

Найбільш вагомі результати фундаментальних і прикладних досліджень Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України», які отримано в період з 2018 по 2023 роки.

2018 р.

1. Розроблено макет системи автоматизованого оперативного дистанційного контролю та спостереження на базі літального апарату для швидкого реагування та ефективного контролю радіаційної обстановки у зоні впливу природних та техногенних джерел іонізуючого випромінювання. Проведено тестування програмно-технічного каналу сканування радіоактивного випромінювання (чл.-кор. НАН України *Забулонов Ю.Л., Буртняк В.М., Одукалець Л.А., Молочко В.М., Ніколенко В.О., Тищенко І.В.*).

2. Розроблено технологію виготовлення датчиків рентгенівського та гамма-випромінювання з високою роздільною здатністю на базі кадмій-телуру і на цій базі створено лабораторний зразок дозиметру (*Родіонов В.Є.*).

3. Розроблено та створено експериментальний зразок програмно-технічного комплексу «Мобільна станція моніторингу радіаційного та метеорологічного стану навколишнього середовища» (*Буртняк В.М.*)

4. Розроблено та реалізовано двостадійну технологію синтезу нових нанокompatитних сорбентів на основі полімерних волокон. Доведено високу ефективність використання синтезованих композитних сорбентів з активною фероцинідною фазою для селективного видалення ^{137}Cs з сольових технологічних розчинів підприємств ядерно-паливного циклу (*Бондар Ю.В., Кузенко С.В., Слівінський В.М., Задвернюк Г.П.*)

5. Розроблено вимоги для програмно-апаратних комплексів з моделювання ризиків та загроз виникнення надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру на об'єктах ядерно-паливного циклу. Апробацію розробленої методики здійснено на прикладі об'єктів критичної інфраструктури Луганської області в зоні проведення Операції об'єднаних сил (*Чумаченко С.М., Задвернюк Г.П., Злобенко Б.П., Бондар Ю.В., Бугера С.П.*)

6. Обґрунтовано перспективи диверсифікації джерел сировини для виготовлення ядерного палива за рахунок освоєння екзогенних родовищ урану осадового чохла Українського щита. Відновлення видобутку урану методом підземного свердловинного вилуговування дозволить оперативно забезпечити покриття існуючого дефіциту сировини для потреб ядерного сектору енергетики країни (*Верховцев В.Г., Суцук К.Г., Фомін Ю.О., Тищенко Ю.Є., Колябіна І.Л. та інші*).

7. Зроблено відкриття щодо процесів формування уранових родовищ в докембрії Українського щита "Явища еволюції гідротермальних флюїдів мінералоутворення на межі архей-протерозой". Ізотопно-геохімічними методами встановлено істотні відміни гідротермальних систем архейського та протерозойського віку (3042-1750 млн. років). Унаслідок формування кисневої атмосфери в протерозой, порівняно з археем, спостерігається значне збільшення насиченості флюїду мінералоутворення водою та органічним вуглецем (Фомін Ю.О., Деміхов Ю.М., Верховцев В.Г.).

8. Встановлено, що система уранових альбітитів є потенційним джерелом поверхневих родовищ урану та елементів-супутників. При освоєнні родовищ ця система може нести потенційну екологічну небезпеку внаслідок високої мобільності важких металів (молібден, ванадій, нікель, кобальт, мідь, цинк, свинець). (Фомін Ю.О., Деміхов Ю.М., Верховцев В.Г.).

9. У межах локальних палеоводозбірних басейнів, суміжних з гідрогенними родовищами та рудопроявами урану встановлено закономірне зменшення потужності кори вивітрювання гранітоїдів унаслідок площинної й лінійної ерозії бучацького віку, що може використовуватися у якості пошукового критерію (Семенюк М.П.).

10. Визначена широтна смуга на південному схилі Інгульського мегаблоку Українського щита протяжністю біля 50 км, у межах якої відсутні палеодолини, що вміщують як бучацькі, так і більш пізні гідрогенні концентрації урану. Зазначену територію рекомендовано виключити із пошукових робіт на даний тип зруденіння урану (Семенюк М.П.).

