

УДК 544.723:547.458.88:621.039.574.5

<https://doi.org/10.24959/ubphj.20.264>

М. В. Халавка, О. А. Рубан, Л. М. Хохлова, Т. М. Гонтова,
А. П. Краснопорова*, Г. Д. Юхно*

Національний фармацевтичний університет, Україна

* НДІ хімії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, Україна

Вивчення сорбції довгоживучих радіонуклідів ^{90}Sr і ^{137}Cs яблуневим та соняшниковим пектинами *IN VITRO*

Актуальність. Природні ентеросорбенти, а саме пектини, є доступними і широко розповсюдженими субстанціями, здатними не тільки виводити токсичні речовини, а й регулювати мінеральний обмін і кислотно-лужну рівновагу в організмі. Пошук нових і перспективних сорбентів природного походження з метою очищення організму від важких металів і радіонуклідів є актуальною проблемою.

Метою роботи було вивчення сорбції довгоживучих радіонуклідів ^{90}Sr і ^{137}Cs яблуневим та соняшниковим пектинами.

Матеріали та методи. У роботі використані пектини яблуневий (СЕ = 78,28 високоетерифікований) та соняшниковий (СЕ = 26,58 низькоетерифікований), отримані на базі ТОВ «Дослідний Завод ДНЦЛЗ».

Результати та їх обговорення. Визначали кількісні характеристики взаємодії сорбентів з радіонуклідами ^{90}Sr і ^{137}Cs , за результатами яких будували кінетичні криві обміну.

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено наявність помірної поглинаючої здатності у пектинів яблуневого та соняшникового, що має лінійну залежність від рН середовища.

Ключові слова: пектини; радіонукліди; сорбція

M. Khalavka, O. Ruban, L. Khokhlova, T. Gontova, A. Krasnopyorova*, G. Yukhno*

National University of Pharmacy, Ukraine

* Research Institute of Chemistry, V. N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

Study of ^{90}Sr and ^{137}Cs long-living radionuclides sorption using apple and sunflower pectins *in vitro*

Topicality. Natural sorbents, pectins are accessible and widespread substances that can not only excrete toxic substances but also regulate mineral metabolism and acid-base balance in the body. The search for new and promising natural sorbents to purify the body of heavy metals and radionuclides is currently actual problem.

Aim. To study the ^{90}Sr and ^{137}Cs long-lived radionuclides sorption using apple and sunflower pectins.

Materials and methods. We used pectins: apple (SE = 78.28 highly esterified) and sunflower (SE = 26.58 low esterified).

Results and discussion. Quantitative characteristics of the interaction of sorbents with ^{90}Sr and ^{137}Cs radionuclides have been determined, and kinetic exchange curves constructed.

Conclusions. According to the results of the researches, the presence of moderate absorption capacity of apple and sunflower pectins has been established, having a linear dependence on the pH medium.

Key words: pectins; radionuclides; sorption

М. В. Халавка, О. А. Рубан, Л. М. Хохлова, Т. М. Гонтова, А. П. Красноперова*, Г. Д. Юхно*

Національний фармацевтичний університет, Україна

* НІІ хімії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, Україна

Изучение сорбции долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs яблочным и подсолнечниковым пектинами *in vitro*

Актуальность. Природные энтеросорбенты, а именно пектины, являются доступными и распространенными субстанциями, способными не только выводить токсичные вещества, но и регулировать минеральный обмен и кислотно-щелочное равновесие в организме. Поиск новых и перспективных сорбентов природного происхождения для очищения организма от тяжелых металлов и радионуклидов является актуальной проблемой.

Целью работы было изучение сорбции долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs яблочным и подсолнечниковым пектинами.

Материалы и методы. В работе использованы пектины яблочный (СЕ = 78,28 высокоэтерифицированный) и подсолнечниковый (СЕ = 26,58 низкоэтерифицированный), полученные на базе ООО «Дослідний Завод ДНЦЛЗ».

Результаты и их обсуждение. Определить количественные характеристики взаимодействия сорбентов с радионуклидами ^{90}Sr и ^{137}Cs , по результатам которых строили кинетические кривые обмена.

