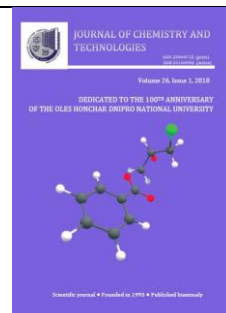




## Journal of Chemistry and Technologies

pISSN 2306-871X (Print), ISSN 2313-4984 (Online)

journal homepage: <http://chemistry.dnu.dp.ua>



UDC 54(089.3)+543.05+543.4+543.5

### SCIENTIFIC HERITAGE OF FEDOR CHMYLENKO (TO THE 70TH ANNIVERSARY OF THE BIRTHDAY OF THE TEACHER)

Oleksandr M. Baklanov<sup>1</sup>, Larisa P. Sidorova<sup>2\*</sup>, Larisa P. Zhuk<sup>2</sup>, Tetiana M. Derkach<sup>3</sup>, Natalia M. Smitiuk<sup>2</sup>,  
Svetlana N. Khudyakova<sup>2</sup>, Oksana V. Saevich<sup>2</sup>, Katerina V. Matorina<sup>2</sup>, Lidiya O. Ivanitsa<sup>2</sup>, Anna Yu. Chernyavska<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Educational-Scientific Professional Pedagogics Institute, Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Mira Str, 5, Bakhmut,  
Donetsk Region, 84500, Ukraine

<sup>2</sup>Oles Honchar Dnipro National University, 72 Gagarin Ave., Dnipro, 49010, Ukraine

<sup>3</sup>Kyiv National University of Technologies and Design, Nemirovycha-Danchenka Str, 2, Kyiv 01011, Ukraine

Received 02 April 2018; revised 13 April 2018; accepted 13 June 2018

#### Abstract

The creative path of the outstanding Ukrainian chemist, professor, academician of the Academy of Sciences of the Higher School of Ukraine, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine Fedor Chmylenko who is well-known for his work in the field of analytical chemistry is highlighted in this paper. The stages of his becoming, as a prominent scientist, the main scientific achievements of students, which are obtained under his leadership, are given. The basic achievements of the basic directions of his scientific research are described: a purposeful systematic improvement of the theory of the analytical process; the use of ultrasound and microwave radiation at different stages of sample preparation of food products, biological organs and tissues, soils and plants; analytical chemistry of noble metals, plasma, highly effective application of polyelectrolytes for analytical purposes (creation of new analytical systems and techniques, improvement of metrological characteristics of analytical determinations) in spectroscopic and electrochemical methods; creation of electrochemical and optical sensors.

**Keywords:** academician of the Academy of Sciences of the Higher School of Ukraine F. O. Chmylenko; analytical chemistry; analytical signal theory; sonoluminescence spectrophotometry; ultrasound sample preparation; microwave sample preparation; plasma; noble metals; polyelectrolytes

### НАУКОВА СПАДЩИНА ФЕДОРА ОЛЕКСАНДРОВИЧА ЧМИЛЕНКА (ДО 70-РІЧЧЯ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ УЧИТЕЛЯ)

Олександр М. Бакланов<sup>1</sup>, Лариса П. Сидорова<sup>2\*</sup>, Лариса П. Жук<sup>2</sup>, Тетяна М. Деркач<sup>3</sup>, Наталія М. Смітюк<sup>2</sup>,  
Світлана М. Худякова<sup>2</sup>, Оксана В. Саєвич<sup>2</sup>, Катерина В. Маторіна<sup>2</sup>, Лідія О. Іваниця<sup>2</sup>, Анна Ю. Чернявська<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Навчально-науковий професійно-педагогічний інститут, Українська інженерно-педагогічна академія, вул. Миру, 5,  
м. Бакмут, Донецька обл., 84500

<sup>2</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Гагаріна, 72, Дніпро, 49010, Україна

<sup>3</sup>Київський національний університет технологій та дизайну, вул. Немировича-Данченка 2, Київ, 01011, Україна

#### Анотація

Висвітлено творчий шлях видатного українського вченого-хіміка, професора, академіка Академії наук Вищої школи України, заслуженого діяча науки та техніки України Федора Олександровича Чмиленка, відомого своїми працями в галузі аналітичної хімії. Наведено етапи його становлення, як відомого вченого, основні наукові досягнення учнів, які отримані під його керівництвом. Описано основні досягнення базових напрямків його наукових досліджень: цілеспрямоване систематичне вдосконалення теорії аналітичного процесу; застосування ультразвуку та мікрохвильового випромінювання на різних стадіях пробопідготовки харчових продуктів, біологічних органів і тканин, ґрунтів та рослин; аналітична хімія благородних металів, плазма, надзвичайно ефективного застосування поліелектролітів для аналітичних цілей (створення нових аналітичних систем і методик, покращення метрологічних характеристик аналітичних визначень) в спектроскопічних і електрохімічних методах, створення електрохімічних і оптичних сенсорів.

**Ключові слова:** академік Академії наук Вищої школи України Ф. О. Чмиленко; аналітична хімія; теорія аналітичного сигналу; сонолюмінесцентна спектрофотометрія; ультразвукова пробопідготовка; мікрохвильова пробопідготовка; плазма; благородні метали; поліелектроліти

\*Corresponding author: tel.: +380994621882; e-mail address: [Sidorova LP@i.ua](mailto:Sidorova LP@i.ua)

© 2018 Oles Honchar Dnipro National University

doi: 10.15421/081807

## НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ ФЕДОРА АЛЕКСАНДРОВИЧА ЧМИЛЕНКО (К 70-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ УЧИТЕЛЯ)

Александр Н. Бакланов<sup>1</sup>, Лариса П. Сидорова<sup>2\*</sup>, Лариса П. Жук<sup>2</sup>, Татьяна М. Деркач<sup>3</sup>,  
Наталья М. Смитюк<sup>2</sup>, Светлана Н. Худякова<sup>2</sup>, Оксана В. Саевич<sup>2</sup>, Екатерина В. Маторина<sup>2</sup>,  
Лидия А. Иваница<sup>2</sup>, Анна Ю. Чернявская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Учебно-научный профессионально-педагогический институт, Украинская инженерно-педагогическая академия,  
ул. Мира, 5, г. Бахмут, Донецкая обл., 84500

<sup>2</sup>Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, пр. Гагарина, 72, Днепро, 49010, Украина

<sup>3</sup>Киевский национальный университет технологий и дизайна, ул. Немировича-Данченко 2, Киев, 01011, Украина

### Аннотация

Освещен научный путь выдающегося украинского ученого-химика, профессора, академика Академии наук Высшей школы Украины, Заслуженного деятеля науки и техники Украины Федора Александровича Чмиленко, известного своими работами в области аналитической химии. Приведены этапы его становления, как видного ученого, основные научные успехи учеников, которые получены под его руководством. Описаны основные достижения базовых направлений его научных исследований: целенаправленное систематическое усовершенствование теории аналитического процесса с использованием ультразвука и микроволнового излучения на разных стадиях пробоподготовки пищевых продуктов, биологических органов и тканей, почв, растений и благородных металлов, применение в анализе аналитических объектов плазмы и полиэлектrolитов, создание новых аналитических систем и методик в спектроскопических и электрохимических методах, электрохимические и оптические сенсоры.

*Ключевые слова:* академик Академии наук Высшей школы Украины Ф. А. Чмиленко; аналитическая химия; теория аналитического сигнала; сонолюминесцентная спектрофотометрия; ультразвуковая пробоподготовка; микроволновая пробоподготовка; плазма; благородные металлы; полиэлектrolиты

1. Вступ
2. Ультразвук в аналітичній хімії
  - 2.1. Аналіз харчових продуктів
  - 2.2. Пробопідготовка біологічних об'єктів
  - 2.3. Пробопідготовка ґрунтів та рослин
3. Застосування плазмового розряду
  - 3.1. Механізм дії розряду на розчини електrolітів
  - 3.2. Інтенсифікація розкладу мідно-нікелевих руд
  - 3.3. Усунення матричних ефектів в атомно-абсорбційній спектроскопії
  - 3.4. Знезараження токсичних стічних вод
4. Аналітична хімія благородних металів
5. Аналітична хімія поліелектrolітів
6. Висновки
7. Бібліографічні посилання
8. References

### 1. Вступ

У 2018 році виповнюється 70 років з дня народження доктора хімічних наук, професора Чмиленка Федора Олександровича. Дня кожної творчої людини цей вік є підсумковим у розумінні свого обраного життєвого шляху, узагальнення досягнень та прагнення до підкорення нових наукових вершин разом зі своїми учнями. Нажаль, у 2016 р ми втратили свого вчителя, наставника та друга...

З ім'ям видатного вченого Чмиленка Федора Олександровича пов'язаний творчий шлях кількох поколінь вчених-хіміків – вдячних учнів професора. Наукова принциповість, об'єктивність та вимогливість дивним чином сполучались у ньому з доброзичливістю та турботливістю. Федір

Олександрович мав рідкісний дар допомагати іншим. Поруч з ним було цікаво жити і працювати, він створював таке потрібне відчуття захищеності та надійності.

Ф. О. Чмиленко міг би стати видатним у будь-якій галузі наук: математика, фізика, історія... Перемогла Хімія. Блискучий інтелект, дивовижна пам'ять, глибокі знання та розуміння фундаментальних теоретичних концепцій різних розділів хімії, фізики і математики, здатність аналізувати, прогнозувати та неймовірна працездатність – саме ці якості подарували нам видатного Аналітика.

Вступом до хімічного факультету Дніпропетровського державного університету імені 300-ліття воз'єднання України з Росією у 1965 році розпочалася стежа хіміка. Група, у

якій він навчався, на 60% складалася з хлопців: непересічних, творчих особистостей. Усе життя Ф. О. Чмиленка було пов'язане з університетом. Розпочавши роботу у науковому гуртку при кафедрі аналітичної хімії під керівництвом доц. В. Д. Василенка він крок за кроком досягав усе нових успіхів. Перші вагомі досягнення було присвячено вивченню впливу ряду водорозчинних вітамінів на хемілюмінесцентні реакції люмінолу та розроблені методики визначення мікрокількостей вітамінів за інгібуванням хемілюмінесценції. В аспірантурі (науковий керівник В. Т. Чуйко) Федір Олександрович виконав і достроково у 1974 році захистив кандидатську дисертацію на тему «Застосування арсенатів для концентрування металів співсадженням». Розвиток даного напрямку, а саме концентрування співсадженням мікрокількостей ряду важких металів, деяких актиноїдів, лактаноїдів та йонів рідкоземельних металів, у 70-80-ті роки минулого сторіччя знайшов відображення у великій кількості наукових статей, що мали теоретичне та практичне значення.

В середині 90-х років Федором Олександровичем було сформульовано загальну теорію оптимізації аналітичної, а відповідно і чутливості визначення елементів (у 5-10 разів), порівняно з застосуванням тільки УЗ низьких частот.

При виборі об'єктів дослідження Федір Олександрович завжди керувався актуальністю проблем, що поставали на кожному етапі розвитку країни. Так, при вступі України до СОТ значно зростає актуальність питань харчової хімії, особливо контролю якості продуктів харчування та їх сертифікації. Внаслідок чого на кафедрі аналітичної хімії ДНУ отримав розвиток напрямок, пов'язаний з розробкою аналітичних методик для контролю харчових продуктів.

Спроби країни сформувати її золотий запас знайшли відображення у започаткуванні робіт в галузі аналітичної хімії благородних металів. Ф. О. Чмиленко запропонував комплексний підхід у вирішенні актуальних задач, пов'язаних з селективністю та чутливістю аналітичних методик. Це дозволило розробити нові гібридні та комбіновані методи для експресного визначення мікро- і субмікрокількостей

процесу (АП) з посиленням аналітичного сигналу (АС) дією фізичних полів (ультразвукового, мікрохвильового випромінювання, плазми). Розвинуті погляди згодом стали основою його докторської дисертації, яка була успішно захищена в 1997 році та надалі знайшли продовження у більше ніж 300 наукових статтях, декількох монографіях та дисертаціях учнів.

Розвитку теорії АП з комплексною фізичною та хімічною дією для оптимізації сигналу при аналізі речовин Федір Олександрович приділяв увагу протягом усього свого життя, пов'язаного з науковою діяльністю кафедри аналітичної хімії ДНУ. Вдосконалення теорії з часом дозволило йому запропонувати єдиний підхід до інтенсифікації (прискорення) найбільш тривалої стадії – пробопідготовки при аналізі різноманітних об'єктів.

На початку 2000 років Федором Олександровичем запропонований новий метод аналізу – сонолюмінесцентна спектрофотометрія, а через півроку назву методу було змінено на «сонолюмінесцентна спектроскопія». При застосуванні одночасної дії ультразвуку (УЗ) високої і низької частот винайдено ефект підвищення інтенсивності сонолюмінесцен

платинових металів та золота у різноманітних об'єктах

Вирішенню екологічних проблем сприяла розробка методів знезараження рідких відходів, що містили ціанід-іони, важкі метали, поверхнево-активні речовини, за допомогою їх обробки плазмовим розрядом.

Розвиток клінічної лабораторної діагностики сформулював завдання щодо поліпшення експресності і метрологічних характеристик аналізу різних біологічних об'єктів.

Професор Чмиленко Ф. О. був ідейним натхненником наукового напрямку, пов'язаного з вивченням процесів сорбції різних катіонів та аніонів чорноземами.

Федір Олександрович, будучи ерудованою людиною з широким науковим кругозором, вважав, що аналітична хімія як наука, що розвиває теоретичні основи хімічного аналізу, неможлива без міждисциплінарних зв'язків. Так на стику аналітичної, органічної, фізичної, колоїдної хімії, хімії високомолекулярних сполук на кафедрі виник такий напрямок, як аналітична хімія поліелектролітів. Умінням

передбачити науковий результат Федір Олександрович заохочував своїх учнів

до кропіткої роботи, яка згодом давала свої плоди. Вдячні учні і надалі продовжують розвивати започатковані проф. Ф. О. Чмиленко наукові напрями. Актуальність здійснених під його керівництвом досліджень підтверджують сучасні публікації в усіх названих галузях хімії, кількість яких з роками не зменшується.

## 2. Ультразвук в аналітичній хімії

З 90-х років на кафедрі аналітичної хімії ДНУ проводились дослідження з використання УЗ в хімічному аналізі [1]. До застосування ультразвуку (УЗ) в аналітичному процесі (АП) запропоновано новий підхід з варіюванням його параметрів – інтенсивності та частоти, що дозволило підсилити аналітичні ефекти та прогнозувати його інтенсифікуючу дію.

Вперше запропоновано використовувати УЗ для: деструкції органічних та металоорганічних сполук в різних об'єктах аналізу; підвищення ступеня концентрування мікроелементів співосадженням з колекторами, одержаними анодним розчиненням металів. Конкретизовано параметри двох стадій процесу: стадії утворення осаду (електрохімічна) та стадії безпосереднього контакту осаду з розчином (співосадження). Запропонований механізм інтенсифікуючої дії УЗ при співосадженні [2; 3].