11. Розроблено спосіб виявлення продуктивних на уран зон у кристалічних породах за ступенем окиснення заліза. Встановлено, що продуктивна зона накопичення урану в альбітитах визначається вмістом заліза ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$) в темнокольорових мінералах альбітитів. Пошуковим критерієм є ступінь окиснення заліза, що відображається у збільшенні відношення $\text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{FeO}$ та утворенні на стадії формування уранової мінералізації нових генерацій залізовміщуючих мінералів, з якими тісно асоціює уран. Подано заявку на патент. (Фомін Ю.О., Деміхов Ю.М., Верховцев В.Г., чл.-кор. НАН України Ю.Л. Забулонов Ю.Л.)

12. За даними мінералого-петрографічних та геохімічних досліджень встановлено, що вуглецеві породи Млинківської ділянки (Криворізько-Кременчуцька зона Українського щита) подібні до стратифікованих шунгітів Карелії, які є цінною і дефіцитною мінеральною сировиною для хімічної промисловості, використання в галузі екології та охорони здоров'я (Яценко В.Г., Земськов Г.О., Заборовська Л.П., Бондар В.В.)

13. На природних мембранах живої та неживої речовини виявлено ізотопно-осмотичні ефекти, що супроводжуються істотним фракціонуванням ізотопів водню (20–40 %). Ці ефекти відкривають перспективи фітореMediaції поверхневих водних систем та очищення рідких радіоактивних відходів і технологічних розчинів від тритієвого забруднення. (Долін В.В., Пушкарьов О.В., Бобков В.М., Деміхов Ю.М., Зубко О.В., Руденко І.М., Кошлякова Т.О.)

14. Розроблено спосіб перманентного моніторингу водної форми тритію в газоаерозольному викиді АЕС та повітрі робочих приміщень, який не потребує додаткового очищення відібраних зразків. Спосіб ґрунтується на виморожуванні водяної пари з атмосфери та визначенні абсолютних величин забруднення, розрахованих з позицій молекулярно-кінетичної теорії. Подано заявку на патент (Долін В.В., чл.-кор. НАН України Забулонов Ю.Л.)

15. Виявлено локальне ослаблення ефекту самоочищення екосистем від ^{137}Cs на зволжених ділянках із розвиненим рослинним покривом. Мінералізація рослинних залишків по завершенні біогеохімічного циклу сприяє збагаченню ґрунту мобільними формами, а тривалість періоду напіввиведення ^{137}Cs з фіксованої форми в мобільну може досягати 20–30 років (Бондаренко Г.М., Кононенко Л.В.)

16. В умовах техногенного забруднення чорноземного ґрунту важкими металами експериментально встановлена лінійна залежність забруднення трав'яної рослинності цинком від вмісту його мобільної форми в ґрунті. Забруднення рослинності свинцем відхиляється від лінійної залежності, поглинання його рослинами менш інтенсивне, ніж цинку. (Бондаренко Г.М., Кононенко Л.В., Висотенко О.О.)

17. Встановлено, що при експлуатації геологічного сховища РАВ на межі сполучених інженерних бар'єрів (бентонітовий буфер-зовнішня стінка сталевого контейнеру) на поверхні сталі формуються зародкові нанорозмірні мінеральні фази. Сорбційно-активні фази оксигідроксидів та оксидів феруму істотно зменшують міграційну здатність радіонуклідів. При цьому відбуваються зміни мінералогічного складу унаслідок сапонізації або бейделітизації монтморилоніту. (Шабалін Б.Г., Злобенко Б.П., Лавриненко О.М., Бугера С.П.)

2019 р.

1. Розроблено плазмохімічну технологію синтезу наноматеріалів та нанокомпозитів - високоефективних багатоцільових сорбентів для очищення технологічних вод від радіоактивного забруднення, важких металів, органічних сполук. Нанокомпозит складається з центрального конденсованого ядра, на поверхні якого розташовані наночастинки магнетиту. Призначено для застосування в процесі утилізації рідких радіоактивних відходів (Забулонов

Юрій Леонідович, чл.-кор. НАН України, д. тех. н., проф., Буртняк Володимир Михайлович, к. тех. н., Жебровська Катерина Іванівна, к. геол. н., Мельниченко Тетяна Іванівна, к. біол. н., с. н. с., Кадошніков Вадим Михайлович, Одукалець Людмила Антонівна, Архипенко Оксана Миколаївна);