Выводы. По результатам проведенных исследований установлено наличие умеренной поглощающей способности у пектинов яблочного и подсолнечникового, что имеет линейную зависимость от рН среды.

Ключевые слова: пектины; радионуклиды; сорбция

ВСТУП

В умовах високого антропогенного навантаження на навколишнє середовище в організм людини потрапляє цілий ряд шкідливих речовин, в тому числі радіонуклідів та важких металів.

Проблема забруднення навколишнього середовища і живих організмів радіонуклідами стала особливо актуальною після аварії на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС) [2].

Незважаючи на те, що пік дії найбільш небезпечних короткоживучих радіоактивних елементів давно минув (про це, зокрема, свідчать результати спостереження за вмістом радіонуклідів у крові людей в перші 12 місяців після аварії), медицина в теперішній час зіткнулася з таким негативним явищем, як опромінення малими дозами радіації, джерелами якої є інкорпоровані в організмі радіонукліди стронцію, цезію, полонію, плутонію тощо [4].

Наразі існують три основні способи нейтралізації і виведення з організму важких металів і радіонуклідів, які з хімічної точки зору характеризуються як [3-5]: осадження, комплексоутворення, сорбція (включаючи іонообмінний механізм) [8].

За першим способом важкі метали і радіонукліди осаджують у вигляді нерозчинних сульфатів і сульфідів, використовуючи в якості антидотів розчини сульфату, тиосульфату або сульфиду натрію.

Другий спосіб заснований на тому, що комплексоутворювачі, серед яких унітіол, цистеїн, імеркапто-бурштинова кислота, пеніциламін, тетацін-кальцій та ін., формують з катіонами металів більш міцний зв'язок, ніж -SH групи білків організму людини. Утворені сполуки малотоксичні, водорозчинні і легко виводяться з сечею. Осадження і детоксикацію за допомогою комплексоутворювачів (хелатотерапії) застосовують для швидкої або невідкладної допомоги при гострих або хронічних отруєннях металевими отрутами [3, 4].

Зв'язування іонів металів при осадженні та комплексоутворенні практично незворотне, чого не можна сказати про адсорбцію (це підтверджується відповідними константами рівноваги або коефіцієнтами розподілу). Тому детоксикацію за допомогою адсорбції розглядають швидше як спосіб поступового виведення металів і радіонуклідів шляхом курсового прийому ентеросорбентів (виняток становить одноразове введення великої дози активованого вугілля при гострому отруєнні токсичними металами).

Лікувальний метод ентеросорбції охоплює два останні способи виведення металів – шляхом комплексоутворення і адсорбції при дотриманні наступних умов:

а) сорбент або комплексоутворювач вводять безпосередньо в шлунково-кишковий тракт (ШКТ);

б) комплексоутворювач у рідкому середовищі повинен зберігати конденсований стан у вигляді набухаючого гелю.

За медичною термінологією лікарський засіб, що задовольняє даним вимогам, незалежно від способу зв'язування металів називають «ентеросорбентом».

Для виведення токсичних металів і радіонуклідів запропоновано велику кількість неспецифічних і специфічних ентеросорбентів як природного, так і синтетичного походження, які можна розділити на чотири основні групи:

- вуглецеві сорбенти натурального і синтетичного походження;
- природні полімери: полісахариди і лігнін;
- алюмосилікатні і глинисті матеріали: цеоліти, сапоніт та ін.;
- комбіновані препарати: суміші, композити.

Оскільки синтетичні ентеросорбенти дозволено використовувати тільки періодично і обмежено, виникла та існує гостра необхідність кожного дня приймати безпосередньо або доповнювати індивідуальний традиційний раціон харчування абсолют-но нешкідливими детоксикантами.

Перевагами природних ентеросорбентів є їхня широка розповсюдженість і доступність, здатність не тільки виводити токсичні речовини, а й регулювати мінеральний обмін і кислотно-лужну рівновагу в організмі. Окрім того, вони можуть використовуватися в якості носіїв для біологічно активних речовин (ферментів, вітамінів тощо) і виступати як пролонгатори їх дії.