Професором Чмиленко Ф. О. разом з д.х.н., проф. Баклановим О. М., на той час докторантом кафедри аналітичної хімії, сформульовано загальний системний підхід аджено вцілому 6 державних стандартів щодо аналізу харчової солі на вміст As, Hg, Cu, Zn, Cd та Pb. Результати досліджень (понад 200 наукових робіт) систематизовані в монографії «Анализ поваренной соли и рассолов» [4].

Результатом плідної співпраці Федора Олександровича з О. М. Баклановим стала можливість застосування сонолюмінесценції, як джерела аналітичного сигналу емісійних спектрів елементів, що лягло в основу створення нового методу аналізу – сонолюмінесцентної спектроскопії. На основі вивчення спектрів сонолюмінесценції десятків елементів новий спектроскопічний метод аналізу отримав теоретичне

до аналізу харчової кухонної солі та розсолів з єдиною пробопідготовкою як на основні компоненти та домішки, так і на токсичні та біоактивні мікроелементи. З'ясовані закономірності, що пов'язують вміст токсичних та біоактивних мікроелементів з технологією добування харчової кухонної солі; видом родошища; порою року. Хіміко-аналітичні властивості системи використано для розробки технологій спеціальних видів солі (йодованої, фторованої, йодовано-фторованої).

Вперше проведено комплекс теоретичних і експериментальних досліджень механізму впливу УЗ на розсоли і розчини кухонної солі. На підставі результатів розрахунків хіміко-акустичних виходів  $H_2O_2$ , отриманого при дії УЗ на розчини NaCl і харчової солі, доведений факт участі  $H_2O_2$  в процесах деструкції органічних сполук цих розчинів, встановлена кореляція між вмістом фульвокислот та їх сполук і накопиченням  $H_2O_2$ , що утворюється за умов впливу УЗ. Факт участі  $H_2O_2$  в деструкції органічних сполук, а також утворення радикалів  $H\cdot$ ,  $OH\cdot$  і  $HO_2\cdot$  підтверджений також і аналізом спектрів сонолюмінесценції.

Розроблений комплекс надійних та експресних спектроскопічних (спектрофотометричних, полум'яних та неполум'яних атомно-абсорбційних, атомно-емісійних) та електрохімічних (полярографічних, потенціометричних та високочастотних) методик визначення домішок та основної речовини в харчовій кухонній солі та розсолах. Розробки захищені авторськими свідоцтвами та патентами України (СРСР). В практику аналітичних лабораторій країни та світу впровадження та був описаний механізм цього процесу.

Вперше встановлена кореляція між величинами потоку сонолюмінесценції і поглинутої акустичної енергії у розсолах і розчинах кухонної солі та розроблений новий метод визначення поглинутої акустичної енергії. Показано, що сонолюмінесцентна спектроскопія також може бути застосована для визначення у водних розчинах середніх і високих концентрацій (від 5–10 г/дм<sup>3</sup> до насиченої) елементів, які в металевому стані мають енергію іонізації  $\leq 7.65$  eV і температуру кипіння  $\leq 2700$  °C. Величина аналітичного сигналу може бути збільшена введенням у розчин аналізованої проби солі

легко іонізованого елемента, як приклад,  $\text{CsCl} \geq 30 \text{ г/дм}^3$ .

Із застосуванням запропонованого методу сонолюмінесцентної спектроскопії були розроблені і впроваджені експресні і надійні методики визначення 16 елементів у розчинах кухонної солі і водних розчинах їх солей. При визначенні високих концентрацій елементів  $\geq 30 \text{ г/дм}^3$  зазначений метод аналізу забезпечив отримання результатів з кращими метрологічними характеристиками, порівняно з атомно-абсорбційною спектрометрією, через відсутність необхідності розведення проби [5].

### 2.1. Аналіз харчових продуктів

Продовжуючи перші роботи із застосування УЗ, проф. Чмиленко та його учні О. М. Бакланов, Л. В. Бакланова, Л. П. Сидорова, Ю. В. Бохан вивчали питання прискорення стадії пробопідготовки при визначенні йонів металів у харчових продуктах. Було запропоновано шляхом вибору раціональних схем, які або зовсім виключають стадію мінералізації, або прискорюють її при застосуванні різних фізичних і хімічних впливів.

При аналізі водорозчинних продуктів першої групи, а також продуктів, що змішуються з водою у довільних співвідношеннях, стадія мінералізації може бути виключена. Тоді пробопідготовка складається лише з трьох стадій: розчинення наважки, руйнування органічних сполук і концентрування.

При аналізі водонерозчинних продуктів операція мінералізації обов'язкова, а її прискорення досягається застосуванням УЗ або мікрохвильового випромювання (МХВ). Запропоновані суміші різних окисників для мінералізації продуктів харчування під впливом УЗ, інтенсифікуюча дія якого пояснюється протіканням звукохімічних реакцій за участю радикалів, які окислюють органічні речовини. Застосування УЗ для інтенсифікації стадії мокрої мінералізації в сотні разів прискорює процес озонення, в десятки – зменшує загальний час аналізу та витрату окисників.

Використання УЗ для озонення молока, сиру, масла, жиру, хлібобулочних виробів тощо дозволяє зменшити у 4–6 разів кількість реагентів, які вводяться, і в 20–40 разів час аналізу; в атомно-абсорбційному аналізі шампанських вин на нормовані домішки Феруму, Цинку, Купруму, Плюмбуму, Кадмію

та Гідраргіриму виключити стадії видалення газу і видалення спирту, прискорити стадію руйнування органічних сполук; для мінералізації цукру і продуктів на його основі, хлібопродуктів, жирів та олій прискорити аналітичний процес у 10–100 разів [5].

Одним з найбільш складних питань контролю вмісту токсичних металів у продуктах харчування є визначення Арсену не тільки через його малий вміст, але й у зв'язку з труднощами, зумовленими його втратою внаслідок високої летючості при підготовці проби до аналізу. Розроблена спектрофотометрична методика визначення Арсену з УЗ-інтенсифікацією стадії пробопідготовки дозволила вирішити ці проблеми, визначивши вміст Арсену в шести групах продуктів харчування: соки, крупи і борошно, кава, овочі, фрукти, пиво [6].

Запропоновані експресні методики екстракційно-хроматографічного визначення йонів важких металів Cu, Cd, Co, Ni, Zn, Hg, Pb в харчових продуктах з межею виявлення нижче ГДК на 1–3 порядки. Методики дозволяють одночасно проводити кількісну ідентифікацію на одній тонкошаровій платівці до 7 зразків на всі йони металів. Можливо використання даних методик для попереднього розділення металів з подальшим кількісним визначенням іншими методами аналізу [7].

З'ясовано можливість аналізу проб харчових продуктів рослинного і тваринного походження шляхом безпосереднього введення водної суспензії золи, отриманої шляхом їх неповної мінералізації (карбонізації), в електротермічний атомізатор атомно-абсорбційного спектрометра. Запропоновано застосувати УЗ-вплив для стабілізації суспензії, що значно спрощує процедуру пробопідготовки і запобігає можливим втратам елементів, що визначаються, сприяє значному поліпшенню метрологічних характеристик та скороченню часу аналізу у 4–10 разів [8].

Розроблено та впроваджено комплекс надійних та експресних спектроскопічних та електрохімічних методик визначення токсичних елементів у різних видах харчової продукції з використанням УЗ. Запропоновано новий підхід до використання УЗ в інтенсифікації аналітичного процесу при аналізі харчових продуктів: спільна дія УЗ високої і низької частот для руйнування органічних домішок; інтенсифікація стадії

кислотної мінералізації; підвищення величини аналітичного сигналу в сонолюмінсцентній спектроскопії. Результати досліджень (понад 300 наукових робіт) систематизовані в монографії «Ультразвук в аналитической химии» [5].

Останнім часом на ринку України присутня значна кількість фальсифікованої продукції. З 2007 року нова тематика знайшла своє місце у роботах проф. Ф. О. Чмиленка та його учнів [9; 10]. Було розроблено нові хроматографічні методики ідентифікації та кількісного визначення синтетичних харчових барвників [11; 12], алкалоїдів, рослинних жирів [13] у харчових продуктах. Запропоновано новий підхід до комплексного хроматографічного встановлення фальсифікації масложирових, молочних продуктів, заснований на визначенні вмісту не лише загального жирно-кислотного складу, але і складу стерінової фракції, а також вмісту транс-ізомерів жирних кислот [14; 15].

Практична значимість отриманих результатів, які присвячені питанням харчової хімії, відображена у низці численних методик, нових розробок, захищених патентами України [16; 17].

## 2.2. Пробопідготовка біологічних об'єктів

Однією з актуальних проблем клінічної діагностики було і до тепер залишається пошук перспективних біологічних індикаторів негативного впливу хімічних елементів на біологічні системи організму людини, які повинні поєднувати специфічність і високу чутливість методів з простотою відтворення. Цьому питанню була присвячена плідна співпраця Федора Олександровича зі співробітниками медичного факультету ДНУ професорами П. П. Бачинським, О. П. Татаровським, Ю. С. Сапою. Завдання полягало в розробці простого експресного і економічного способу оцінки мікроелементного статусу організму людини, що включав визначення ряду мікроелементів у біологічних рідинах і тканинах на рівні концентрацій, відповідних дефіциту і надлишку елементу в організмі. Особливу увагу було надано дослідженню впливу мікроелементів на стан вегетативного гомеостазу нащадків ліквідаторів аварії на Чорнобильській атомній електростанції, школярів та студентів, а також встановленню особливості мікроелементного статусу організму при різних патологічних станах.

Для заглибленого аналізу стану організму і його взаємин з довкіллям професором Ф. О. Чмиленко було запропоновано високоінформативний метод діагностики порушень мікроелементного гомеостазу з використанням елементограм (та мікроелементограм) [18], який дозволив проводити наочний порівняльний аналіз індивідуальних показників мікроелементного гомеостазу кожного організму та спряженість вмісту мікроелементів. Розроблений методичний підхід надав можливість наочно демонструвати порушення мікроелементного гомеостазу та може бути застосований для його ефективної корекції при застосуванні лікувального харчування та прийому медикаментозних препаратів. Отриманий в процесі досліджень великий масив експериментальних даних надихнув Федора Олександровича на створення неординарної друкованої праці – довідника [19], який об'єднав хімічні та медичні аспекти проведених досліджень.

Проблема хімічного гомеостазу організмів диктувала необхідність розширення кола об'єктів дослідження: поряд зі звичайними (кров, сеча, кістки, м'які тканини) більше уваги приділяти нетрадиційним (та неінвазивним) об'єктам (волосся, нігті тощо). Для аналізу таких складних за хімічним складом зразків за ініціативою Федора Олександровича було вперше досліджено та систематизовано наслідки використання комбінованої дії фізичних полів різної природи на стадії пробопідготовки біологічних та медичних зразків [20–24]. Було визначено оптимальні параметри дії високоенергетичних полів для оптимізації аналітичного сигналу – його генерації, виділення, накопичення та підсилення. На цій основі запропоновано науковий підхід до застосування УЗ та МХВ у хімічному аналізі медичних та біологічних об'єктів [25; 26].

Під керівництвом проф. Чмиленко розроблено комплекс комбінованих фізико-хімічних методик для визначення вмісту Cu, Pb, Cd, Zn, Ni, Ca, Mg в біологічних рідинах (крові, сечі, слині), м'яких і твердих тканинах організму на рівні мікроконцентрацій. При цьому вперше: для очищення твердих біомедичних об'єктів від забруднень різними мінеральними і органічними речовинами застосований УЗ; доведена доцільність і ефективність застосування МХВ на етапі сушки твердих біомедичних проб; розроблена

методика для атомно-абсорбційного визначення хімічних елементів (Zn, Fe, Cu, Ni, Mg, K, Na, Ca) у біомедичних пробах (волосся і зубах).

### 2.3 Пробопідготовка ґрунтів та рослин

Розробка єдиного підходу до вдосконалення стадії пробопідготовки різноманітних об'єктів шляхом використання фізичних полів, зокрема УЗ та МХВ, стала основою робіт в напрямку аналізу ґрунтів та рослинних зразків, що на них вирости.

В ряді робіт, зокрема дисертаційній роботі Н. М. Смітюк, доведена доцільність використання УЗ для інтенсифікації пробопідготовки ґрунтів при визначенні валового вмісту елементів. Показано, що ступінь вилучення важких металів у мінералізат залежить від параметрів УЗ і тривалості обробки [27; 28]. Для ряду ґрунтів типу чорнозему підібрані параметри УЗ-обробки та показано, що при аналізі ґрунтів цього типу можливо використовувати єдиний алгоритм пробопідготовки [29].

Для прискорення стадії одержання ґрунтових витяжок, призначених для визначення різних показників ґрунту, використовують різні методи: перемішування на віброзмішувальних установках та УЗ-обробку, що сприяє диспергуванню проби, інтенсивному перемішуванню гетерогенної системи і, отже, більш ефективному протіканню процесів масообміну. Підбір оптимальних умов УЗ-обробки, зокрема, частоти, інтенсивності та тривалості обробки, дозволяє прискорити стадію пробопідготовки у 10–20 разів [30–35].

Застосування УЗ-обробки проб для переведення мікроелементів із ґрунтів у розчин приводить до суттєвого прискорення підготовки проб до аналізу та зменшення кількості розчинника внаслідок зміни його реакційної здатності. Відомо, що під дією УЗ у водних середовищах відбувається зміна фізико-хімічних властивостей розчинів таких як рН, електропровідність, окисно-відновний потенціал та інші, що також сприяє змінам морфологічних показників ґрунту [36]. Під впливом УЗ відбуваються зміни у структурі гумат-фульватного комплексу ґрунтів, у результаті чого підвищується ступінь вилучення рухливих форм важких металів [37].

Тривалість аналітичного циклу розкладання ґрунтів може бути скорочена за рахунок виключення або поєднання окремих

операцій пробопідготовки в умовах дії МХВ. Експериментально визначені оптимальні режими МХВ та розроблені експресні методики розкладання ґрунтів, що сприяють максимальному вилучення елементів у розчині з чорнозему перед атомно-абсорбційним аналізом [38].

Показано, що послідовне використання УЗ і МХВ на стадії розкладання ґрунтів та рослин, що на цьому ґрунті вирости, сприяє більш повному розкладанню зразків та, відповідно, підвищує ступінь вилучення важких металів у мінералізат. Також проведено оцінку забрудненості рослин важкими металами внаслідок міграційних процесів «ґрунт–рослина» [39].

Використання УЗ та МХВ за оптимальними умовами дозволяє прискорити повне розкладання рослинних зразків (амброзія, голки сосен та ялинок, пшениця, кукурудза, соя та сояшник) у 10 разів та підвищити ступінь вилучення металів [40].