2. Обґрунтовано, що динаміка дозових навантажень на сільське населення підлягає двоєкспоненційній залежності. «Швидка» складова зниження паспортної дози визначається техногенними та фізико-географічними чинниками. «Повільна» складова, яка в середньому в 7 разів перевищує швидкість розпаду дозотвірних радіонуклідів, визначається геохімічними чинниками. Отримані дані є підставою для прогнозування, розроблення та реалізації заходів з відродження радіоактивно забруднених територій, передбачених Указом Президента України «Про деякі питання розвитку територій, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» (Долін Віктор Володимирович, д. геол. н., проф., Василенко Валентина Володимирівна, к. тех. н., ДУ «ННЦРМ НАМН України», Щербак Олеся Віталіївна, к. геол. н., Барановська Дарина Богданівна);

3. Встановлено умови виникнення та формування металогенічних епох накопичення урану в осадових формаціях фанерозою платформних геологічних структур України, закономірності розміщення в них рудних концентрацій, генетичні особливості промислових уранових родовищ, що дозволило прогнозувати нарощування запасів урану в Україні та їх просторову локалізацію (Суцук Катерина Григорівна, к. г.-м. н., с. н. с., Верховцев Валентин Геннадійович, д. геол. н., с. н. с.).

2020 р.

1. Розроблена система багатофункціональної магнітолазерної терапії для лікування бойових ран та трофічних порушень учасників АТО і ООС, а також їх реабілітації - багатофункціональний лазерний комп'ютерний комплекс з 8-ма каналами (Забулонов Юрій Леонідович, чл.-кор. НАН України, професор, док. техн. наук, Буртняк Володимир Михайлович, пр. наук. співробітник, канд. техн. наук, Одукалець Людмила Антонівна, наук. співробітник, Архипенко Оксана Миколаївна, мол. наук. співробітник, Ніколенко Віктор Олексійович, пр. інженер);

2. Розроблено спосіб очищення дейтерієвої води від тритію з використанням процесу електроосмотичного фракціонування ізотопів водню у водних розчинах на протон-провідних мембранах. Теоретичною основою технології електроосмотичного концентрування тритію є масовий ізотопний

ефект: в ізотопній молекулі тритійованої води («НТО, DTO») ковалентний зв'язок D–O і T–O міцніший за H–O. На розробку отримано Патент України (Долін Віктор Володимирович, професор, док. геол. наук, Пушкарьов Олександр Васильович, ст. наук. співробітник, док. геол. наук, Севрук Ірина Михайлівна, канд. геол. наук, Зубко Олександр Вікторович, Долін Віталій Вікторович).

3. Експериментально виявлено додозалежні ефекти взаємодії організму рослин з надважкою водою, що супроводжуються біологічним відкликом живої речовини на радіоактивне забруднення середовища існування. Встановлено «пороговий» механізм асиміляції тритію в органічній фазі рослин та циклічність процесів міграції у водній фазі живої речовини. (Белєвцев Рудольф Якович, чл.-кор. НАН України, професор, док. геол.-мін. наук, Долін Віктор Володимирович, професор, док. геол. наук, Бобков Василь Миколайович, ст. наук. співробітник, канд. хім. наук, Шраменко Іван Федорович, ст. наук. співробітник, канд. геол.-мін. наук, Долін Віталій Вікторович);

4. Розроблено методику синтезу композитних сорбентів на основі природного та хімічно модифікованого цеоліту (клинотиллолітовий туф Сокирницького родовища) з активною фероціанідною фазою (фазу подвійних фероціанідів - ФЦ(K-Cu) та ФЦ(K-Ni)) для селективного вилучення радіонуклідів цезію з мультикомпонентних розчинів. Синтезовані композитні сорбенти рекомендовані для практичного застосування з селективного очищення природних вод, рідких радіоактивних відходів технологічних розчинів підприємств ядерно-паливного циклу від радіонуклідів цезію. Цільова програма наукових досліджень НАН України. «Ядерні та радіаційні технології для енергетичного сектору і суспільних потреб» НДР К-3-08-10 «Експериментальне і теоретичне моделювання процесів взаємодії матеріалів системи інженерних бар'єрів глибинного сховища РАВ і розробка нових композитних сорбентів на основі природних та синтетичних матриць» договір № К-3-08-10/2020 від 02.03.2020 р.

