \cdot V_{\text{дес}}}{n_{\text{сорб}}} \cdot 100,$$

де $C_{\text{дес}}$ – концентрація рівноважного розчину після десорбції, моль/л; $V_{\text{дес}}$ – об'єм розчинів HNO_3 або NaOH , л; $n_{\text{сорб}}$ – кількість сорбованого антибіотику, моль.

$$n_{\text{сорб}} = (C_{\text{вих}} - C_{\text{рівн}}) \cdot V_{\text{сорб}}$$

де $C_{\text{вих}}$ – вихідна концентрація антибіотику в сорбційному розчині, моль/л; $C_{\text{рівн}}$ – концентрація антибіотику в рівноважному розчині, моль/л, $V_{\text{сорб}}$ – об'єм сорбційного розчину, л.

Таблиця 2

Ступінь десорбції ОФЛ з його концентратів на оксидах алюмінію і силіцію розчинами HNO_3 та NaOH ($V_{\text{дес}} = 0,05$ л, $\tau_{\text{дес}} = 30$ хв.)

Водні розчини	С, моль/л	$S_{\text{дес}}$, %				
		Сорбент – ОФЛ				
		$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{кисл})$	$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{нейтр})$	$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{осн})$	СГ L 5/40	A-300
HNO_3	1·10 ⁻⁵	52	55	76	32	13
	1·10 ⁻⁴	60	59	77	35	22
	1·10 ⁻³	68	66	80	50	37
NaOH	1·10 ⁻⁵	52	45	62	27	16
	1·10 ⁻⁴	68	59	76	32	18
	1·10 ⁻³	76	66	90	59	41

Як видно з табл. 2, для всіх досліджуваних систем спостерігається зростання ступеню десорбції при збільшенні концентрації розчинів HNO_3 і NaOH . Десорбція з поверхонь оксидів алюмінію відбувається приблизно в 2-3 рази краще, ніж з оксидів силіцію при однакових концентраціях кислоти та луку. Дещо більший від-

соток десорбції ($S_{\text{дес}} = 80-90\%$) ОФЛ для $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{осн})$, ніж у разі $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{кисл})$ та $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{нейтр})$ виявляється меншим і відповідним значенням його статичної обмінної ємності і коефіцієнта концентрування (табл. 1).

У випадку аморфних кремнеземів найбільш міцне закріплення ОФЛ відбувається поверхнею аеросилу А-300 (десорбція розчинами HNO_3 або NaOH з концентрацією $1 \cdot 10^{-5}$ моль/л складає 13 – 16 %). Для силкагелю L5/40 десорбція досягає 27 – 32%, що може бути пояснене різною кислотністю поверхневих силанольних груп досліджуваних оксидів силіцію. Як показано в роботі [13], у випадку макропористого силкагелю згідно відповідних констант ($pK_1 = 5,92$; $pK_2 = 7,24$) спостерігається послаблення кислотності порівняно з непористим кремнеземом А-300 ($pK_1 = 5,75$; $pK_2 = 6,56$).

Одержані результати з сорбції офлоксацину на досліджуваних сорбентах та його десорбції, а також раніше показана нами [10] можливість утворення забарвленої комплексної сполуки з ферумом (III) ($\lambda = 440$ нм) в подальшому дозволить розробити як візуально-колориметричний метод напівкількісного визначення ОФЛ на поверхні придатного сорбенту, так і спектрофотометричного – у розчинах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках. М.: Изд-во МГУ, 1994. – 512 с.
2. Воробьев А.А. Медицинская и санитарная микробиология. М.: Академия, 2003. – 464 с.
3. Машковский М.Д. Лекарственные средства. М.: Новая волна, 2005. – 142 с.
4. Леонов Н.И., Скрябин Г.К., Солнцева К.М. Антибиотики в животноводстве. М.: Сельхозиздат, 1962. – 232 с.
5. Король И.Т. Микробиологическая защита растений. М.: Колос, 1993. – С. 75 – 79.
6. Нечаев А.П. Пищевые добавки. – М.: Колос, 2002. – 256 с.
7. ДСТУ України 3662 – 97 “Молоко і молочні продукти”.
8. Удалова А.Ю., Апяри В.В., Дмитриенко С.Г. Выбор сорбента для концентрирования окситетрациклина из растворов // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 2. Химия. – 2013. – Т. 54, № 4. – С.221-226.
9. Чеботарьев О.М., Щербакова Т.М., Мамий В.А., Щербаков С.В., Бабченко І.С. Сорбційне вилучення гентаміцину на оксиді алюмінію різної кислотно-основної модифікації // Збірник наукових статей Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми Чорного моря». Одеса, 01-02 листопада 2012 р. – С. 198-201.
10. Щербакова Т.М., Петренко Л.В., Чеботарьев О.М., Мамий В.А., Бабченко І.С. Комплексоутворення окситетрацикліну та офлоксацину з ферумом (III). // Тези доповідей XV наукової конференції «Львівські хімічні читання – 2015». Львів, 24-27 травня 2015 року. – С.Н 37, А 14.
11. Goyne K.W., Chorover J., Kubicki J.D., Zimmerman A.R., Brantley S.L. Sorption of the antibiotic ofloxacin to mesoporous and nonporous alumina and silica // J. Colloid Interface Sci. – 2005. – Vol. 283, N 1. – P. 160-170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2004.08.150>
12. Чеботарев А.Н., Щербакова Т.М., Курта Е.М., Трущ Е.В. Кислотно-основные и адсорбционные свойства оксида алюминия // Вісник ОНУ. Хімія. – 2006. – Т. 11, № 8. – С. 112-120.
13. Чеботарев А.Н., Маркова В.Г., Нуеун Данг Дык. Протолитические свойства кремнеземных сорбентов // Украинский химический журнал – 1991. – Т. 57, № 10. – С. 1073-1076.
14. Сливкин А.И., Карлов П.М., Сипливая Л.Е. Выделение и анализ фторхинолонов в субстанциях, лекарственных формах и биожидкостях с использованием хроматографии и спектрофотометрии // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2009. – Т.9, № 2. – С. 288-295.