## 3. Застосування плазмового розряду

### 3.1. Механізм дії розряду на розчини електролітів

Професор Чмиленко вперше запропонував використовувати низькотемпературний нерівноважний плазмовий розряд, що формується між електродом та поверхнею рідини, в яку занурений другий електрод, для інтенсифікації пробопідготовки. Плазмовий розряд виділяє високу енергію у рідку фазу, генерує високореактивні види частинок, викликає різні фізичні та хімічні ефекти у середовищі, яке обробляють. Важливим реактивним видом є гідроксильні радикали, які характеризуються високим потенціалом окиснення. Іншими сильними окиснювальними реагентами, що утворюються у плазмі, є радикали Оксигену,  $O_3$  та  $H_2O_2$ .

Для встановлення механізму дії плазми було досліджено вплив тліючого розряду зниженого тиску на утворення  $H_2O_2$  та зміну ступеню окиснення металів у водних розчинах сполук Mn, Cr та Fe [41; 42]. Умови розряду, такі як полярність, струм розряду та тиск повітря, були оптимізовані з метою підвищення ефективності його впливу. Вивчено зміну концентрації  $H_2O_2$ , концентрації та ступеню окиснення металів у розчинах як функцію часу обробки плазмою.

Показано, що під дією плазмового розряду у розглянутих розчинах можливі як реакції

окиснення, так і відновлення. Напрямок реакції, а також інтенсивність її перебігу залежать від багатьох факторів, включаючи рН, концентрацію компонентів та режим розряду. Найбільш важливим фактором є сила струму плазмового розряду, від якої залежить швидкість електрохімічних реакцій на твердому електроді та утворення  $H_2O_2$  внаслідок рекомбінації радикалів. Показано, що плазмова обробка спричиняє відновлення Mn (VII) через Mn (IV) до Mn (II), Cr (VI) до Cr (III) та окиснення Fe (II) до Fe (III). Дія плазмового розряду призводить до підкислення середовища, що обробляється. Таке явище спостерігалось у всіх розчинах, що містили Cr та Mn, і було менш вираженим у розчинах сполук Fe.

$H_2O_2$ , що утворюється під дією плазмової обробки, активно бере участь в окисно-відновних реакціях. Концентрація  $H_2O_2$  зазвичай зростає з часом обробки, але під час активної окисно-відновної взаємодії з іонами, що містять метал, вміст  $H_2O_2$  не визначається.

### **3.2. Інтенсифікація розкладу мідно-нікелевих руд**

Дослідження ефекту плазмового впливу на геологічні зразки та оптимізація параметрів розряду дозволили використати обробку плазмою для інтенсифікації розкладу сульфідних мідно-нікелевих руд перед атомно-абсорбційним визначенням вмісту Pt, Pd, Ag [43–45].

Методами електронної мікроскопії показано, що плазма збільшує питому поверхню проби і завдяки цьому інтенсифікує наступне розчинення елементів [46]. При цьому, плазмова обробка не змінює середній діаметр часток, але призводить до їх інтенсивної фрагментації і утворення нових поверхонь в середині часток.

Крім того, плазмовий розряд впливає на хімічний склад поверхні часток, сприяючи її первісній очистці за рахунок вилучення адсорбованих атомів. Атомні зв'язки, що звільнилися, надзвичайно реакційно активні. При першій можливості вони притягують до себе атоми, відтворюючи нові хімічні зв'язки. Згідно даних оже-спектроскопії [46] –це атоми Карбону. Осідаючи на поверхні, Карбон нейтралізує всі розірвані міжатомні зв'язки і немов би пасивує поверхню проби. Цей процес перешкоджає осадженню на ній Хлору з кислоти, і, як наслідок, запобігає збідненню розчину на хлорид. У випадку термічного розкладу у кислотах, інтенсивна адсорбція

Хлору на поверхні частинок призводить до збіднення розчину та уповільнює розклад проби.

З використанням отриманого ефекту розроблена методика прискореного плазмохімічного розкладу сульфідних мідно-нікелевих руд перед атомно-абсорбційним визначенням вмісту Pt, Pd, Ag. Сконструйовано та виготовлено лабораторний реактор для обробки плазмою геологічних порошкових зразків. Для отримання максимального ступеня вилучення елементів встановлені оптимальні області параметрів обробки. Розроблена методика забезпечує кількісне переведення благородних металів у розчин. Метали, які складають основу руди (Fe, Cu, Ni), переходять у розчин частково, що полегшує наступне визначення вмісту благородних металів та зменшує відносну похибку. Висока продуктивність і порівняно низька вартість дозволяють ефективно використовувати розроблену методику на різних стадіях геологічних робіт.

### **3.3. Усунення матричних ефектів у атомно-абсорбційній спектроскопії**

Розроблені методики полуменевого атомно-абсорбційного визначення вмісту Au та Ag у технологічних ціанистих розчинах із застосуванням плазмохімічної обробки проб.

Встановлено, що завищення результатів визначення вмісту Au та Ag у присутності ціанідів викликано неселективною абсорбцією атомів C, що утворює частки сажі у полум'ї «ацетилен-повітря». При обробці плазмою відбувається руйнування ціанистих сполук до  $CO_2$  і  $N_2$  в результаті одночасного протікання електрохімічних процесів та хімічної реакції з  $H_2O_2$ , що генерувався у плазмі. Застосування плазми при оптимальних параметрах розряду приводить до усунення матричного ефекту ціанідів шляхом зниження їх концентрації до прийняттого рівня. Час обробки залежить від хімічного складу розчину і, як правило, зростає з ростом вмісту ціанідів та концентрації металів. Зменшення вмісту ціанідів у розчині дозволяє проводити атомно-абсорбційне визначення концентрації Au та Ag за допомогою градуовального графіка без застосування додаткових прийомів для усунення матричних ефектів. Розроблені методики приводять до істотного прискорення стадії пробопідготовки, є



екологічно чистими та впроваджені в аналітичну практику.

Плазмову пробопідготовку використано для усунення матричного впливу полімерної поверхнево-активної речовини (ПАР) у лужному електроліті цинкування, що містить в якості блискоутворюючої добавки полісульфонілпиперидинілметилгидроксид (полісульфон). Наявність полімерної ПАР в електроліті призводить до зміни умов атомізації Zn, що знижує інтенсивність аналітичного сигналу при визначенні вмісту металу атомно-абсорбційним методом. При обробці плазмою таких розчинів вміст ПАР зменшується до рівня, який не заважає визначенню Zn.

#### 3.4. Знезараження токсичних стічних вод

Отримані ефекти руйнування ціаністих сполук під дією плазми для ряду модельних та технологічних розчинів дозволили розробити ряд методик очищення стічних вод гальванічних виробництв та гідрометалургійних підприємств [47; 48]. Встановлені залежності ступеня руйнування від складу розчину та вихідної концентрації ціанідів, а також від сили струму та тривалості впливу. Показано, що кінетика розкладу ціанід-іонів у модельних розчинах є підпорядкованою кінетичним рівнянням першого порядку, в той час, як у технологічних розчинах вона має більш складний характер, що пов'язано з різною швидкістю розкладу вільного ціаніду та комплексів ціанід-метал. Обробка плазмою призводить до руйнування ціаністих сполук до нетоксичних форм. На відміну від відомих методів знешкодження ціанідів, обробка плазмою дозволяє руйнувати як великі, так і малі концентрації ціанід-іонів у стоках та технологічних розчинах до рівня ГДК та нижче.

Показана можливість деструкції полімерної ПАР полісульфону під дією нерівноважної низькотемпературної плазми зниженого тиску. Доведено, що полімерна структура ПАР під дією плазми руйнується внаслідок процесу, одним з продуктів якого є утворення високореакційного  $H_2O_2$ . Для зменшення концентрації ПАР у розчинах вдвічі достатньо десятихвилинної експозиції плазми при силі струму 30 мА. Збільшення ж сили струму до 125 мА приводить до повного руйнування блискоутворюючої добавки, при цьому час обробки скорочується до 5 хв. Характер зміни ступеня руйнування

полісульфону залежить від його вихідної концентрації та від сили струму плазми. На глибину очищення розчинів електроліту впливає також ступінь розрядження повітря в системі.

#### 4. Аналітична хімія благородних металів

В Україні найважливішим джерелом благородних металів є вторинна сировина: відходи металургійного виробництва, відпрацьовані автокаталізатори, каталізатори хімічних виробництв, електронний брухт, шлаки та інші відходи. Через неоднорідність складу таких об'єктів та невисокий вміст у них благородних металів визначення останніх дотепер вважається однією з найбільш складних задач сучасної аналітичної хімії. Тому роботи, започатковані проф. Чмиленко та спрямовані на розробку нових методик розкриття геологічних зразків та визначення платиноїдів (включаючи найбільш рідкісний Осмії), мали велике прикладне значення. Поставлені задачі були вирішені в роботах учнів Федора Олександровича, а їх результати покладені в основу ряду наукових статей [49–56], а також дисертацій Н. М. Смітюк (2004 р.), В. О. Воропаєва (2005 р.), С. М. Худякової (2006 р.), науковим керівником яких був Ф. О. Чмиленко. Ефективність, новизна та оригінальність цих досліджень захищено патентами України [45; 57]. Для студентів хімічного факультету видано навчальний посібник, присвячений аналітичній хімії благородних металів [58].

У ході вирішення різноманітних аналітичних задач Ф. О. Чмиленко особливе місце відводив аналітичним органічним реагентам. Було показано не тільки перспективність застосування похідних димеркаптотіопірому (ДТ) як іонофорів для виготовлення іоноселективних мембран потенціометричних сенсорів, але і вперше розроблено відповідні мембрани на певні хімічні комплексні форми осмію(VI) [59].

Завдяки Федору Олександровичу вперше опубліковано наукові статті, присвячені особливостям механізму взаємодії ДТ з благородними металами [60]. Вперше описано взаємодію йонів Рутенію з 3-метил-2,6-димеркапто-1,4-тіопіроном (МДТ) та показано застосування даного реагенту для фотометричного визначення Ru (IV) у присутності Os (IV), Pt (IV) та Pd (II), а також кількісного визначення фотометричним титруванням цих компонентів у сумішах без їх попереднього розділення [61].

Розробленню нових аналітичних форм Осмію на основі ДТ для його селективного та чутливого визначення, експресних прийомів пробопідготовки, включаючи, і методики цього визначення у природних і технологічних об'єктах присвячено роботи [62; 63].

Федір Олександрович завжди тримав руку на «пульсі» науки і цього вимагав від своїх учнів. Одним із найбільш перспективних напрямків сучасної аналітичної хімії є мікроекстракційні методи пробопідготовки, що не тільки сприяють розробці гібридних методів визначення речовини, але і відповідають вимогам «зеленої» хімії. Серед перших робіт у цьому напрямку під керівництвом проф. Чмиленка, що дала поштовх розвитку мікроекстракційних методів на кафедрі аналітичної хімії ДНУ, визначення паладію(II) [64]. Було описано нові властивості ДТ та розроблено ефективні методики визначення Pd (II) у водних розчинах, що поєднують мікроекстракційне концентрування з використанням порожнистих поліпропіленових волокон, заповнених екстрагентом – 3-феніл-2,6-димеркапто-1,4-тіопіроном (ФДТ) в амілацетаті, та наступне спектрофотометричне детектування аналітичного сигналу.

Розвиток методів концентрування, особливо в останнє десятиріччя, показав перспективність сорбційного концентрування платиноїдів, Ауруму та Аргентуму у тому числі із розчинів переробки вторинної сировини, що забезпечує високі коефіцієнти концентрування елементів та відрізняється найбільшою технологічністю, екобезпечністю та легкістю автоматизації. Професором Чмиленко з учнями у цьому напрямку було вперше отримано та описано твердофазні ДТ, що іммобілізовані на матрицях різної природи, розроблено новий сорбент на основі метилсилікатної кислоти (МСК), модифікованої МДТ, для концентрування та визначення різних хімічних форм Осмію [65].

Крім того, вперше розроблено комплекс чутливих і селективних тест-методик візуального та сорбційно-кольорометричного визначення ряду йонів платинових металів у реальних об'єктах [66; 67]. Розроблено новий гібридний органо-полімерний сорбент на основі МСК, модифікованої ФДТ та полівінілпіролідом для селективного та

чутливого тест-визначення мікродомішок Pd (II) у варіанті індикаторної трубки [68].

## 5. Аналітична хімія поліелектролітів

В середині 90-х років від керівництвом проф. Ф. О. Чмиленка на кафедрі розпочалися дослідження в галузі аналітичної хімії поліелектролітів (ПЕ), які спочатку розглядали як модифікатори фізико-хімічних властивостей органічних реагентів [69]. В тих же дослідженнях продовжено застосування впливу УЗ-полів на утворення аналітичних форм і вперше показано, що тільки завдяки їх дії вдається отримати гомогенну систему, придатну для спектрофотометричних вимірювань [70].

По мірі розширення і накопичення матеріалів, відзначалися виявлені нові ефекти, виникали нові погляди і підходи до створення аналітичних систем. Так, у роботах Ю. М. Піскун, Л. П. Жук, О. В. Терещенко, К. О. Галімбаєвської (Чебрової) [71–74], було досліджено асоціацію часток азобарвника на полімерному ланцюгу, подібну утворенню *n*-вимірних агрегатів у концентрованих розчинах метилового оранжевого; утворення іонних асоціатів і декількох форм агрегатів при взаємодії трифенілметанових барвників фенолового червоного і хлорфенолового червоного з хлоридом полігексаметиленгуанідинію (ПГМГ), склад яких доведено спектрофотометричним, турбидиметричним, рефрактометричним і кондуктометричним методами. Розроблено двостадійну методику кількісного аналізу ПЕ, що знизило похибку аналізу до 1%.

Показано, що полівінілпіролідон (ПВПД) та полівініловий спирт (ПВС), традиційно нейоногенні ПАР, утворюють асоціати також із катіонними барвниками, при цьому у розчині існують мономерна та димерна форми барвників. Значення констант зв'язування з ПВПД вище, ніж у випадку ПВС приблизно у 100 разів. Величини констант димеризації за умов наявності у розчині полімерів зменшується приблизно втричі, що вказує на перебіг процесу дезагрегації у водно-полімерних середовищах.

Спрогнозований Федором Олександровичем новий підхід, застосований в дослідженнях М. В. Харун, завдяки яким доведено ефективність застосування органічних розчинників для визначення молярних мас ПВПД. Оригінальне рішення щодо кількісного аналізу вмісту ПЕ знайшло відображення у роботі К. О. Галімбаєвської

(Чебрової) [71] застосуванням двостадійної методики. На першій стадії здійснювали попередню оцінку концентрації ПЕ за лінійним градувальним графіком. На другій – визначали точну концентрацію ПЕ у розчині за градувальною залежністю, отриманою обробкою експериментальних даних із застосуванням рівняння полінома 2-ї степені. За відповідністю екстремальних точок (макс. та мін.) градування і аналізованих зразків розраховували точну концентрацію ПЕ [71]. Запропонований підхід дав можливість знизити похибку аналізу поліелектролітів до 1 %.