Тому методи очищення організму від важких металів і радіонуклідів, засновані на застосуванні сорбентів природного походження, є найбільш ефективними [7].

До найбільш ефективних натуральних сорбентів відносяться пектини – складні гетерополісахариди, що входять до класу полігалактуриноз, кислих рослинних полісахаридів.

Це природні високомолекулярні ланцюгові полімери з поперечним розміром перерізу одиничного ланцюга 0,9-2,0 нм, які входять до складу вижимок з рослинної сировини (наприклад, з цитрусових, яблучних, гарбузових та інших) та завдяки своїй полімерній структурі чинять комплексоутворюючу та детоксикаційну дію, активізують імунну систему людини, підвищують її адаптаційні можливості.

Пектини належать до слабкислотних природних іонообмінників, які містять -ОН та -COOH групи, що обумовлює їх сорбційні властивості щодо катіонів металів, у тому числі радіонуклідів [5].

Пектинові полісахариди, отримані з різної сировини, мають різний компонентний склад і по-різному формують гелі з водою, цукром, кислотою або кальцієм.

Найголовнішим показником якості та властивостей пектинів є ступінь етерифікації, який характеризується відношенням метоксильованих (етерифікованих) карбоксильних груп полігалактуринової кислоти.

За хімічною структурою пектини поділяють на високоетерифіковані і низькоетерифіковані, які утворюють гель різними способами. Для утворення стійкого гелю з пектинів зі ступенем етерифікації, що перевищує 50 % і має високу молекулярну масу, необхідні низький показник рН (близько 3,0) і присутність цукрів.

Низькоетерифіковані пектини утворюють гель у присутності іонів кальцію або інших полівалентних металів, причому в широких межах рН. Відомо, що ступінь етерифікації пектинів впливає на їх активність комплексоутворення і є головним механізмом взаємодії з іонами важких металів – іонний обмін: $(RCOOH)_n + Me^{m+} \rightarrow (RCOOMe)_n + mH^+$.

Одночасно з цим повинно вирішуватися завдання щодо вивчення сорбційних властивостей вже відомих речовин (або видів рослинної сировини) для розробки препаратів на їх основі.

Зокрема, кошики соняшника, які в значних кількостях отримують в якості вторинної сировини при реалізації технологічного процесу і не знаходять раціонального застосування, можуть бути перспективним джерелом пектинових речовин.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

У роботі використано пектин яблуневий (СЕ = 78,28 високоетерифікований) та пектин соняшниковий (СЕ = 26,58 низькоетерифікований), отримані на базі ТОВ «Дослідний Завод ДНЦЛЗ». Препаратом порівняння слугувало вугілля активоване.

Сорбційну здатність зразків відносно радіонуклідів вивчали за допомогою методу статичної сорбції при 298,15 К та значеннях рН 2,0; 5,0; 7,0 та 9,0. Розчини радіонуклідів використовували без носіїв (^{90}Sr ($1,8 \cdot 10^7$ Бк/дм³) і ^{137}Cs ($3,2 \cdot 10^7$ Бк/дм³)). Дослідження проводили на базі НДІ хімії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Наважки сорбентів 0,1 г перемішували з 10 мл розчинів, які містять радіонукліди ^{90}Sr і ^{137}Cs , до вста-

новлення рівноваги. З метою визначення сорбційної рівноваги через 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 6 годин відбирали аликвоти розчину та вимірювали їх радіоактивність. Сталість радіоактивності двох послідовно відібраних проб свідчила про сорбційну рівновагу в системі. Активність модельних розчинів до та після встановлення сорбційної рівноваги визначали за стандартною методикою встановлення активності сухого залишку 0,2 мл аликвоти розчину. Час, що відповідає рівноважній активності розчину, визначався графічно. Радіоактивність сухого залишку вимірювали за допомогою радіометра а-б-автомат NRR-610 «Tesla». Статистична похибка дослідів не перевищувала 5 %.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Кількісні характеристики взаємодії сорбентів з радіонуклідами визначали за коефіцієнтом розподілу (Kd), який розраховували за формулою:

$$K_d = \frac{(I_0 - I_{eq}) \cdot V}{I_{eq} \cdot m},$$

де: I_0 і I_{eq} – радіоактивність початкового і рівноважного розчинів відповідно; V – загальний об'єм розчину, мл; m – маса сорбента, г.