Стаття надійшла до редакції 03.10.2016

А. Н. Чеботарев, Т. М. Щербакова, В. А. Мамий, Л. В. Петренко
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
Кафедра аналитической химии,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина
e-mail: alexch@ukr.net

СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ОФЛОКСАЦИНА ГИДРАТИРОВАННЫМИ ОКСИДАМИ АЛЮМИНИЯ И КРЕМНИЯ

Исследована сорбция офлоксацина (ОФЛ) – антибиотика класса фторхинолонов на оксидах алюминия ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) различных кислотно-основных модификаций – кислой Al_2O_3 (кисл), нейтральной Al_2O_3 (нейтр) и основной Al_2O_3 (осн), а также на аморфных оксидах кремния – силикагеле (СГ L5/40) и аэросиле А-300. Определение офлоксацина в растворах проводилось спектрофотометрическим методом на спектрофотометре СФ-46 при $\lambda = 291$ нм и рН 7. Для выяснения характера сорбции ОФЛ поверхностями гидратированных оксидов алюминия и кремния изучены зависимости степени извлечения (S%) от рН среды, времени контакта фаз, массы навески сорбента; построены изотермы сорбции и исследована десорбция антибиотика. Заметное извлечение ОФЛ (~ 60%) наблюдается в интервале рН 4 ÷ 8 и достигает своего максимума (80-85%) при рН 7.

Максимальная степень извлечения антибиотика на аэросиле А-300 и силикагеле L 5/40 реализуется при рН 6 и составляет ~ 80%. Сравнительный анализ форм построенных изотерм (L – тип) свидетельствует о значительном сродстве исследованных гидратированных оксидов к сорбату. Подтверждением этому является значение их статических обменных емкостей и коэффициентов концентрирования. Различия в количественных характеристиках сорбции оксидами алюминия и кремния связаны с природой и кислотно-основными свойствами их адсорбционных центров. При изучении десорбции ОФЛ из концентратов в статическом режиме разбавленными растворами HNO_3 и NaOH установлено, что рост степени десорбции наблюдается при увеличении их концентрации. Десорбция происходит примерно в 2-3 раза лучше в случае оксидов алюминия, чем для оксидов кремния при тех же концентрациях кислоты и щелочи. Это служит еще одним подтверждением участия в сорбции различных по силе взаимодействий физико-химического характера.

Ключевые слова: антибиотики, офлоксацин, оксиды алюминия и кремния, сорбция, десорбция.

A. N. Chebotarev, T. M. Scherbakova, V. A. Mamy, L. V. Petrenko
Odessa I. I. Mechnikov National University,
Department of Analytical Chemistry,
Dvoryanskaya str., 2, Odessa, 65082, Ukraine
e-mail: alexch@ukr.net

THE SORPTION OF OFLOXACIN BY HYDRATED ALUMINA AND SILICON

The sorption of ofloxacin (OFL) – the antibiotic from class of fluoroquinolones has been studied on alumina ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) different acid-base modifications – acidic Al_2O_3 (acidic), neutral Al_2O_3 (Neutral) and the basic Al_2O_3 (core) and amorphous silica – silica gel (SG) L 5/40 and aerosil A-300. Determination of ofloxacin in solutions has been carried out by spectrophotometry on spectrophotometer SF-46 at $\lambda = 291$ nm and acidity 7. To clarify the nature of the sorption surfaces of OFL hydrated on aluminum and silicon oxides were studied according to

the degree of extraction (S%) from pH, contact time of the phases (min.) sample from the sorbent mass (g); sorption isotherms were built and antibiotic desorption was studied. The OFL significant recovery (~ 60%) is observed at the pH range of 4 ÷ 8, and reaches its maximum (80-85%) at pH 7.