Федір Олександрович добре усвідомлював важливість проведення процедур валідації при розробці методик для аналізу фармацевтичних препаратів. Саме в цій площині під керівництвом проф. Ф. О. Чмиленка виконано роботу Іваниці Л. О., в якій уперше до спектрофотометричних методик аналізу ПЕ застосовано прийоми валідації, підтверджена придатність методик контролю вмісту ПЕ у лікарських препаратах та дезинфікуючих розчинах, запропоновано критерії прийнятності для отриманих результатів [75; 76].

Показано, що потрібні металополімерні комплекси (ПМПК) є універсальною аналітичною формою, яка дозволяє визначати вміст, як полімерної речовини, так і йону металу (Ge (IV), Mo (VI), Zn (II)). Запропоновані нові високочутливі спектрофотометричні методики визначення ПГМГ та ПВПД у вигляді ПМПК з 2,3,7-тригідроксо-6-флуоронами та іонами Cu (II), Mo (VI), Bi (III), Al (III) дозволяють перейти від поліноміальних градувальних залежностей до лінійних графіків у більш широкому концентраційному інтервалі та визначати вміст ПЕ нижче рівня їх ГДК [77–79]. Величезний обсяг досліджень, присвячений ПМПК, систематизовано у багатьох кандидатських дисертаціях, наукових статтях, монографіях [80–89].

Виявлено нові аспекти взаємодії барвників різної природи з катіонними ПЕ та ПЕ неіоногенної природи, зокрема ПВПД різних молекулярних мас [89–93]. Введення ПВПД у водні розчини змінює характер гідратації йонів металу та зменшує внесок більш гідролізованих форм. Барвники та іони металів у присутності ПВПД утворюють ПМПК різного складу. Для встановлення співвідношення компонентів у ПМПК

запропоновано використовувати спектрофотометричне титрування.

Проведено модифікацію ПМПК неорганічними електролітами [75–77; 83–86] та катіонним ПЕ (ПГМГ). Ефект введення ПЕ в аналітичну систему перевищує дію неорганічних електролітів до 9 разів. Встановлено аналогію між полімерно-сольовими комплексами та міцелами, що мають заряд та закутані «шубою» з протийонів та розчинника. Завдяки плідній співпраці з проф. Чмиленко Ф. О. та доц. Чмиленко Т. С. дано пояснення цим ефектам. Вони обумовлені: по-перше, зміною кластерної структури води, що приводить до зміни дипольного моменту кластерів та, як наслідок, впливає на мікрооточення ПМПК; по-друге, утворенням у водних розчинах полімерів (теорія Хохлова) двофазної системи: водно-полімерної (фаза I) та водної (фаза II).

Порівнянням спектральних характеристик барвників та бінарних комплексів з іонами металів за умов присутності ПВПД у водному та водно-органічних середовищах (розчинник: етанол, оцтова кислота) досягнуто збільшення інтенсивності аналітичного сигналу у 3–5 разів [74; 77; 87].

Усі роботи з ПЕ надихала, підтримувала, консультувала, весь час була поряд, Тетяна Степанівна Чмиленко, яка надала нове бачення, теоретичне обґрунтування уявленням про стан аніонних органічних барвників у водно-поліелектролітних середовищах, принципам предорганізації органічних реагентів, про фіксацію органічних реагентів, металів або неорганічних металохелатів на полійоні як матриці, систематизувала і узагальнила матеріал з визначення ПЕ і використання предорганізованих ними органічних реагентів в аналізі [74]. З'ясовано, що при модифікації неорганічними солями та ПЕ найбільші зміни аналітичного сигналу ПМПК досягаються при взаємодії асоціату аніонний барвник-ПВПД з іонами металів.

Роботи з модифікації та оптимізації властивостей органічних реагентів були спрямовані на підвищення чутливості та вибіркової аналітичних визначень із застосуванням ПЕ шляхом варіювання факторів середовища (використання суміші поліелектролітів неіоногенної та катіоногенної природи, організованих середовищ, неводних розчинників, різного

роду додатків) [80–84; 90–92]. Такі розробки покладено в основу комплексу спектрофотометричних методик: визначення Купруму(II) у питній воді та алюмінієвих сплавах [80; 90], ураніл-катиону [82] у шахтній воді у вигляді ПМПК, що модифіковані неорганічними солями: NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KCl. Особливої актуальності розробкам у цій галузі надає відповідність ПЕ принципам зеленої хімії: мінімальний ризик хімічної токсичності ПЕ та аналітичний ефект у дуже розведених розчинах (~10<sup>-8</sup>–10<sup>-6</sup> М) порівняно з класичними модифікаторами – ПАР.

Цікавим було запропоноване Федором Олександровичем застосування полімерних речовин для стабілізації олійних концентратів (ПВПД) та отримання і захисту кристалів β-каротину (утворенням на їх поверхні наночастинок хітозану) без використання органічних розчинників і захисту їх від руйнуючої дії кисню та світла [93; 94].

Асоціати та ПМПК на основі ПВПД успішно використані у якості електродно-активних речовин (ЕАР) у складі полімер-селективних потенціометричних сенсорів [85–89; 95]. Генератором ідей стосовно електрохімічних досліджень поліелектролітних розчинів також виступив проф. Ф. О. Чмиленко. Запропоновані сенсори дали можливість визначати вміст ПВПД як в області середніх концентрацій, так і низьких.

Апробація результатів роботи підтвердила можливість визначення високомолекулярних фракцій ПВПД у зразках сечі без відокремлення білку та стічних водах фармацевтичних підприємств. Вирішено питання визначення високомолекулярних фракцій у біорідинах, субстанціях та лікарських формах [86; 87]. Особливістю сконструйованих сенсорів є те, що вони дозволяють визначати як ПВПД, так і йони металу, який входить до складу ЕАР. Закладені основи дозволили розробити потенціометричні сенсори для контролю якості харчових продуктів, зокрема алкогольних та безалкогольних напоїв, на вміст харчової добавки Е-1201 (залишкових кількостей низькомолекулярного ПВПД) [88], основні переваги яких: низька межа визначення, експресність та відсутність складних етапів пробопідготовки.

Генетично пов'язаний з новітніми підходами до створення електрохімічних і оптичних сенсорів напрямок досліджень під

керівництвом Федора Олександровича знайшов продовження в роботах Гуртової О. В. У них вперше досліджено вплив різних пластифікаторів на ефективність і коефіцієнт селективності потенціометричного датчика, створеного на основі молекулярно імпринтованого полімеру (МІР) у змішаних неводних середовищах. Дослідження проводили для імплантованого пропанолу МІР. Пластифікатори (ди-н-октилфталат (DOP), дибутилфталат (DBP) та діоктилсебакат (DOS)) використовували у датчиках на основі МІР для потенціометричного визначення пропранололу, а також для зміни опору чутливої мембрани полівінілхлориду і поліпшення межі виявлення і селективності електродів. Доведено, що для пропранолол-селективних датчиків характер пластифікатора впливає на розподіл часток МІР в полівінілхлориді, нахил електродної функції, лінійний діапазон і коефіцієнти селективності. Застосування пропонованих датчиків було перевірено за допомогою потенціометричного визначення компонентів фармацевтичних композицій [96; 97].

Із застосуванням подібної техніки виготовлені чутливі елементи (оптоди) на основі трифенілметанового барвника бромфенолового синього (БФС) та азобарвника піридилазорезорцину (ПАР) зі стиrolакриловою (САД) та стиrol-бутадієною дисперсією (СБД) для визначення вмісту важких металів: Плюмбуму, Цинку, Купруму. Запропоновано умови для визначення іонів металів за допомогою синтезованих чутливих індикаторних плівок на основі ПАР-САД та ПАР-СБД для фотометричного та візуального визначення іонів металів із застосуванням градуальної залежності та кольорової шкали [98].

Під керівництвом Федора Олександровича у роботах Чернявської А. Ю. досліджено вплив густини заряду поліелектроліту на хіміко-аналітичні властивості деяких органічних барвників та комплексів органічний барвник-метал. Розроблено методики спектрофотометричного визначення густини заряду та концентрації катіонного поліелектроліту [99; 100], кількісного визначення скандію у сплаві 01570 після попередньо виділення осадами з NaOH у вигляді аналітичної форми ЕХЦ-FO4700-Sc,

запропоновано тест-шкали для його візуального визначення [101; 102].

## 6. Висновки

Увага і турбота Федора Олександровича були спрямовані на підготовку кадрів хіміків-аналітиків. Студенти, які спеціалізувались на кафедрі аналітичної хімії, із вдячністю згадують, як по-батьківськи турботливо Федір Олександрович їх опікував у процесі навчання, виконання та захисту дипломних робіт. І це була не поблажливість. Вимогливий як до себе, так і до студентів, він завжди допомагав молоді розібратися у проблемах, що виникали при цьому, приймаючи виважені рішення для їх розв'язання. На наукових студентських семінарах Федір Олександрович обов'язково відмічав навіть найменші позитивні моменти у відповідній роботі кожного студента. Професор Чмиленко запам'ятався майбутнім спеціалістам як провідник у їх самостійну професійну діяльність.

Важливо відзначити, що наукова спадщина Федора Олександровича не втратила свого значення і сьогодні. Під науковим керівництвом його учнів продовжується робота за основними науковими напрямками кафедри аналітичної хімії, які започаткував та розвинув професор Чмиленко: прискорення пробопідготовки фізичною дією і визначення важких та біоактивних металів у біооб'єктах та об'єктах довкілля; концентрування мікродомішок благородних металів та розробка гібридних методів для їх визначення у різноманітних об'єктах з використанням аналітичних органічних реагентів; розробка спектроскопічних, хроматографічних методик аналізу харчових продуктів; аналітичне застосування поліелектролітів для розвитку методів молекулярної абсорбційної спектроскопії, потенціометрії; створення і функціонування потенціометричних і оптичних сенсорів для визначення біологічно важливих сполук.

## 7. Бібліографічні посилання

- [1] Использование ультразвука в химическом анализе / Ф. А. Чмиленко, А. Н. Бакланов, Л. П. Сидорова, Ю. М. Пискун // Журн. аналит. химии. 1994. – Т. 49, N 6. – С. 1-7.
- [2] Чмиленко Ф. А. Концентрирование микропримесей железа соосаждением на коллекторе, полученном анодным растворением магния / Ф. А. Чмиленко, Л. П. Сидорова, А. Н. Бакланов // Химия и технология воды. – 1993. – Т. 15, N 7-8. – С. 527-530.
- [3] Чмиленко Ф. А., Управление сорбционными свойствами коллектора физическим воздействием

/ Ф. А. Чмиленко, Л. П. Сидорова, А. Н. Бакланов // Журн. аналит. химии. – 1997. – Т. 52, N 3. – С. 237-239.

- [4] Чмиленко Ф. А. Анализ поваренной соли / Ф. А. Чмиленко, А. Н. Бакланов, Г. М. Безкровный. – Д.: Вид-во ДГУ, 1994. – 276 с.
- [5] Чмиленко Ф. А. Ультразвук в аналитической химии. Теория и практика: Монография / Ф. А. Чмиленко, А. Н. Бакланов. – Д.: Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 2001. – 264 с.
- [6] Ультразвуковая интенсификация пробоподготовки для спектрофотометрического определения мышьяка в различных пищевых продуктах / Ф. А. Чмиленко, А. Н. Бакланов, Л. П. Сидорова [и др.] // Журн. аналит. химии. – 2001. – Т. 56, N 1. – С. 18-22.
- [7] Speedy technique of chromatographic determination of toxic metals in drinking water / N. P. Minaeva, A. V. Sandomirskii, L. P. Sidorova, F. A. Chmilenko // J. Water Chem. Technol. – 2009. – Vol. 31, N 5. – P. 305-309.
- [8] Baklanov A. N. Analysis of Food Products Using Carbonization and Ultrasonic Technique / A. N. Baklanov, Yu. V. Bokhan, F. A. Chmilenko // J. Anal. Chem. – 2003. – Vol. 58, N 5. – С. 489-493.
- [9] Чмиленко Ф. А. Идентификация и определение транс-изомеров жирных кислот в масложировой промышленности (Обзор) / Ф. А. Чмиленко, Л. П. Сидорова, Н. П. Минаева // Методы и объекты химического анализа. – 2010. – Т. 5, N 3. – С. 106-117.
- [10] Чмиленко Ф. А. Определение ГМО в продуктах питания методом полимеразной цепной реакции в реальном времени. Сравнение методик выделения ДНК / Ф. А. Чмиленко, Н. П. Минаева, Л. П. Сидорова, // Методы и объекты химического анализа. – 2011. – Т. 6, N 1. – С. 28-37.
- [11] Идентификация барвников в напитках методом высокочувствительной жидкостной хроматографии / Ф. О. Чмиленко, Н. П. Минаева, О. В. Сандомирский, Л. П. Сидорова // Харчова промисловість. – 2008. – N 7. – С. 17-19.
- [12] Экстракционно-хроматографическое определение вмісту синтетических барвников в харчових продуктах / Ф. О. Чмиленко, Ю. А. Минаева, Л. П. Сидорова, К. В. Шкуровська // Вопросы химии и химической технологии. – 2014, N 2. – С. 45-49.
- [13] Установление фальсификации молочной продукции методами газовой хроматографии / Ф. А. Чмиленко, Н. П. Минаева, А. В. Сандомирский, Л. П. Сидорова // Методы и объекты химического анализа. – 2009. – Т. 4, N 1. – С. 60-66.
- [14] Chmilenko F. A. Complex chromatographic determination of the adulteration of dairy products: A new approach / F. A. Chmilenko, L. P. Sidorova, N. P. Minaeva // J. Anal. Chem. – 2011. – Vol. 66, N 7. – P. 572-581.
- [15] Чмиленко Ф. О. Хроматографическое определение транс-изомеров жирных кислот в масложировой продукции / Ф. О. Чмиленко, Л. П. Сидорова, Н. П. Минаева // Журнал «Наукові праці НУХТ». – 2012, N 42. – С. 92-96.
- [16] Пат. 94223 Україна, МПК G 01N 33/03, 33/04. Спосіб визначення немолочного жиру в молочній продукції з низьким вмістом жиру / Чмиленко Ф. О., Сидорова Л. П., Минаева Н. П., Сандомирський О. В. (Україна); заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет

- імені Олесь Гончара – № а 2007 11615; заявл. (22.10.2007); опубл. 26.04.2011, Бюл.№ 8. – 8 с.
- [17] Пат. 102548 Україна МПК G 01N 33/03, 33/04. Спосіб комплексного хроматографічного встановлення наявних рослинних жирів в молокопродуктах / Чмиленко Ф. О., Дронь М. М., Сидорова Л. П., Мінаєва Н. П. Дніпропетровський національний університет імені Олесь Гончара – № а 2010 1558; заявл. (23.12.1010); опубл. 25.07.2013, Бюл. № 14. – 4 с.
- [18] Чмиленко Т. С. Методичний підхід до складання мікроелементного портрету захворювання за вмістом Zn, Ni, Pb, Cd та Cu у волоссі дітей / Т. С. Чмиленко, О. В. Саєвич, Ф. О. Чмиленко // Медичні перспективи. – 2006. – Т. 11, N 4. – С. 67–73.
- [19] Хімічні елементи в організмі людини – у нормі та в патології: Укр.-рос. довід./ Ф. О. Чмиленко, Т. С. Чмиленко, Ю. С. Сапа, О. В. Саєвич; За заг. ред. д-ра хім. наук, проф. Ф.О. Чмиленко. – Д.: Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 2006. – 216 с.
- [20] Чмиленко Ф. О. Прискорення етапів пробопідготовки біомедичних об'єктів/ Ф. О. Чмиленко, В. І. Коробов, О. В. Саєвич // Вопросы химии и химической технологии. – 2008, N 6. – С. 106–111.
- [21] Чмиленко Ф. О. Атомно-абсорбционное определение металлов в крови / Ф. О. Чмиленко, Н. М. Смитюк, О. В. Саєвич // Вопросы химии и химической технологии. – 2009, N 2. – С. 95–101.
- [22] Чмиленко Ф. А. Особенности пробоподготовки образцов мягких тканей при определении металлов / Ф. А. Чмиленко, О. В. Саєвич // Методы и объекты химического анализа. – 2010. – Т. 5, N 1. – С. 14–18.
- [23] Ускоренная методика определения некоторых металлов в пробах костной и хрящевой ткани / Ф. А. Чмиленко, Н. М. Смитюк, О. В. Саєвич, М. Л. Борисенко // Вопросы химии и химической технологии. – 2011, N 3. – С. 87–91.
- [24] Чмиленко Ф. О. Микроволновое излучение в пробоподготовке биомедицинских образцов при определении металлов / Ф. О. Чмиленко, О. В. Саєвич, Т. С. Чмиленко // Вопросы химии и химической технологии. – 2011, N 5. – С. 89–92.
- [25] Чмиленко Ф. А. Химический анализ крови / Ф. А. Чмиленко, О. В. Саєвич // Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem. – 2012. – Т. 20, N 3/1. – С. 47–57.
- [26] Чмиленко Ф. А. Современные тенденции развития многоэлементного анализа биологических проб / Ф. А. Чмиленко, О. В. Саєвич // Вопросы химии и химической технологии. – 2013, N 3 – С. 152–157.
- [27] Chmilenko F. A. Atomic Absorption Determination of Metals in Soils Using Ultrasonic Sample Preparation / F. A. Chmilenko, N. M. Smityuk, A. N. Baklanov // J. Anal. Chem. – 2002. – Vol. 57, N 4. – С. 313–318.
- [28] Чмиленко Ф. А. Использование ультразвука при определении валового содержания тяжелых металлов в черноземах / Ф. А. Чмиленко, Н. М. Смитюк // Почвоведение. – 2004, N 6. – С. 685–690.
- [29] Чмиленко Ф. А. Ультразвуковая интенсификация пробоподготовки различных генетических типов почв при определении подвижных и валовых форм химических соединений / Ф. А. Чмиленко, Н. М. Смитюк, А. Н. Бакланов // Грунтознавство. – 2005. – Т. 6, N 1–2. – С. 99–107.
- [30] Чмиленко Ф. А. Ультразвук в определении растворимых форм металлов в почвах / Ф. А. Чмиленко, Н. М. Смитюк, А. Н. Бакланов // Вопросы химии и химической технологии. – 2001. – N 3. – С. 12–15.
- [31] Ультразвуковая подготовка почв при определении растворимых форм бора / Н. М. Смитюк, А. Н. Бакланов, Г. Б. Хоменко, Ф. А. Чмиленко // Вопросы химии и химической технологии. – 2001, N 6. – С. 10–13.
- [32] Чмиленко Ф. А. О содержании подвижных форм тяжелых металлов в почве г. Днепропетровска / Ф. А. Чмиленко, Н. М. Смитюк // Вісник ДНУ. Серія «Біологія, екологія». – 2001. – Т. 2, N 9. – С. 126–128.
- [33] Чмиленко Ф. А. Атомно-абсорбционное и атомно-эмиссионное определение Na, K, Ca и Mg в водной вытяжке из чернозема обыкновенного с ультразвуковой интенсификацией пробоподготовки / Ф. А. Чмиленко, Н. М. Смитюк // Грунтознавство. – 2002. – Т. 3, N 3-4. – С. 102–106.
- [34] Ускоренное определение подвижных форм тяжелых металлов в почвах различных типов / Ф. А. Чмиленко, Н. М. Смитюк, Т. С. Чмиленко, А. Н. Бакланов // Вопросы химии и химической технологии. – 2009, N 3 – С. 131–136.
- [35] Чмиленко Ф. О. Визначення рухливих форм мангану в ґрунтових витяжках з використанням ультразвуку на стадії пробопідготовки / Ф. О. Чмиленко, Н. М. Смитюк // Sci. Bull. Uzhgorod Univ. (Ser. Chem.). – 2013, N 1 (29). – С. 34–39.
- [36] Чмиленко Ф. О. Вплив ультразвуку на фізико-хімічні показники чорнозему звичайного при отриманні ґрунтових витяжок / Ф. О. Чмиленко, Н. М. Смитюк, Е. Г. Ковирева // Грунтознавство. – 2009. – Т. 10, N 3–4. – С. 123–129.
- [37] Чмиленко Ф. О. Використання ультразвукових полів в аналізі гумінових та фульвокислот чорноземів / Ф. О. Чмиленко, Н. М. Смитюк, Я. Д. Сафонова // Sci. Bull. Uzhgorod Univ. (Ser. Chem.). – 2012, N 1(27). – С. 58–63.
- [38] Чмиленко Ф. О. Мікрохвильове поле в процесі пробопідготовки чорноземів при визначенні металів/ Ф. О. Чмиленко, Н. М. Смитюк // Грунтознавство. – 2010. – Т. 11, N 3-4. – С. 113–119.
- [39] Аналітичний процес хімічної експертизи ґрунтів на вміст важких металів / Ф. О. Чмиленко, Н. М. Смитюк, Ю. В. Бохан, Я. В. Нужна // Криміналістичний вісник: Науково-практичний збірник. – 2012, N 2(18). – С. 151–156.
- [40] Чмиленко Ф. О. Акустичні хвилі в пробопідготовці гетерогенних систем / Ф. О. Чмиленко, Н. М. Смитюк, Ю. Ю. Кононенко // Вісник ДНУ. Серія «Ракетно-космічна техніка». – 2011, N 4, вип. 15/2. – С. –192–199.
- [41] Изменение состояния марганца при обработке растворов низкотемпературной плазмой / Ф. А. Чмиленко, Т. М. Деркач, А. А. Пивоваров, Н. М. Щеголихина // Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem. – 1998, N 2. – С. 14–18.
- [42] The change of chromium ions state in solution under the plasmochemical processing / F. A. Chmilenko, T. M. Derkach, N. M. Schegolikhina [et al.] // He-Huaxue yu Fangshe Huaxue/Journal of Nuclear and Radiochemistry. – 1998. – Vol. 20, N 4. – P. 257–261.
- [43] Sample preparation by plasma chemistry in the atomic-absorption determination of silver in process solutions / F. A. Chmilenko, A. A. Pivovarov, T. M. Derkach, A. N. Kuksenko // J. Anal. Chem. – 1997. – Vol. 52, N 4. – P. 311–313.

- [44] Chmilenko F. A. Intensification of the decomposition of copper-nickel sulfide ores using low-temperature plasma / F. A. Chmilenko, T. M. Derkach, A. V. Smityuk // *J. Anal. Chem.* – 2000. – Vol. 55, N 4. – P. 327–330.
- [45] Пат. 50211 А Україна МПК 6 G01 N 1/28. Спосіб розкриття геологічних зразків, що містять благородні метали / Чмиленко Ф. О., Воропаєв В. О., Деркач Т. М. Дніпропетровський національний університет – №2001118017; заявл. 23.11.2001; опубл. 15.10.2002, Бюл. № 10. – 4 с.
- [46] Derkach T. M. Intensification of sample preparation for atomic absorption by plasma treatment / T. M. Derkach, F. A. Chmilenko, A. V. Krajnikov // *Вісник Харківського національного університету.* №669. Серія Хімія. – 2005, Вип. 13(36). – С. 83–92.
- [47] Пат. 24249 А Україна МПК С 02 F 1/78. Спосіб очистки стічних вод та технологічних розчинів від ціанідів / Чмиленко Ф. О., Пивоваров О. А., Деркач Т. М., Куксенко О. М. Закрите акціонерне товариство «Техносистема» – №97010154; заявл. 15.01.1998; опубл. 30.10.1998, Бюл. № 5. – 2 с.
- [48] Плазмохимическое обезвреживание цианидсодержащих сточных вод / А. А. Пивоваров, Ф. А. Чмиленко, Т. М. Деркач [и др.] // *Химия и технология воды*, 1996. – Т. 18, N 4. – С. 416–419.
- [49] Atomic Absorption Assay of Noble Metals in Ores with the Use of Sample Decomposition by Ultrasound / F. A. Chmilenko, V. A. Voropaev, T. M. Derkach, A. N. Baklanov // *J. Anal. Chem.* – 2002. – Vol. 57, N 9. – P. 784–787.
- [50] Атомно-абсорбционное определение золота в серосодержащих объектах после ультразвукового ускорения обжига проб / Ф. А. Чмиленко, В. А. Воропаев, Т. М. Деркач, А. В. Бильченко // *Вопросы химии и химической технологии.* – 2002, N 6. – С. 22–24.
- [51] The fire-assay-atomic-absorption definition with use of ultrasound of the gold contents in ores / F. A. Chmilenko, V. A. Voropaev, T. M. Derkach, N. V. Romanova // *Journal of Institute of Science and Technology of Palik Efin University.* – 2003. – P. 16–19.
- [52] Чмиленко Ф. А. Снижение потерь благородных металлов в шлаках пробирной плавки / Ф. А. Чмиленко, В. А. Воропаев, Т. М. Деркач // *Вопросы химии и химической технологии.* – 2004, N 1. – С. 19–22.
- [53] Определение содержания благородных металлов в медьсодержащих объектах с использованием пробирного концентрирования на стадии пробоподготовки / Ф. А. Чмиленко, В. А. Воропаев, Н. М. Смитюк [и др.] // *Вопросы химии и химической технологии.* – 2004, N 5. – С. 23–26.
- [54] Ультразвук на стадії пробопідготовки геологічних об'єктів при визначенні аурому, аргентуму і паладію / Ф. А. Чмиленко, Н. М. Смитюк // *Sci. Bull. Uzhgorod Univ. (Ser. Chem.).* – 2004, N 11–12. – С. 55–60.
- [55] Chmilenko F. A. Complexation of Osmium(IV) with 3-Methyl-2,6-Dimercapto-1-Thiopyrone-4 and Its Catalytic Application / F. A. Chmilenko, S. N. Khudyakova // *J. Anal. Chem.* – 2005. – Vol. 60, N 11. – P. 1014–1018.
- [56] Чмиленко Ф. О. Визначення осмію(VI) в присутності платини(IV), паладію(II), аурому(III), аргентуму(I) і рутенію(VI) / Ф. О. Чмиленко, С. М. Худякова, О. О. Воропаєва // *Вопросы химии и химической технологии.* – 2005, N 6. – С. 43–49.
- [57] Пат. 85511 Україна, МПК G01N 31/22. Спосіб визначення Осмію / Чмиленко Ф. О., Худякова С. М., Чмиленко Т. С. Дніпропетровський національний університет – № a200613447; заявл. 18.12.06; опубл. 26.01.09, Бюл. № 2. – 4 с.
- [58] Чмиленко Ф. О. Аналітична хімія благородних металів [Текст]: навч. посіб. / Ф. О. Чмиленко, В. О. Воропаєв, С. М. Худякова. – Д.: РВВ ДНУ, 2008. – 52 с.
- [59] Пат. 88902 Україна, МПК G01N 27/333. Спосіб одержання мембрани іоноселективного електроду для визначення Осмію / Чмиленко Ф. О., Худякова С. М. Дніпропетровський національний університет – №a200612821; заявл. 04.12.06; опубл. 10.12.09, Бюл. № 23. – 4 с.
- [60] Чмиленко Ф. А. Об особенностях механизма взаимодействия некоторых серосодержащих аналитических реагентов с благородными металлами / Ф. А. Чмиленко, С. Н. Худякова, Т. С. Чмиленко // *Вопросы химии и химической технологии.* – 2007, N 5. – С. 21–27.
- [61] Дифференциальное фотометрическое титрование рутения(IV) в сочетании с осмием(IV), палладием(II) и платиной(IV) / Ф. О. Чмиленко, С. М. Худякова, А. О. Харіна, Ю. В. Левчакова // *Вопросы химии и химической технологии.* – 2010, N 2. – С. 80–85.
- [62] Chmilenko F. A. Titrimetric determination of small amounts of osmium in the gas condensate and mine water / F. A. Chmilenko, S. N. Khudyakova // *J. Water Chem. Technol.* – 2008. – Vol. 30, N 3. – P. 157–160.
- [63] Chmilenko F. A. Spectrophotometric determination of osmium with the use of 3-methyl-2,6-dimercapto-1,4-thiopyrone in concentrates and alloys / F. A. Chmilenko, S. N. Khudyakova // *J. Anal. Chem.* – 2008. – Vol. 63, N 5. – P. 439–445.
- [64] Чмиленко Ф. О. Мікроекстракційне концентрування паладію(II) для спектрофотометричного визначення / Ф. О. Чмиленко, С. М. Худякова, М. О. Романько // *Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem.* – 2012, N 18. – С. 64–71.
- [65] Чмиленко Ф. О. Твердофазний реагент на основі метилдимеркаптопірону для концентрування та визначення осмію(VI) / Ф. О. Чмиленко, С. М. Худякова, Л. О. Ключник // *Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem.* – 2009. – Т. 17, N 3/1. – Вип. 15. – С. 15–20
- [66] Chmilenko F. A. Sorption-colorimetric and test determination of osmium in alloys and concentrates / F. A. Chmilenko, S. N. Khudyakova // *J. Anal. Chem.* – 2010. – Vol. 65, N 9. – P. 907–911.
- [67] Chmilenko F. A. Sorption Preconcentration and Separation of Palladium(II) and Platinum(IV) for Visual Test and Densitometric Determination / F. A. Chmilenko, S. N. Khudyakova // *J. Anal. Chem.* – 2013. – Vol. 68, N 5. – P. 409–416.
- [68] Худякова С. М. Індикаторний порошок і індикаторна трубка на основі метилкремніевої кислоти з іммобілізованими похідними димеркаптопірону для кольорометричні і тест-визначення паладію (II) / С. М. Худякова, Ф. О. Чмиленко / *Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem.* – 2015. – Vol. 23, N 1. – P. 30–39.
- [69] Взаимодействие в системе уран (VI)-хромазуrol S-полисульфонилпиперидинилметилгидроксид / Ф. А. Чмиленко, Ю. М. Пискун, Т. С. Чмиленко [и др.]