Поряд з Kd для кількісної характеристики сорбції часто використовується коефіцієнт сорбції Ks:

$$K_s = \frac{I_0 - I_{eq}}{I_0} \cdot 100 \text{ \%}.$$

Величина Ks дозволяє одержати наочну інформацію про захват (%) радіонукліду сорбентом [7].

Аналіз експериментально одержаних кінетичних кривих обміну (рис. 1, 2) радіонуклідів на вивчених сорбентах показав, що рівновага між рідкою та твердою фазами досягається вже через 2 години і залежить від селективності пектинів та фізико-хімічних характеристик іонів.

Серед факторів, які впливають на сорбційну здатність цих сорбентів, основним є рН [7].

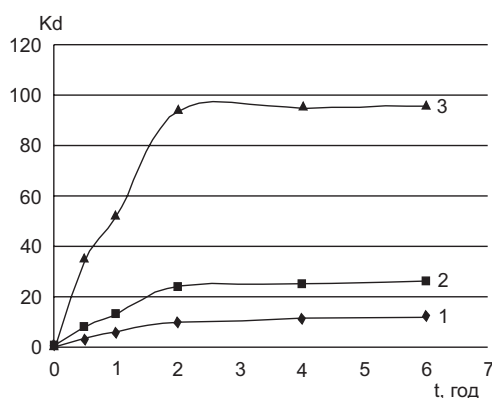


Рис. 1. Кінетичні криві сорбції ^{90}Sr пектином яблуневим (ряд 1), пектином кошиків соняшника (ряд 2) та вугіллям активованим (ряд 3) рН 7,0

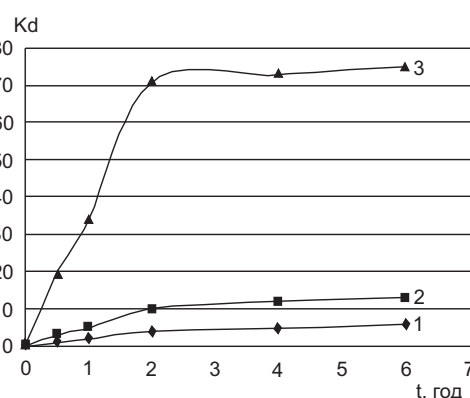


Рис. 2. Кінетичні криві сорбції ^{137}Cs пектином яблуневим (ряд 1), пектином кошиків соняшника (ряд 2) та вугіллям активованим (ряд 3) рН 7,0

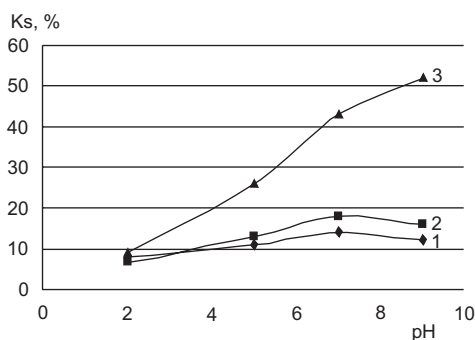


Рис. 3. Залежність сорбції радіонуклідів ^{137}Cs сорбентами від значення рН пектином яблучним (ряд 1), пектином кошиків соняшника (ряд 2) та препаратом порівняння – вугіллям активованим (ряд 3) (6 годин)

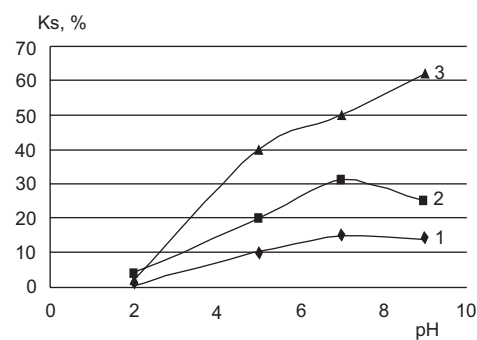


Рис. 4. Залежність сорбції радіонуклідів ^{90}Sr сорбентами від значення рН пектином яблучним (ряд 1), пектином кошиків соняшника (ряд 2) та препаратом порівняння – вугіллям активованим (ряд 3) (6 годин)