2021 р.

1. Розроблено непрямий метод вимірювання концентрації складових повітря на базі основних законів газової динаміки та врахування метеорологічних характеристик приземного шару атмосфери, що забезпечує високу точність дослідження складу повітря без застосування газоаналізуючих пристроїв. Вперше створено моделі прогнозування концентрації складових повітря на базі дискретного перетворення Фур'є та ретроспективної

інформації, що має інноваційне значення в сферах екології, енергетики, медицини, сільського господарства тощо (Запорожець Артур Олександрович, к.т.н., с.д.; Артемчук Володимир Олександрович, д.т.н., с.н.с.; Ковач Валерія Омелянівна, д.н.держ.упр., с.д.; Куценко Володимир Олександрович).

2. Розроблено і впроваджено лабораторну установку плазмохімічного очищення рідких радіоактивних відходів від радіоцезію і радіостронцію. Розроблено комплексний спосіб очищення техногенно забруднених вод на високоефективному нанокompозиті на основі модифікованих залізооксидних нанотрубок. Розробка призначена для застосування на АЕС та очищення розчинів, які утворюються в процесі зберігання рідких радіоактивних відходів. Захищено двома Патентами України. (Забулонов Юрій Леонідович, чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф.; Мельниченко Тетяна Іванівна, с.н.с.; Кадошніков Вадим Михайлович, к.б.н.; Ніколенко Віктор Олексійович; Ярощук Дмитро Андрійович).

3. Розроблено концептуальні принципи Загальнодержавної екологічної програми поводження з радіоактивними відходами: мінімізація впливу радіаційного чинника, зумовленого поводженням з радіоактивними відходами, на безпеку життєдіяльності нинішніх поколінь; екологічно безпечна ізоляція радіоактивних відходів від гідросфери та біосфери, головні бар'єрні функції якої забезпечують глибокі стабільні структури геологічного середовища; забезпечення доступу до радіоактивних відходів, як джерела енергії майбутніх поколінь, на відповідному етапі науково-технічної революції (Забулонов Юрій Леонідович, чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф.; Долін Віктор Володимирович, д.геол.н., проф.; Ольховик Юрій Олександрович, д.т.н.).

4. Розроблено і реалізовано схему синтезу нанокompозитних полімерних гранул з активною фероціанідною фазою для селективного вилучення радіонуклідів цезію з забруднених вод. Практичне використання нанокompозитних полімерних гранул дозволило зменшити кількість і активність відпрацьованих іонообмінних смол, що утворюються в процесі експлуатації АЕС. Відомча фундаментальна цільова тематика ВЯФЕ НАН України. Цільова програма наукових досліджень ВЯФЕ НАН України: «Фундаментальні проблеми фізики ядра, радіаційної безпеки, ядерного матеріалознавства та енергетики». За перспективним тематичним планом тема III-01-17 «Дослідження загроз виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах ядерно-паливного циклу та розробка пропозицій щодо превентивних заходів безпеки» (2017-2021)..

2022 р.

1. Вперше в світі розроблено математичні та програмні засоби вирішення задачі відновлення поверхневого розподілу радіаційного забруднення за даними дистанційних вимірювань. Їх використання на базі безпілотного літального вимірювального комплексу дозволяє з високою точністю визначати локалізацію та щільність радіаційного забруднення територій і здійснювати ідентифікацію його ізотопного складу. Результати впроваджено в ДСНС України, Державній інспекції ядерного регулювання України, Відокремленому підрозділі «Науково-технічний центр» ДП «НАЕК «Енергоатом», Державному науково-технічному центрі з ядерної та радіаційної безпеки та інших профільних організаціях України. (чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф. О.О. Попов; д.ф.-м.н., доц. С.І. Скуратівський; д.т.н., с.н.с. А.В. Яцишин; к.т.н. О.В. Фаррахов).

2. Вперше у світі в рамках виконання Гранту НАТО №G5798, що виконується сумісно з УК, Cardiff University «Наука заради миру та безпеки», розроблена нова сенсорна платформа в реальному часі на основі наночастинок, здатна виявляти *B. anthracis* та *M. tuberculosis* у реальних зразках, що дозволить протидіяти розповсюдженню терористичної біологічної зброї, а також знайде широке впровадження як експресний метод виявлення вірусів (чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф. Ю.Л. Забулонов; д.н.держ.упр., с.д. В.О. Ковач; О.В. Пугач; М.О. Стоколос).