The maximum degree of extraction of the antibiotic on aerosil A-300 and L 5/40 silica realized at pH 6 and it was ~ 80%. Comparative analysis of the forms constructed isotherms (L – type) indicates a significant affinity investigated hydrated oxides to sorbate. The value of the static exchange capacity and concentration ratios can proof that. Differences in the quantitative characteristics of sorption of aluminum and silicon oxides are associated with nature and the acid-base properties of adsorption sites. In the study of the OFL concentrates desorption in static mode dilute NaOH and HNO₃ solutions it was found that growth desorption degree occurred with increasing concentration. Desorption was 2-3 times better in the case of aluminum oxide than silicon oxide when there were the same concentrations of acid and alkali. This is another confirmation of the participation in various sorption interactions forces of physical and chemical nature.

Keywords: antibiotic, ofloxacin, aluminum and silicon oxides, adsorption, desorption.

REFERENCES

1. Egorov N.S. *Osnovy uchenija ob antibiotikah*. Moscow, Izd-vo MGU, 1994, 512 p. (in Russian)
2. Vorob'ev A.A. *Medicinskaja i sanitarnaja mikrobiologija*. Moscow, Akademija, 2003, 464 p. (in Russian)
3. Mashkovskij M.D. *Lekarstvennye sredstva*. Moscow, Novaja volna, 2005, 142 p.
4. Leonov N.I., Skrijabin G.K., Solncev K.M. *Antibiotiki v zhivotnovodstve*. Moscow, Sel'hozizdat, 1962, 232 p. (in Russian)
5. Korol' I.T. *Mikrobiologicheskaja zashhita rastenij*. Moscow, Kolos, 1993, pp. 75-79. (in Russian)
6. Nechaev A.P. *Pishhevye dobavki*. Moscow, Kolos, 2002, 256 p. (in Russian)
7. DSTU Ukraini 3662–97 “Moloko i molochni produkti”. (in Ukrainian)
8. Udalova A.Ju., Apjari V.V., Dmitrienko S.G. *Vybor sorbenta dlja koncentrirovanija oksitetraciklina iz rastvorov*. Vestn. Mosk. Un-ta. Ser. 2. Himija, 2013, vol. 54, no 4, pp. 221-226. (in Russian)
9. Chebotarev O.M., Scherbakova T.M., Mamij V.A., Shherbakov S.V., Babchenko I.E. *Sorbciyne viluchennja gentamicinu na oksidi aljuminiju riznoi kislотно-osnovnoi modifikacii*. Zbirnik naukovih statej Mizhnarodnoi naukovopraktichnoi konferencii “Ekologichni problemi Chornogo morja”. Odesa, 2012, pp. 198-201. (in Ukrainian)
10. Scherbakova T.M., Petrenko L.V., Chebotarev O.M., Mamij V.A., Babchenko I.E. *Kompleksoutvorennja oksitetraciklinu ta ofloksacinu z ferumom (III)*. Tezi dopovidej XV naukovoi konferencii “L'viv'ski himichni chitannja – 2015”. L'viv, 2015, pp. H 37, A 14. (in Ukrainian)
11. Goynes K.W., Chorover J., Kubicki J.D., Zimmerman A.R., Brantley S.L. *Sorption of the antibiotic ofloxacin to mesoporous and nonporous alumina and silica* J. Colloid Interface Sci., 2005, vol. 283, no 1, pp. 160-170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2004.08.150>
12. Chebotarev A.N., Scherbakova T.M., Kurta E.M., Trushch E.V. *Kislотно-osnovnye i adsorbcionnye svojstva oksida aljuminija*. Visn. Odes. nac. univ., Him., 2006, vol. 11, no 8, pp. 112-120. (in Russian)
13. Chebotarev A.N., Markova V.G., Nguen Dang Dyk. *Protolicheskie svojstva kremnezemnyh sorbentov*. Ukr. khim. zhurn., 1991, vol. 57, no 10, pp. 1073-1076. (in Russian)
14. Slivkin A.I., Karlov P.M., Siplivaya L.E. *Extraction and analysis fluoroquinolones in substances, remedies and biological fluids with usage of chromatography and spectrophotometry*. Sorbtsionnye i Khromatograficheskie Protsessy. 2009, vol. 9, no 2, pp. 288-295. (in Russian)