Таблиця

ОСНОВНІ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ІОНІВ $^{137}\text{CS}^+$ ТА $^{90}\text{SR}^{2+}$

Іон	Електронна конфігурація	Іонний радіус, нм	$-\text{DH}_{\text{гидр.}}^0$, кДж/моль	$-\text{DS}_{\text{гидр.}}^0$, кДж/(моль·К)	$-\text{DG}_{\text{гидр.}}^0$, кДж/моль
Cs^+	$6s^1$	0,167	280	10,03	275
Sr^{2+}	$4s^2$	0,127	1475	163,03	1425

Сорбція радіонуклідів мінімальна при $\text{pH} = 2,0$ і з підвищенням pH вона різко зростає і стає максимальною при $\text{pH} = 7,0$ для досліджуваних зразків пектинів (рис. 3, 4).

Результати вивчення кінетики сорбції ^{90}Sr і ^{137}Cs демонстрували більшу сорбційну здатність пектину соняшника відносно вказаних радіонуклідів у порівнянні з пектином яблучним.

Така залежність може бути пов'язана з тим, що при низьких значеннях pH карбоксильні чи гідроксильні функціональні групи пектинів дисоціюють частково або залишаються повністю недисоційованими. Внаслідок цього іонообмінна ємність слабко кислотних катіонітів істотно знижується у кислих середовищах та підвищується у лужних.

При підвищенні pH вище 7 вірогідно відбувається деструкція полімерних ланцюгів досліджених сорбентів, що викликає зниження їх сорбційної здатності.

У всіх досліджених нами випадках сорбція двовалентного і сильногідратованого стронцію значно вища за сорбцію одновалентного слабогідратованого цезію, що підтверджує відомі дані про значний вплив на сорбцію радіонуклідів їх валентності та енергії гідратації (таблиця).

Для вивчених радіонуклідів додержується також правило розчинності [14], згідно з яким із двох катіонів краще сорбується той катіон, який утворює менш розчинну сполуку з аніоном сорбента. Відомо, що стронцій утворює важкорозчинні сполуки з карбоксильними аніонами альгінатів та пектинатів [8], а цезій – легкорозчинні, тому йому притаманна більша схильність до іонного обміну.

ВИСНОВКИ

1. Результати проведених досліджень сорбції радіонуклідів ^{90}Sr і ^{137}Cs у статичних умовах продемонстрували, що представлені зразки пектинів мають помірну поглинальну здатність вказаних довгоживучих радіонуклідів у порівнянні з вугіллям активованим. Рівновага між рідкою (розчини радіонуклідів) та твердою фазами (пектини) досягається через 2 години, причому пектин соняшниковий у порівнянні з пектином яблучним має більшу поглинальну здатність, що можна пояснити наявністю в ньому більшої кількості пор.
2. Значення статичної сорбції стронцію ^{90}Sr є вищим за сорбцію цезію ^{137}Cs , що пов'язано з їх відмінностями відносно валентності, енергії гідратації та розчинності. Залежність сорбції радіонуклідів ^{90}Sr та ^{137}Cs від значення pH є мінімальною при $\text{pH} = 2$ і максимальною при $\text{pH} = 7$, а при подальшому підвищенні pH процес сорбції знижується, що вірогідно пов'язано з можливою деструкцією полімерних ланцюгів досліджених пектинів.
3. Проведені дослідження можуть бути використані при застосуванні пектинів при розробці складів ентеросорбентів для виведення з організму довгоживучих радіонуклідів, а також в якості допоміжних речовин – загущувачів, гелеутворювачів та іншого при створенні лікарських препаратів у вигляді сиропів, гелей, желе, кондитерських лікарських засобів (жувальних цукерок, льодяників, пастилок) для підсилення основної сорбційної дії АФІ, що входять до їх складу.