3. Вперше в Україні розроблено апаратно-програмні засоби нового покоління для моніторингу стану атмосферного повітря, які, на відміну від існуючих, є компактними, маловартісними, дозволяють з високою точністю одночасно вимірювати концентрації найбільш поширених небезпечних речовин, рівень радіації та основні метеорологічні показники, і здійснювати статистичний аналіз даних, їх візуалізацію та контроль технічної справності сенсорів вимірювальних модулів. Результати впроваджено в ДСНС України, Міністерстві захисту довкілля та природних ресурсів України, ТОВ «Альфа Атом», Державній екологічній академії післядипломної освіти та управління та інших профільних організаціях України. (к.т.н., с.д. А.О. Запорожець; д.т.н., с.н.с. В.О. Артемчук; д.н.держ.упр., с.д. В.О. Ковач; В.О. Куценко).

2023 р.

1. Вперше в світі розроблено математичні та програмні засоби вирішення задачі відновлення поверхневого розподілу радіаційного забруднення за даними дистанційних вимірювань. Їх використання на базі безпілотного літального вимірювального комплексу дозволяє з високою точністю визначати

локалізацію та щільність радіаційного забруднення територій і здійснювати ідентифікацію його ізотопного складу. Результати впроваджено в ДСНС України, Державній інспекції ядерного регулювання України, Відокремленому підрозділі «Науково-технічний центр» ДП «НАЕК «Енергоатом», Державному науково-технічному центрі з ядерної та радіаційної безпеки та інших профільних організаціях України. (чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф. О.О. Попов; д.ф.-м.н., доц. С.І. Скуратівський; д.т.н., с.н.с. А.В. Яцишин; к.т.н. О.В. Фаррахов).

2. Вперше у світі в рамках виконання Гранту НАТО №G5798, що виконується сумісно з УК, Cardiff University «Наука заради миру та безпеки», розроблена нова сенсорна платформа в реальному часі на основі наночастинок, здатна виявляти *V. anthracis* та *M. tuberculosis* у реальних зразках, що дозволить протидіяти розповсюдженню терористичної біологічної зброї, а також знайде широке впровадження як експресний метод виявлення вірусів (чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф. Ю.Л. Забулонов; д.н.держ.упр., с.д. В.О. Ковач; О.В. Пугач; М.О. Стоколос).

3. Вперше в Україні розроблено апаратно-програмні засоби нового покоління для моніторингу стану атмосферного повітря, які, на відміну від існуючих, є компактними, маловартісними, дозволяють з високою точністю одночасно вимірювати концентрації найбільш поширених небезпечних речовин, рівень радіації та основні метеорологічні показники, і здійснювати статистичний аналіз даних, їх візуалізацію та контроль технічної справності сенсорів вимірювальних модулів. Результати впроваджено в ДСНС України, Міністерстві захисту довкілля та природних ресурсів України, ТОВ «Альфа Атом», Державній екологічній академії післядипломної освіти та управління та інших профільних організаціях України. (к.т.н., с.д. А.О. Запорожець; д.т.н., с.н.с. В.О. Артемчук; д.н.держ.упр., с.д. В.О. Ковач; В.О. Куценко).

4. Цільова програма наукових досліджень НАН України «Ядерні та радіаційні технології для енергетичного сектору і суспільних потреб» на 2019-2023 рр. П-01-19 «Експериментальне і теоретичне моделювання процесів взаємодії матеріалів системи інженерних бар'єрів глибинного сховища РАВ і розробка нових композитних сорбентів радіонуклідів на основі природних і синтетичних матриць». Рекомендації щодо використання нових композитних сорбентів з фероціанідною фазою в процесах сорбційної очистки технологічних середовищ і рідких відходів аварійного походження від осколкових радіонуклідів. Рекомендації надані у вигляді доповідей на науковій конференції «Проблеми виведення з експлуатації об'єктів ядерної енергетики та відновлення навколишнього середовища» INUDECO 2021 та публікацій в іноземних наукових виданнях.

5.