- // Журн. коорд. химия. – 1999. – Т.25, N 6. – С. 478–480.
- [70] Чмиленко Ф. А. Стабилизация двойных R-ПАВ и тройных Me-R-ПАВ систем ультразвуковым воздействием / Ф. А. Чмиленко, Т. С. Чмиленко, Ю. М. Пискун // Вісник Дніпропетровського держуніверситету. Серія. Хімія. – 1998, N 2. – С. 80–83.
- [71] Chmilenko T. S. A new approach to the spectrophotometric determination of polyhexamethyleneguanidinium chloride / T. S. Chmilenko, E. A. Galimbievskaya, F. A. Chmilenko // J. Anal. Chem. – 2011. – Т. 66, N 6. – P. 600–606.
- [72] Чмиленко Т. С. Спектрофотометрическое исследование агрегации хлорфенолового красного в присутствии хлорида полигексаметиленгуанидиния / Т. С. Чмиленко, О. В. Терещенко, Ф. О. Чмиленко // Вопросы химии и химической технологии. – 2007, N 5. – С. 16–21.
- [73] Спектрофотометричне дослідження впливу полігуанідину на властивості барвників / Ф. О. Чмиленко, О. В. Терещенко, Л. П. Жук, Н. О. Задерай // Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem. – 2005, N 7. – С. 6–9.
- [74] Чмиленко Т. С. Образование бромфеноловым красным ионных ассоциатов и их взаимодействие с полигексаметиленгуанидином в водных растворах / Т. С. Чмиленко, Е. А. Галимбиевская, Ф. О. Чмиленко // Методи і об'єкти аналітичної хімії. – 2010. – Т. 5, № 1. – С. 19–28.
- [75] Валидационные характеристики методик определения гуанидиновых антисептиков / Л. А. Иваница, Т. В. Крутоголова, Т. С. Чмиленко, Ф. А. Чмиленко // Известия ВУЗов. Серия Химия и химическая технология. – 2014. – Т. 57, N 7. – С. 41–45.
- [76] Чмиленко Т. С. Статистические характеристики спектрофотометрической методики определения полигексаметиленгуанидина / Т. С. Чмиленко, Л. А. Иваница, Ф. А. Чмиленко // Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem. – 2014. – Т. 22, N 1. – С. 30–35.
- [77] Контроль содержания полигексаметиленгуанидина в суррогате спирта / Т. С. Чмиленко, Л. А. Иваница, Ю. В. Бохан [и др.] // Криміналістичний вісник: Науково-практичний збірник. – 2012, N 2(18). – С. 157–163.
- [78] Чмиленко Т. С. Спектрофотометрическое определение германия в коксе, углях и растительном материале / Т. С. Чмиленко, Л. А. Иваница, Ф. А. Чмиленко // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2014. – Т. 80, N 11. – С. 11–14.
- [79] Чмиленко Т. С. Спектрофотометрическое определение цинеба с использованием дисульфобензилфлуорона и полигексаметиленгуанидиний хлорида / Т. С. Чмиленко, Л. А. Иваница, Ф. А. Чмиленко // Вісник Харківського національного університету. № 1026. Серія Хімія. – 2012, Вип. 21(44). – С. 243–250.
- [80] Чмиленко Т. С. Аналитическая химия полиэлектролитов и их применение в анализе / Т. С. Чмиленко, Ф. А. Чмиленко. – Д.: Изд-во ДНУ, 2012. – 224 с.
- [81] Spectrophotometric determination of Cu(II) in water with phenylfluorone in the presence of polyvinylpyrrolidone and inorganic electrolytes / F. A. Chmilenko, O. V. Mikulenko, T. S. Chmilenko, E. V. Matorina // J. Water Chem. Technol. – 2007. – Vol. 29, N 3. – P. 139–143.
- [82] Взаємодія фенілфлуорону з іонами урану (VI) у організованому середовищі на основі полівінілпіролідону та електролітів / Т. С. Чмиленко, К. В. Маторіна, О. В. Мікуленко, Ф. О. Чмиленко // Методи та об'єкти хімічного аналізу. – 2008. – Т. 3, N 2. – С. 185–191.
- [83] Експрес-контроль вмісту фізіологічно-активного полімеру полівінілпіролідону з перспективою використання в космічних умовах / К. В. Маторіна, Т. С. Чмиленко, Ф. О. Чмиленко // Екологія та ноосферологія. – 2009. – Т. 20, N 1–2. – С. 71–77.
- [84] Спектрофотометрическое определение урана (VI) с хромазуролом S в присутствии смеси полимерных поверхностно-активных веществ / Ф. А. Чмиленко, Л. П. Жук, Т. С. Чмиленко [и др.] // Вопросы химии и химической технологии. – 1998, N 3. – С. 8–10.
- [85] Чмиленко Т. С. Сенсоры с потенциометрической регистрацией аналитического сигнала на основе ассоциатов и тройных металлополимерных комплексов с поливинилпирроли-доном как электродно-активных веществ мембран / Т. С. Чмиленко, Ф. А. Чмиленко, Е. В. Маторина // Вопросы химии и химической технологии. – 2011, N 4b. – С. 277–279.
- [86] Чмиленко Ф. О. Потрійні метало-полімерні комплекси як електродно-активні компоненти пластифікованих мембран іон-селективних електродів / Ф. О. Чмиленко, Т. С. Чмиленко, К. В. Маторіна // Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem. – 2011. – Т. 19, N 3/1. – Вип. 17. – С. 129–135.
- [87] Потенциометрические сенсоры для определения высокомолекулярного поливинилпирролидона / Т. С. Чмиленко, К. В. Маторіна, Ф. А. Чмиленко // Методи и объекты химического анализа. – 2013. – Т. 8, N 2. – С. 63–71.
- [88] Електродно-аналітичні властивості ПВХ-мембран на основі потрійних метало-полімерних комплексів / Т. С. Чмиленко, К. В. Маторіна, Ф. О. Чмиленко // Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem. – 2015. – Vol. 23, N 1. – С. 40–49.
- [89] Potentiometric membrane sensors for polyvinylpyrrolidone determination / F. A. Chmilenko, I. V. Korobova, O. V. Gurtovaya, T. S. Chmilenko // Talanta. – 2009. – Vol. 78, N 4–5. – P. 1259–1265.
- [90] Комплексоутворення фенілфлуорону, модифікованого полівінілпіролідонем, з іонами Купруму (II) у присутності сульфату натрію / Ф. О. Чмиленко, О. В. Мікуленко, Т. С. Чмиленко, К. В. Маторіна // Вопросы химии и химической технологии. – 2006, N 3. – С. 8–11.
- [91] Вплив електролітів на системи на основі фенілфлуорону, полівінілпіролідону та іонів Стануму (II) / Т. С. Чмиленко, К. В. Маторіна, О. В. Мікуленко, Ф. О. Чмиленко // Вопросы химии и химической технологии. – 2007, N 6. – С. 30–35.
- [92] Чмиленко Т. С. Особливості комплексоутворення у системах на основі бромпірогалолового червоного та полівінілпіролідону у спиртову середовищі / Т. С. Чмиленко, К. В. Маторіна, Ф. О. Чмиленко // Вопросы химии и химической технологии. – 2010, N 1. – С. 91–96.



- [93] Пат. 71467 Україна, МПК А7 С01D3/00. Спосіб одержання концентрату каротину в олії з β-біомаси гриба «Blakeslea trispora» / Чмиленко Ф. О., Жук Л. П., Чмиленко Т. С., Карнаухова Л. Ю. – Дніпропетровський національний університет – № 20031213173; заявл. 30.12.2003; опубл. 15.11.2004, Бюл. № 11. – 2 с.
- [94] Пат. 71498 Україна, МПК А7 С01D3/00. Спосіб одержання кристалічного β-каротину / Чмиленко Ф. О., Жук Л. П., Чмиленко Т. С., Карнаухова Л. Ю., Биков О. М. – Дніпропетровський національний університет – № 20031213301; заявл. 31.12.2003; опубл. 15.11.2004, Бюл. № 11. – 2 с.
- [95] Іонометричне визначення високомолекулярного полівінілпіролідону / Ф. О. Чмиленко, К. В. Маторіна, І. В. Коробова, Т. С. Чмиленко // Вопросы химии и химической технологии. – 2009, N 2. – С. 91–95.
- [96] Gurtova O. Potentiometric propranolol-selective sensor based on molecularly imprinted polymer / O. V. Gurtova, L. Ye, F. O. Chmilenko // Anal. Bioanal. Chem. – 2013. – Vol. 405. – P. 287–295.
- [97] Gurtova O. V. Effect of plasticizer on the characteristics of molecularly imprinted polymer based potentiometric sensor for propranolol / O. V. Gurtova, L. Ye, F. O. Chmilenko // Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem. – 2013. – T. 21, N 19. – С. 20–34.
- [98] Чабан В. В. Чутливі елементи на основі стирол-акрилової та стирол-бутадієнової дисперсії для фотометричного визначення йонів металів / В. В. Чабан, О. В. Гуртова, Ф. О. Чмиленко // Вісник ДНУ. Серія «Ракетно-космічна техніка». – 2015. – Т. 23, N 18(1). – С. 176–182.
- [99] Spectrophotometric determination of charge and concentration of cationic polyelectrolyte / T. S. Chmilenko, A. Yu. Chernyavskaya, E. A. Chebrova, F. A. Chmilenko // J. Water Chem. Technol. – 2015. – Vol. 37, N 4. – P. 161–165.
- [100] Аналитическая система для определения полиэлектролитов с различной плотностью заряда / Т. С. Чмиленко, А. Ю. Чернявская, И. Ю. Черноиваненко, Ф. А. Чмиленко // Вопросы химии и химической технологии. – 2015. – Т. 6. – С. 19–24.
- [101] Спектрофотометрическое определение скандия в сплаве 01570 / А. Ю. Чернявская, Л. П. Сидорова, Л. А. Иваница [и др.] // Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem. – 2017. – Т. 25, N 2. – С. 84–92.
- [102] Polyelectrolyte effect on spectrophotometric determination and interaction of scandium (III) with eriochromcyanine / L. P. Sydorova, A. Yu. Chernyavska, T. S. Chmylenko, F. A. Chmylenko // Eastern-european journal of interprise technologies. – 2017. – Vol. 4, N 6(88). – P. 53–58.
- [4] physical action]. *Zhurnal Analiticheskoi Khimii – J. of Analytical Chemistry*. 52(3), 237–239. (in Russian).
- [5] Chmilenko, F. A., Baklanov, A. N., Bezukrovniy, G. M. (1994). [Salt analysis]. Dnipropetrovsk, Ukraine: Vidavnyctvo DGU. (in Russian).
- [6] Chmilenko, F. A., Baklanov, A. N. (2001). [Ultrasound in Analytical Chemistry. Theory and practice]. Dnipropetrovsk, Ukraine: Vidavnyctvo DGU. (in Russian).
- [7] Chmilenko, F. A., Baklanov, A. N., Sidorova, L. P., Lebedeva, E. V., Lebedeva, A. V. (2001). [Ultrasound intensification of sample preparation for spectrophotometric determination of arsenic in various food products]. *Zhurnal Analiticheskoi Khimii – J. Anal. Chem.* 56(1), 18–22. (in Russian).
- [8] Minaeva, N. P., Sandomirskii, A. V., Sidorova, L. P., Chmilenko, F. A. (2009). Speedy technique of chromatographic determination of toxic metals in drinking water. *J. Water Chem. Technol.* 31(5), 305–309. <https://doi.org/10.3103/S1063455X09050051>
- [9] Baklanov A. N., Bokhan Yu. V., Chmilenko F. A. (2003). Analysis of Food Products Using Carbonization and Ultrasonic Technique. *J. Anal. Chem.* 58(5), 489–493. <https://doi.org/10.1023/A:1024090417149>
- [10] Chmilenko, F. A., Sidorova, L. P., Minaeva, N. P. (2010). [Authentication and determination of trans-isomers of fat acids in butter, fatty industry (Review)]. *Metody i Ob'ekty Himicheskogo Analiza – Methods and objects of chemical analysis*. 5(3), 106–117. (in Russian). <http://www.moca.net.ua/10/pdf/030510-106-117.pdf>
- [11] Chmilenko, F. A., Minaeva, N. P., Sidorova, L. P. (2011). [GMO determination in food products comparison of DNA extraction methods]. *Metody i Ob'ekty Himicheskogo Analiza – Methods and objects of chemical analysis*. 6(1), 28–37. (in Russian). <http://www.moca.net.ua/en/11/1en/01062011-28-37.pdf>
- [12] Chmilenko, F. A., Minaeva, N. P., Sandomirskiy, A. V., Sidorova, L. P., (2008). [Identification of dyes in beverages by high-performance liquid chromatography]. *Harchova promislovist – Food Industry*. 7, 17–19. (in Ukrainian). [http://old1.nuft.edu.ua/pdf\\_doc/zhurnal/h\\_prom/7/7\\_6.pdf](http://old1.nuft.edu.ua/pdf_doc/zhurnal/h_prom/7/7_6.pdf)
- [13] Chmilenko, F. O., Minaeva, Yu. A., Sidorova, L. P., Shkurovska, K. V. (2014). [Extraction-chromatographic determination of the content of synthetic dyes in food products]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 2, 45–49. (in Ukrainian). <http://udhtu.edu.ua/public/userfiles/file/VHHT/2014/2/JRN/PDF/11.pdf>
- [14] Chmilenko, F. A., Minaeva, N. P., Sandomirskiy, A. V., Sidorova, L. P. (2009) / [Identification of milk products falsification by gas chromatographic method]. *Metody i Ob'ekty Himicheskogo Analiza – Methods and objects of chemical analysis*. 4(1), 60–67. (in Russian). <http://www.moca.net.ua/09/pdf/04012009-060.pdf>
- [15] Chmilenko, F. A., Sidorova, L. P., Minaeva, N. P. (2011). Complex chromatographic determination of the adulteration of dairy products: A new approach. *J. Anal. Chem.* 66(7), 572–581. <https://doi.org/10.1134/S1061934811070057>
- [16] Chmilenko, F. A., Minaeva, N. P., Sidorova, L. P. (2012). [Chromatographic identification and determination of TIZHK in oil and fat products]. *Zhurnal «Naukovl pratsi Natsionalnogo Unversitetu Harchovih Tehnologiy» – Journal «Scientific works of National University of Food*

## 8. References

- [1] Chmilenko, F. A., Baklanov, A. N. Sidorova, L. P. Piskun, Yu.M. (1994) [Use of ultrasound in chemical analysis]. *Zhurnal Analiticheskoi Khimii – J. Anal. Chem.* 49(6), 1–7. (in Russian).
- [2] Chmilenko, F.A., Sidorova, L.P., Baklanov, A.N. (1993). [Concentration of iron micro-impurities by coprecipitation on a collector obtained by anodic dissolution of magnesium]. *Himiya i tehnologiya vody – J. Water Chem. Technol.* 15(7–8), 527–530. (in Russian).
- [3] Chmilenko, F. A., Sidorova, L. P., Baklanov, A. N. (1997) [Manage the sorption properties of the collector by