Конфлікт інтересів: відсутній.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Олабоді, О. В. Виробництво та використання пектинів у харчовій промисловості : наук.-допом. бібліогр. покажч. / О. В. Олабоді, В. С. Каленська ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. – К., 2018. – 172 с.
2. Пектиновые вещества – эффективные средства защиты человека от вредного воздействия окружающей среды / А. А. Долинский, В. А. Загородный, Р. Ш. Вайнберг, Б. Н. Процышин // Антирадиационное питание. – К., 2000. – С. 32–36.
3. Манукян, К. А. Изучение сорбционной способности пектина из лука медвежьего (черемши) (*Allium ursinum* L.) по отношению к ионам свинца (II) / К. А. Манукян, Л. П. Мыкоц, Е. В. Компанцева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Россия, Самара, 2012. – Т. 14, № 1–9.
4. Клінічна біохімія / Д. П. Бойків, Т. І. Бондарчук, О. Л. Іванків та ін. ; за ред. О. Я. Склярова. – К. : Медицина, 2006. – 432 с.
5. Патент 46948 Україна, МПК С 08 В 37/06. Спосіб одержання пектину / Єзов В. М., Жданова Н. М., Айзенберг В. Л., Сонна О. Г., Семакова М. В. ; заявники та патентовласники Ін-т мікробіол. і вірусол., Ін-т виногр. і вина «Магарач». – № 2000053120 ; заявл. 31.05.00 ; опубл. 17.06.02. – Бюл. № 6.
6. Патент на винахід, № 109345 України, МПК В 01 J 20/22 (2006.01), В 01 J 20/30 (2006.01). Спосіб отримання пектинового сорбенту / Крапивницька І. О., Кушнір О. В., Грабовська О. В., Прибыльський В. Л., Гордієнко А. С. – а201402567 ; заявл. 14.03.2014 ; опубл. 10.08.2015. – Бюл. 15 2015.
7. Краснопоророва, А. П. Сорбційне та екстракційне вилучення радіонуклідів з рідких середовищ природними та синтетичними матеріалами / А. П. Краснопоророва, Г. Д. Юхно, Н. В. Єфімова ; в кн. : Комплексоутворення та асоціація в розчинах за участю металовмісних частинок, функціональних і забарвлених речовин : практичні рішення і напрацювання ; за ред. докт. хім. наук, проф. С. А. Шаповалова. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. – 148 с.
8. Тарасенко, Ю. А. Энтероморбция как метод выведения из организма тяжелых металлов и радионуклидов / Ю. А. Тарасенко, И. И. Герасченко, Н. Т. Картель // Поверхность. – 2014. – Вып. 6 (21). – С. 110–121.

REFERENCES

1. Olabodi, O. V., Kalenska, V. S. (2018). *Vyrobnystvo ta vykorystannia pektyniv u kharchovii promyslovosti: nauk.-dopom. bibliogr. pokazhch. Nats. un-t kharch. tekhnol., Nauk.-tekhn. b-ka.* Kyiv, 172.
2. Dolinskii, A. A., Zagorodnii, V. A., Vainberg, R. Sh., Protchysin, B. N. (2000). Pektinovyе veshchestva – effektivnyе sredstva zashchity cheloveka ot vrednogo vozdeystviya okruzhaiushchei sredy. *Sbornik Antiradiatsionnoe pitanie*, 32–36. Kyiv.
3. Manukian, K. A., Mykotc, L. P., & Kompantceva, E. V. (2012). Izuchenie sorbtcionnoi sposobnosti pektina iz luka medvezhego (cheremshi) (*Allium ursinum* L.) po otnosheniiu k ionam svintca (II). *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tcentra Rossiiskoi akademii nauk*, 14 (1-9), 2263–2265.
4. Boikiv, D. P., Bondarchuk, T. I., Ivankiv, O. L., Skliarova, O. Ya. (Eds.). (2006). *Klinichna biokhimiia*. Kyiv : Medytsyna, 432.
5. Yezhov, V. M., Zhdanova, N. M., Aizenberh, V. L., Sonna, O. H., Semakova, M. V. (2002). *Patent 46948 Ukraina, MPK S 08 V 37/06*. Sposib oderzhannia pektynu.
6. Krapivnytska, I. O., Kushnir, O. V., Hrabovska, O. V., Prybylskyi, V. L., Hordiienko, A. S. (2015). *Patent na vynakhid, № 109345 Ukrainy, MPK B 01 J 20/22 (2006.01), B 01 J 20/30 (2006.01)*. Sposib otrymannia pektynovoho sorbentu.
7. Krasnoporova, A. P., Yukhno, H. D., Yefimova, N. V. (2018). Sorbttsiine ta ekstraktsiine vyluchennia radionuklidiv z ridkykh seredovyshch pryrodnyumy ta syntetichnymy materialamy. *Kompleksoutvorennia ta asotsiatsiia v rozchynakh z uchastiu metalovmishchuiuchykh chastynok, funktsionalnykh i zabarvlenykh rehovyn : praktychni rishennia i napratsiuivannia*. Kharkiv : KhNU imeni V. N. Karazina, 148.
8. Tarasenko, Iu. A., Gerashchenko, I. I., Kartel, N. T. (2014). Enteromorbtsiia kak metod vyvedeniia iz organizma tiazhelykh metallov i radionuklidov. *Poverkhnost*, 6 (21), 110–121.

Відомості про авторів:

Халавка М. В., канд. фармац. наук, асистентка кафедри заводської технології ліків, Національний фармацевтичний університет.

E-mail: marinakhalavka@gmail.com

Рубан О. А., докторка фармац. наук, професорка, завідувачка кафедри заводської технології ліків, Національний фармацевтичний університет

Хохлова Л. М., канд. фармац. наук, доцентка кафедри заводської технології ліків, Національний фармацевтичний університет

Гонтова Т. М., докторка фармац. наук, професорка, завідувачка кафедри ботаніки, Національний фармацевтичний університет

Краснопоророва А. П., канд. хім. наук, завідувачка відділу радіохімії і радіоекології, ст. наук. співробітниця, Науково-дослідний інститут хімії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, викладачка кафедри прикладної хімії, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Юхно Г. Д., канд. хім. наук, ст. наук. співробітниця, Науково-дослідний інститут хімії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна

Information about authors:

Khalavka M., PhD in Pharmacy, assistant of the Department of Industrial Technology of Drugs, National University of Pharmacy.

E-mail: marinakhalavka@gmail.com

Ruban O., Doctor of Pharmacy, Professor, head of the Department of Industrial Technology of Drugs, National University of Pharmacy

Khohlova L., PhD in Pharmacy, Associate professor of the Department of Industrial Technology of Drugs, National University of Pharmacy

Gontova T., Doctor of Pharmacy, Professor, head of the Department of Botany, National University of Pharmacy

A. Krasnoporova, PhD in Chemistry, head of the department of radiochemistry and radioecology, senior researcher,

Research Institute of Chemistry, V. N. Karazin Kharkiv National University

G. Yukhno, PhD in Chemistry, senior researcher, Research Institute of Chemistry, V. N. Karazin Kharkiv National University

Сведения об авторах:

Халавка М. В., канд. фармац. наук, ассистент кафедры заводской технологии лекарств, Национальный фармацевтический университет.

E-mail: marinakhalavka@gmail.com

Рубан О. А., доктор фармац. наук, профессор, заведующая кафедрой заводской технологии лекарств, Национальный фармацевтический университет

Хохлова Л. М., канд. фармац. наук, доцент кафедры заводской технологии лекарств, Национальный фармацевтический университет

Гонтова Т. М., доктор фармац. наук, профессор, заведующая кафедрой ботаники, Национальный фармацевтический университет

Красноперова А. П., канд. хім. наук, заведующая отделом радиохимии и радиоэкологии, ст. науч. сотрудник, Научно-исследовательский институт химии Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина, преподаватель кафедры прикладной химии,

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

Юхно Г. Д., канд. хім. наук, ст. науч. сотрудник, Научно-исследовательский институт химии Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина

Юхно Г. Д., канд. хім. наук, ст. науч. сотрудник, Научно-исследовательский институт химии Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина

Надійшла до редакції 16.02.2020 р.