- Technologies». 42, 92–96. (in Ukrainian). <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/22544/1/42.pdf>
- [16] Chmilenko, F. O., Sidorova, L. P., Minaeva, N. P., Sandomirskiy, O. V. (2011). *Ukraine Patent No. 94223*. Dnipropetrovsk, Ukraine. Oles Honchar Dnipropetrovsk National University)
- [17] Chmilenko, F. O., Dron, M. M., Sidorova, L. P., Minaeva, N. P. (2013). *Ukraine Patent No. 102548*. Dnipropetrovsk, Ukraine. Oles Honchar Dnipropetrovsk National University)
- [18] Chmilenko, T. S., Saevich, O. V., Chmilenko, F. O. (2006) [Methodical approach to the preparation of a micronutrient portrait of the disease on the content of Zn, Ni, Pb, Cd and Cu in children's hair]. *Medichni perspektivi – Medical perspectives*. 11(4), 67–73. (in Ukrainian). <https://cyberleninka.ru/article/n/metodichniy-pidhid-do-skladannya-mikroelementnogo-portretu-zahvoryuvannya-za-vmistom-tsinku-nikelyu-plyumbumu-ferumu-ta-kuprumu-u.pdf>
- [19] Chmilenko, F. O., Chmilenko, T. S., Sapa, Yu. S., Saevich, O. V. (2006). [Chemical elements in the human body - in norm and in pathology: the Ukrainian-Russian directory]. In F. O. Chmilenko (Ed.). Dnipropetrovsk, Ukraine: Vidavnyctvo DGU. (in Ukrainian).
- [20] Chmylenko, F. O., Korobov, V. I., Saevich, O. V. (2008). [Acceleration of the stages of biomedical object preparation]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 6, 106–111. (in Ukrainian). <http://udhtu.com.ua/userfiles/file/VHHT/2008/6/Chmylenko.pdf>
- [21] Chmilenko, F. O., Smityuk, N. M., Saevich, O. V. (2009). [Atomic-absorption determination of metals in a blood]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 2, 95–101. (in Russian). <http://udhtu.com.ua/userfiles/file/VHHT/2009/2/Chmylenko-2.pdf>
- [22] Chmilenko, F. O., Saevich, O. V. (2010). [Features of sample preparation soft tissues at determination of metals]. *Metody i Ob'ekty Himicheskogo Analiza – Methods and objects of chemical analysis*. 5(1), 14–18. (in Russian). <http://www.moca.net.ua/10/pdf/010510-14-18.pdf>
- [23] Chmilenko, F. A., Smityuk, N. M., Saevich, O. V., Borisenko, M. L. (2011). [Expedited determination of traces of iron and zinc in samples of bone and cartilaginous tissue]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 3, 87–91. (in Russian)
- [24] Chmilenko, F. O., Saevich, O. V., Chmilenko, T. S. (2011). [Microwave radiation in sample preparation of biomedical tests at determination of metal]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 5, 89–92. (in Russian)
- [25] Chmilenko, F. O., Saevich, O. V. (2012). [Chemical analysis of blood]. *Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem*. 20(3/1), 47–57. (in Russian)
- [26] Chmilenko, F. O., Saevich, O. V. (2013). [Modern progress of multi-element analysis of biological samplestrends]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 3, 152–157. (in Russian) <http://udhtu.com.ua/public/userfiles/file/VHHT/2013/3/Chmilenko.pdf>
- [27] Chmilenko, F. A., Smityuk, N. M., Baklanov, A. N. (2002). Atomic Absorption Determination of Metals in Soils Using Ultrasonic Sample Preparation. *J. Anal. Chem*. 57(4), 313–318. <https://doi.org/10.1023/A:1014946213773>
- [28] Chmilenko, F. A., Smityuk, N. M. (2004) [The use of ultrasound in determining the gross content of heavy metals in chernozems]. *Pochvovedenie – Soil Science*. 6, 685–690. (in Russian)
- [29] Chmilenko, F. A., Smityuk, N. M., Baklanov, A. N. (2005). [Features of ultrasonic intensification of sample preparation of different phylums of soils to definition of the mobile forms of elements and their total content]. *Gruntoznavstvo – Soil Science*. 6(1-2), 99–10. (in Russian) [http://www.ussj.cv.ua/2005\\_t6\\_1-2/Chmilenko\\_99-107.pdf](http://www.ussj.cv.ua/2005_t6_1-2/Chmilenko_99-107.pdf)
- [30] Chmilenko, F. A., Smityuk, N. M., Baklanov, A. N. (2001). [Ultrasound in the determination of soluble forms of metals in soils]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 3, 12–15. (in Russian)
- [31] Smityuk, N. M., Baklanov, A. N., Homenko, G. B., Chmilenko, F. A. (2001). [Ultrasonic soil preparation for determination of soluble forms of boron]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 6, 10–13. (in Russian)
- [32] Chmilenko, F. A., Smityuk, N. M. (2001). [About the content of mobile forms of heavy metals in soil of Dnepropetrovsk]. *Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Biology. Ecology*. 2(9), 126–128. (in Russian)
- [33] Chmilenko, F. A., Smityuk, N. M. (2002). [Atomic absorption and atomic emission determination of Na, K, Ca and Mg in aqueous extract from ordinary chernozem with ultrasonic intensification of sample preparation]. *Gruntoznavstvo – Soil Science*. 3(3-4), 102–106. (in Russian)
- [34] Chmilenko, F. A., Smityuk, N. M., Chmilenko, T. S., Baklanov, A. N. (2009) [Accelerated determination of mobile forms of heavy metals in soils of various types]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 3, 131–136. (in Russian)
- [35] Chmylenko, F. A., Smityuk, N. M. (2013). [Determination of manganese mobile forms in the soil extracts from the use of ultrasound at the stage of sample preparation]. *Sci. Bull. Uzhgorod Univ. (Ser. Chem.)*, 1(29), 34–39. (in Ukrainian) <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/2928/1/%D0%92%D0%98%D0%97%D0%9D%D0%90%D0%A7%D0%95%D0%9D%D0%9D%D0%AF%20%D0%A0%D0%A3%D0%A5%D0%9B%D0%98%D0%92%D0%98%D0%A5%20%D0%A4%D0%9E%D0%A0%D0%9C%20%D0%9C%D0%90%D0%9D%D0%93%D0%90%D0%9D%D0%A3%20%D0%92%20%D2%90%D0%A0%D0%A3%D0%9D%D0%A2%D0%9E%D0%92%D0%98%D0%A5.pdf>
- [36] Chmilenko, F. A., Smityuk, N. M., Kovjireva, E. G. (2009). [Influence of ultrasonics on the physical-chemical characteristics of common blacksoil while the soil extraction]. *Gruntoznavstvo – Soil Science*. 10(3-4), 123–129. (in Ukrainian). [http://www.ussj.cv.ua/2009\\_t10\\_3-4/Chmilenko.pdf](http://www.ussj.cv.ua/2009_t10_3-4/Chmilenko.pdf)
- Chmilenko, F. A., Smityuk, N. M., Safonova, Y. D. (2012). [Using ultrasonic fields in the analysis of black earth's humic and fulvic acids]. *Sci. Bull. Uzhgorod Univ. (Ser. Chem.)*, 1(27), 58–63. (in Ukrainian). <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/2374/1/%D0%92%D0%98%D0%9A%D0%9E%D0%A0>

- <https://doi.org/10.1023/A:1020071606563>
- [38] Chmilenko, F. A., Smityuk, N. M. (2010). [Microwave field in process of chernozem sample preparation in determination of metal]. *Gruntoznavstvo – Soil Science*. 11(3-4), 113–119. (in Ukrainian). [http://www.ussj.cv.ua/2010\\_t11\\_3-4/Chmilenko.pdf](http://www.ussj.cv.ua/2010_t11_3-4/Chmilenko.pdf)
- [39] Chmilenko, F. O., Smityuk, N. M., Bohan, Yu. V., Nuzhna, Ya. V. (2012). [Analytic process of chemistry expertise ґрунтів on вміст важких металів]. *Kriminalistichnyi visnik – Forensic messenger*. 2(18), 151–156. (in Ukrainian)
- [40] Chmilenko, F. O., Smityuk, N. M., Kononenko, Yu., Yu. (2011). [Acoustic waves in sample preparation of heterogeneous systems]. *Visnik DNU. Seriya «Raketno-kosmichna tehnika» – Bulletin DNU. Series «Rocket and space technology»*. 4(15/2), 192–199. (in Ukrainian) [https://drive.google.com/file/d/1S4WxioDe6ZZ\\_A6G-8xDnud3MyLxQZ6ZL/view](https://drive.google.com/file/d/1S4WxioDe6ZZ_A6G-8xDnud3MyLxQZ6ZL/view)
- [41] Chmilenko, F. A., Derkach, T. M., Pivovarov, A. A., Schegolikhina, N. M. (1998). [Change in the state of manganese in the treatment of solutions with low-temperature plasma]. *Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem*. 2, 14–18. (in Russian)
- [42] Chmilenko, F. A.; Derkach, T. M.; Schegolikhina, N. M. (1998). The change of chromium ions state in solution under the plasmochemical processing. *He-Huaxue yu Fangshe Huaxue – Journal of Nuclear and Radiochemistry*. 20(4), 257–261.
- [43] Chmilenko, F. A., Pivovarov, A. A., Derkach, T. M., Kuksenko, A. N. (1997). Sample preparation by plasma chemistry in the atomic-absorption determination of silver in process solutions. *J. Anal. Chem*. 52(4), 311–313.
- [44] Chmilenko, F. A.; Derkach, T. M.; Smityuk, A. V. (2000). Intensification of the decomposition of copper-nickel sulfide ores using low-temperature plasma. *J. Anal. Chem*. 55(4), 327–330. <https://doi.org/10.1007/BF02757765>
- [45] Chmilenko, F. O., Voropaev, V. O., Derkach, T. M. (2002). *Ukraine Patent No. 50211 A*. Dnipropetrovsk, Ukraine. Dnipropetrovsk National University.
- [46] Derkach, T. M., Chmilenko, F. A., Krajnikov, A. V. (2005). Intensification of sample preparation for atomic absorption by plasma treatment. *Visnik Harkivskogo natsionalnogo universitetu. Himiya. – Kharkov University Bulletin. № 669. Chemistry*. 13(36), 83–92. [http://chemistry.univer.kharkov.ua/files/04\\_Chmil.pdf](http://chemistry.univer.kharkov.ua/files/04_Chmil.pdf)
- [47] Pivovarov, O. A., Chmylenko, F. O., Derkach, T. M., Kuksenko, A. N. (1998). *Ukraine Patent No. 24249 A*. Dnipropetrovsk, Ukraine. Company «Technostema».
- [48] Pivovarov, A. A., Chmilenko, F. A., Derkach, T. M., Kuksenko, A. N., Maystruk, A. N. (1996). [Plasmochemical decontamination of cyanide-containing wastewater]. *Himiya i tehnologiya vodyi – J. Water Chem. Technol*. 18(4), 416–419. (in Russian). [https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/6394/1/Khim\\_tehn\\_Vod\\_1995\\_rev\\_2.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/6394/1/Khim_tehn_Vod_1995_rev_2.pdf)
- [49] Chmilenko, F. A., Voropaev, V. A., Derkach, T. M., Baklanov A. N. (2002). Atomic Absorption Assay of Noble Metals in Ores with the Use of Sample Decomposition by Ultrasound]. *J. Anal. Chem*. 57(9), 784–787. <https://doi.org/10.1023/A:1020071606563>
- [50] Chmilenko, F. A., Voropaev, V. A., Derkach, T. M., Bilchenko, A. V. (2002). [Atomic Absorption Determination of Gold in Sulfur-Containing Objects after Ultrasonic Acceleration of Sample Firing]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 6, 22–24. (in Russian)
- [51] Chmilenko, F. A., Voropaev, V. A., Derkach, T. M., Romanova, N. V. (2003). The fire-assay-atomic-absorption definition with use of ultrasound of the gold contents in ores. *Journal of Institute of Science and Technology of Palik Efin University*, 16–19.
- [52] Chmilenko, F. A., Voropayev, V. A., Derkach, T. M. (2004). [Decrease of noble metal losses in the slags of assay melting]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 1, 19–22. (in Russian)
- [53] Chmilenko, F. A., Voropaev, V. A., Smityuk, N. M., Syich, A. N., Golubeva, N. A. (2004). [Determination of the content of precious metals in copper-bearing objects using]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 5, 23–26. (in Russian)
- [54] Chmilenko, F. A., Smityuk, N. M. (2004). [Ultrasound at the stages of the preparation of geological information for auric, argentum and paladium]. *Sci. Bull. Uzhgorod Univ. (Ser. Chem.)*. 11–12, 55–60. (in Ukrainian)
- [55] Chmilenko, F. A., Khudyakova, S. N. (2005). Complexation of Osmium(IV) with 3-Methyl-2,6-Dimercapto-1-Thiopyrone-4 and Its Catalytic Application. *J. Anal. Chem*. 60(11), 1014–1018. <https://doi.org/10.1007/s10809-005-0229-0>
- [56] Chmilenko, F. A., Hudyakova, S. N., Voropayeva, E. A. (2005). [Determination of osmium (VI) in the presence of platinum (IV), palladium (II), gold (III), silver (I) and ruthenium (VI)]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 6, 43–49. (in Ukrainian)
- [57] Chmilenko, F. A., Hudyakova, S. N., Chmylenko, T. S. (2006). *Ukraine Patent No. 85511*. Dnipropetrovsk, Ukraine. Dnipropetrovsk National University.
- [58] Chmylenko, F. O., Voropayev, V. O., Khudiakova, S. M. (2008). [Analytical chemistry of noble metals: a manual]. Dnipropetrovsk, Ukraine: Vydavnytstvo DNU (in Ukrainian).
- [59] Chmilenko, F. A., Hudyakova, S. N. (2009). *Ukraine Patent No. 88902*. Dnipropetrovsk, Ukraine. Dnipropetrovsk National University.
- [60] Chmilenko, F. A., Khudyakova, S. N., Chmilenko, T. S. (2007). [Chemical state and forms of osmium existence in the anolyte solutions prepared for chemical analysis]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 5, 21–27. (in Russian)
- [61] Chmilenko, F. A., Khudyakova, S. N., Kharina, A. A., Levchakova, Y. V. (2010). [Differential photometric titration of ruthenium(IV) in combination with osmium(IV), palladium(II) and platinum(IV)]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 2, 80–85. (in Russian)
- [62] Chmilenko, F. A. Khudyakova, S. N. (2008). Titrimetric determination of small amounts of osmium in the gas condensate and mine water. *J. Water Chem. Technol*. 30(3), 157–160. <https://doi.org/10.3103/S1063455X08030041>
- [63] Chmilenko, F. A., Khudyakova, S. N. (2008). Spectrophotometric determination of osmium with the

- use of 3-methyl-2,6-dimercapto-1,4-thiopyrone in concentrates and alloys. *J. Anal. Chem.* 63(5), 439-445. <https://doi.org/10.1134/S1061934808050067>
- [64] Chmilenko, F. O., Khudyakova, S. M., Romanko, M. O. (2012). [Microextractional concentration of palladium (II) for spectrophotometric determination]. *Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem.* 18, 64–71. (in Ukrainian).
- [65] Chmilenko, F. O., Khudyakova, S. M., Klyuchnik, L. O. (2009). [Solid-phase reagent based on methyl-dimerkaptotipyron for the concentration and determination of osmium (VI)]. *Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem.* 17(3/1), Is. 15, 15–20. (in Ukrainian).
- [66] Chmilenko, F. A., Khudyakova, S. N. (2010). Sorption-colorimetric and test determination of osmium in alloys and concentrates. *J. Anal. Chem.* 65(9), 907-911. <https://doi.org/10.1134/S1061934810090042>
- [67] Chmilenko, F. A., Khudyakova, S. N. (2013). Sorption Preconcentration and Separation of Palladium(II) and Platinum(IV) for Visual Test and Densitometric Determination. *J. Anal. Chem.* 68(5), 409-416. <https://doi.org/10.1134/S1061934813050055>
- [68] Khudyakova, S. N., Chmilenko, F. A. (2015). [Indicator powder and indicator test-tube on the basis of methylsilicic acid immobilized with dimercapthiopyrone derivatives as test system for the colorimetric and visual-test determination of palladium(II)]. *Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem.* 23(1), 30–39. (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/081505>
- [69] Chmilenko, F. A., Piskun, Yu. M., Chmilenko, T. S., Korobova, I. V., Zhuk, L. P. (1999). [Interaction in the system uranium (VI)-chromazurol S-polysulfonyl-piperidinylmethylenehydroxide]. *Zhurnal «Koordinationnaya himiya» – Journal of Coordination Chemistry.* 25(6), 478–480. (in Russian).
- [70] Chmilenko, F. A., Chmilenko, T. S., Piskun, Yu. M. (1998). [Stabilization of double R-surfactants and ternary Me-R-surfactant systems by ultrasonic action]. *Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem.* 2, 80–83. (in Russian).
- [71] Chmilenko, T. S., Galimbietskaya, E. A., Chmilenko, F. A. (2011). A new approach to the spectrophotometric determination of polyhexamethyleneguanidinium chloride. *J. Anal. Chem.* 66(6), 600–606. <https://doi.org/10.1134/S1061934811060050>
- [72] Chmilenko, T. S., Tereschenko, O. V., Chmilenko, F. A. (2007). [Spectroscopic investigation of chlorophenol red aggregation in the presence of polyhexamethyleneguanidine chloride]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology.* 5, 16–21. (in Russian)
- [73] Chmilenko, F. O., Tereschenko, O. V., Zhuk, L. P., Zaderayko, N.O. (2005). [Spectrophotometric study of the influence of polyguanidine on the properties of dyes]. *Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem.* 7, 6–9. (in Ukrainian).
- [74] Chmilenko, T. S., Galimbietskaya, E. A., Chmilenko F. A. (2010). [Formation bromophenol red ion associates and their interaction with polyhexamethyleneguanidine in aqueous solutions]. *Metody i Ob'ekty Himicheskogo Analiza – Methods and objects of chemical analysis.* 5(1), 19–28. (in Russian). <http://www.moca.net.ua/10/pdf/010510-19-28.pdf>
- [75] Ivanitsa, L. A., Krutogolova, T. V., Chmilenko, T. S., Chmilenko, F. A. (2014). [Validation characteristics of methods for the determination of guanidine antiseptics]. *Izvestiya Vysshih uchebnyh zavedeniy. Seriya «Himiya i Himicheskaya Tehnologiya» – The Higher Educational Institutions news. Series «Chemistry And Chemical Technology».* 57(7), 41–45. [http://journals.isuct.ru/public/journals/2/2014/v57\\_n07\\_2014\\_full.pdf](http://journals.isuct.ru/public/journals/2/2014/v57_n07_2014_full.pdf)
- [76] Chmilenko, T. S., Ivanitsa, L. A., Chmilenko, F. A. (2014). [Statistical characteristics of spectrophotometric method for polyhexamethyleneguanidine determination]. *Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem.* 22(1), 30–35. (in Russian). <https://doi.org/10.15421/081402>
- [77] Chmilenko, T. S., Ivanitsa, L. A., Bohan, Yu. V., Pavlenko, Yu. L., Chmilenko, F. A. (2012). [Control of the content of polyhexamethyleneguanidine in alcohol substitute]. *Kriminailstichnyi visnik – Forensic messenger.* 2(18), 157–163. [http://repository.dnu.dp.ua:1100/?page=inner\\_material&id=7459](http://repository.dnu.dp.ua:1100/?page=inner_material&id=7459)
- [78] Chmilenko, T. S., Ivanitsa, L. A., Chmilenko, F. A. (2014). [Spectrophotometric determination of germanium in coke, coals and plant material]. *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov – Industrial laboratory. Diagnostics of materials.* 80(11), 11–14. [http://repository.dnu.dp.ua:1100/?page=inner\\_material&id=7461](http://repository.dnu.dp.ua:1100/?page=inner_material&id=7461)
- [79] Chmilenko, T. S., Ivanitsa, L. A., Chmilenko, F. A. (2012). [Spectrophotometric determination of zineb with disulfophenylfluorone and polyhexamethyleneguanidine chloride]. *Visnik Harkivskogo natsionalnogo universitetu. Himiya – Kharkov University Bulletin.* 1026. *Chemical Series.* 21(44), 243–250. <http://chembull.univer.kharkov.ua/archiv/2012/26.pdf>
- [80] Chmilenko, T. S., Chmilenko, F. A. (2012). [Analytical chemistry of polyelectrolytes and their application in analysis], Dnipropetrovsk, Ukraine: Vydavnytsvo DNU (in Russian).
- [81] Chmilenko, F. A., Mikulenko, O. V., Chmilenko, T. S., Matorina, E. V. (2007). Spectrophotometric determination of Cu(II) in water with phenylfluorone in the presence of polyvinylpyrrolidone and inorganic electrolytes. *J. Water Chem. Technol.* 29(3), 139–143. <https://doi.org/10.3103/S1063455X07030058>
- [82] Chmilenko, T. S., Matorina, K. V., Mikulenko, O. V., Chmilenko, F. O. (2008). [Interaction of phenylfluorone with ions of Uranium (VI) in organized media on the basis of polyvinylpyrrolidone and electrolyte]. *Metody i Ob'ekty Himicheskogo Analiza – Methods and objects of chemical analysis.* 3(2), 184–191. (in Russian). <http://www.moca.net.ua/08/pdf/03022008-185.pdf>
- [83] Matorina, K. V., Chmylenko, T. S., Chmylenko, F. O. (2009). [Quick control of the physiologically active polymer polyvinylpyrrolidone containment with the perspective of it's use in the space conditions]. *Zhurnal «Ekologiya ta noosferologiya» – Ecology and noospherology.* 20(1–2), 71–77. [http://www.ueni.cv.ua/Ecology\\_and\\_noospherology\\_20\\_09\\_20\\_1-2/matorina.pdf](http://www.ueni.cv.ua/Ecology_and_noospherology_20_09_20_1-2/matorina.pdf)
- [84] Chmilenko, F. A., Zhuk, L. P., Chmilenko, T. S., Kuksa, A. V., Harun, M. V. (1998). [Spectrophotometric determination of uranium (VI) with chromazurol S in the presence of a mixture of polymer surfactants]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology.* 3, 8–10. (in Russian)
- [85] Chmilenko, T. S., Matorina, K. V., Chmilenko, F. A. (2011). [Sensors with potentiometric registration of analytical signal on the basis of associates and triple

- metal-polymer complexes with polyvinylpyrrolidone]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 4b, 277–279. (in Russian).  
<https://www.researchgate.net/publication/321319115>  
[5 Sensory s potencijometrieskoj registracii analiticeskogo signala na osnovie asociatov i trojnyh metallopolimernyh kompleksov s polivinilpirrolidonom kak elekt-rodnoaktivnyh vesestv membran](https://www.researchgate.net/publication/321319115)
- [86] Chmilenko, T. S., Matorina, K. V., Chmilenko, F. A. (2011). [Triple metal-polymeric complexes as electrode-active components plastificated membrans of ion-selective electrode]. *Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem.* 19(3/1). Is. 17, 129–135. (in Ukrainian).  
<https://www.researchgate.net/publication/321318882>  
[2 Potrijni metalopolimerni kompleksi ak elektrodno-aktivni komponenti plastifikovanih membran jon-selektivnih elektrodov](https://www.researchgate.net/publication/321318882)
- [87] Chmilenko, T. S., Matorina, E. V., Chmilenko, F. A. (2013). [Potentiometric Sensors For Determination Of High-Molecular Polyvinylpyrrolidone]. *Metody i Ob'ekty Himicheskogo Analiza – Methods and objects of chemical analysis*. 8(2), 63–71. (in Russian).  
<http://www.moca.net.ua/13/2/2013-8-2-63-71.pdf>
- [88] Chmilenko, T. S., Matorina, K. V., Chmilenko, F. A. (2015). [Electrode-analytical properties of polyvinylchloride membranes based on triple metal-polymeric complexes]. *Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem.* 23(1), 40–49. (in Ukrainian).  
<https://doi.org/10.15421/081506>
- [89] Chmilenko, F. A., Korobova, I. V., Gurtovaya, O. V., Chmilenko, T. S. (2009). Potentiometric membrane sensors for polyvinylpyrrolidone determination. *Talanta*. 78(4–5), 1259–1265.  
<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2009.01.049>
- [90] Chmilenko, F. A., Mikulenko, O. V., Chmilenko, T. S., Matorina, K. V. (2006). [Complexation of phenyl fluorine modified by polyvinyl pyrrolidone with Cu (II) ions in the presence of sodium sulfate]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 3, 8–11. (in Ukrainian).  
<https://www.researchgate.net/publication/321318168>  
[8 Kompleksoutvorennia fenilfluoronu modifikovanogo polivinilpirolidonom z ionami Kuprumu II u prisutnosti sulfatu natriu](https://www.researchgate.net/publication/321318168)
- [91] Chmilenko, T. S., Matorina, K. V., Mikulenko, O. V., Chmilenko, F. A. (2007). [Influence of electrolytes on the systems based on phenylfluoron, polyvinylpyrrolidone and stannum(II) ions]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 6, 30–35. (in Ukrainian).
- [92] Chmilenko, T. S., Matorina, K. V., Chmilenko, F. A. (2010). [Peculiarities of complex formation in the systems based on bromopyrogallol red in the presence of polyvinylpyrrolidone in alcohol media]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 1, 91–96. (in Ukrainian).  
[https://www.researchgate.net/profile/Katerina\\_Matorina/publication/321301033](https://www.researchgate.net/profile/Katerina_Matorina/publication/321301033)  
[Osoblivosti kompleksoutvorennia u sistemah na osnovi brompirogalolovogo c ervonogo ta polivinilpirolidonu u spirtovomu seredovisi/links/5a1c5967458515373188fe30/Osoblivosti-kompleksoutvorennia-u-sistemah-na-osnovi-brompirogalolovogo-cervonogo-ta-polivinilpirolidonu-u-spirovomu-seredovisi.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Katerina_Matorina/publication/321301033)
- [93] Chmilenko, F. O., Zhuk, L. P., Chmylenko, T. S., Karnauhova L. Yu. (2004). *Ukraine Patent No. 71467*. Dnipropetrovsk, Ukraine. Dnipropetrovsk National University.
- [94] Chmilenko, F. O., Zhuk, L. P., Chmylenko, T. S., Karnauhova L. Yu., Bykov O. M. (2004). *Ukraine Patent No. 71498*. Dnipropetrovsk, Ukraine. Dnipropetrovsk National University.
- [95] Chmilenko, F. A., Matorina, K. V., Korobova, I. V., Chmilenko T. S. (2009). [Ionometric determination of high molecular polyvinyl pyrrolidone]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 2, 91–95. (in Ukrainian).  
<http://udhtu.com.ua/userfiles/file/VHHT/2009/2/Chmilenko-1.pdf>
- [96] Gurtova, O. V., Ye, L., Chmilenko, F. O. (2013). Potentiometric propranolol-selective sensor based on molecularly imprinted polymer. *Anal. Bioanal. Chem.* 405, 287–295. <https://doi.org/10.1007/s00216-012-6493-6>
- [97] Gurtova, O. V., Ye, L., Chmilenko, F. O. (2013). Effect of plasticizer on the characteristics of molecularly imprinted polymer based potentiometric sensor for propranolol. *Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem.* 21(3/1), 20–34. <https://doi.org/10.15421/081302>
- [98] Chaban, V. V., Gurtova, O. V., Chmilenko, F. O. (2015). [Sensitive elements based on styrene-acrylic and styrene-butadiene dispersion for photometric determination of metal ions]. *Visnik DNU. Seriya «Raketno-kosmichna tehnika» – Bulletin DNU. Series «Rocket and space technology»*. 23(4/1), 176–182. (in Ukrainian).  
[http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1&image\\_file\\_name=PDF/vdurkt\\_2015\\_23\\_18%281%29\\_29.pdf](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&image_file_name=PDF/vdurkt_2015_23_18%281%29_29.pdf)
- [99] Chmilenko, T. S., Chernyavskaya, A. Yu., Chebrova, E. A., Chmilenko, F. A. (2015) Spectrophotometric determination of charge and concentration of cationic polyelectrolyte // *J. Water Chem. Technol.* 37(4), 161–165. <https://doi.org/10.3103/S1063455X15040025>
- [100] Chmilenko, T. S., Chernyavska, A. Yu., Chernovanenko, I. Yu., Chmilenko, F. A. (2015). [Analytical system for the determination of polyelectrolytes with different charge density]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii – Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 6, 19–24. (in Russian).  
<http://udhtu.edu.ua/public/userfiles/file/VHHT/2015/6/Chmilenko.pdf>
- [101] Chernyavskaya, A. Yu., Sidorova, L. P., Ivanitsa, L. A., Chmilenko, T. S., Chmilenko, F. A. (2017). [Spectrophotometric determination of scandium in alloy 01570]. *Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem.* 25(2), 84–92. <https://doi.org/10.15421/081712>
- [102] Sydorova, L. P., Chernyavska, A. Yu., Chmylenko, T. S., Chmylenko, F. A. (2017). Polyelectrolyte effect on spectrophotometric determination and interaction of scandium (III) with eriochromcyanine. *Eastern-european journal of interprise technologies*. 4(6(88)), 53–58. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108371>