

## Найвагоміші результати ІЯД за 2022 р.

(затверджено Вченою радою ІЯД НАН України

Протокол № 9 від 5.10.2022 р.)

### Ядерна фізика, фізика елементарних частинок і високих енергій

За допомогою детектораorexino вперше виміряно напрямок прильоту низькоенергетичних сонячних нейтрино шляхом аналізу черенковського та сцинтиляційного сигналів; отримано нові обмеження на потік нейтрино в діапазоні енергій 0,5–50 MeV від швидких радіосплесків космічного походження. Отримано уточнені дані щодо потоку нейтрино від термоядерного CNO-циклу на Сонці ( $6,6 \times 10^8 \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ ) та щодо концентрації важких елементів в надрах Сонця; відсутність CNO-процесу виключена на рівні  $7\sigma$ . CNO-цикл є головним джерелом енергії зірок у Всесвіті та другим – у Сонці (після *pp*-циклу);orexino – єдиний детектор у світі, що зміг прямо спостерігати цей процес.

*(В.В. Кобичев)*

В експерименті LHCb на Великому Адронному Колайдері (ВАК, ЦЕРН) у 2022 р. розпочато нову серію фізичних вимірів (RUN 3) при підвищеній в п'ять разів світності та енергії зіткнення протонів до 13.6 TeV. Введено в дію модернізовану систему моніторингу умов зіткнення пучків та фону експерименту LHCb (RMS-R3). Оригінальна конструкція та програмні пакети системи RMS-R3, розробленої та виготовленої в ІЯД НАН України, забезпечують вимірювання унікальних даних (з точністю  $\pm 25$  мікрон) про положення області зіткнення протонів або зіткнень з ядрами фіксованої мішені. Ці дані, отримувані в неперервному режимі, важливі для безпеки експерименту та ефективного використання висококоштовного часу ВАК.

*(чл.-кор. НАН України В.М. Пугач, В.М. Добішук, О.Ю. Охріменко, С.Б. Чернишенко)*

Запропоновано модель для опису характеристик уламків поділу, у якій при поділі формується  $\alpha$ -частинка, що розташована між важкими фрагментами і має своє походження від нуклонів ший. Бар'єр сідлової точки між дотичними і добре розділеними важкими деформованими фрагментами, які можуть взаємодіяти з частинкою, розташованою між ними, визначає характеристики уламків поділу. У рамках запропонованої моделі добре описано масові та зарядові розподіли уламків поділу 30 актинідів та їх середню кінетичну енергію. Отримані розподіли дозволяють детально аналізувати склад ядер у відпрацьованих паливо-енергетичних елементах ядерних реакторів, що важливо для визначення радіоактивного навантаження відходів.

*(чл.-кор. НАН України В.Ю. Денисов)*

### Ядерна енергетика

Методом квазіпружного розсіяння повільних нейтронів досліджена динаміка молекул системи вода-етанол залежно від температури при концентрації 0.046 мольн.д. Визначені загальний коефіцієнт самодифузії молекул D, його одночастинкова  $D_F$  і колективна  $D_L$  складові та час осілого життя молекули у коливному стані  $\tau$ . В околі температури 4 °C у коефіцієнтах D та  $D_F$  виявлено глибокий мінімум. Час  $\tau$  при цій температурі істотно зростає. Це вказує на значне зменшення при даній концентрації і температурі інтенсивності активаційного механізму дифузії молекул розчину, що, цілком можливо, зумовлено зв'язуванням молекул води та етанолу у комплекси (кластери).

*(академік НАН України В.І. Слісєнко, О.А. Василькевич)*

З урахуванням переходу енергоблоку №3 ВП РАЕС на використання палива виробництва компанії "Вестінгауз" (ТВЗ-WR) розроблено Робочу програму контролю властивостей металу корпусу реактора енергоблоку №3 ВП РАЕС в процесі експлуатації за зразками-свідками модернізованого комплексу 4Л.

*(В.М. Буканов, О.В. Гриценко, В.Л. Дем'яохін, О.М.Пугач)*

### Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Аналіз зсувів критичних температур крихкості  $\Delta T_F$  для металу зварних швів корпусів реакторів ВВЕР-1000 показав, що для оцінки критичної температури крихкості  $T_K$  з необхідним рівнем консервативності необхідно використовувати

ти температурний запас, який дорівнює подвоєному стандартному відхиленню 12°C. Застосування температурного запасу забезпечує надійність і прийнятність оцінок критичної температури крихкості для обґрунтування безпечної експлуатації корпусів ядерних реакторів енергоблоків АЕС України.

*(В.М. Ревка, Л.І. Чирко)*

Побудована послідовна квазікласична теорія збудження ізомеру  $^{229m}\text{Th}$  з енергією 8,2 еВ через електронні містки (ЕМ), генеровані оптичними лазерами. Результати роботи показали перспективність створення прецензійного стандарту частоти «ядерного годинника».

*(О.Я.Дзюблик)*

Розроблена модель для опису автоколиваний температури і густини дефектів, що виникають при опроміненні метану при низьких температурах електронами та утворення складних молекул при автоколюваннях з врахуванням втрат обумовлених рекомбінацією радикалів. Результати дали механізм для пояснення утворення складних молекул з простих в космосі.

*(чл.-кор. НАН України В.Й. Сугаков)*

### **Фізика плазми та керований термоядерний синтез**

Показано, що власні колювання, що збуджуються енергійними йонами, можуть впливати на неоднорідне обертання плазми. Вплив здійснюється шляхом радіального перерозподілу імпульсу енергійних йонів збудженими колюваннями. Це явище пригнічує турбулентність плазми, що має покращувати утримання енергії плазми.

*(Я.І. Колесниченко, В.В. Луценко, А.В. Тихий, Ю.В. Яковенко  
у співпраці з американським та англійським фізиками, а також командою ДЖЕТ (JET))*

Досліджено несамостійний дуговий розряд в парах матеріалу дифузно випаровуваного молібденового аноду. Одержано характеристики несамостійного дугового розряду при зміні складу робочого середовища в умовах переходу від розряду в чистому аргоні до розряду в суміші парів молібдену і аргону та до дугового розряду в чистих парах молібдену. Результати роботи можуть бути використані для розробки нових та удосконалення діючих плазмових технологій. Захисні плівкові воднево стійкі покриття з молібдену можуть використовуватись для створення ємностей для зберігання водневомісних речовин та виготовлення деталей, які працюють в водневомісних середовищах, з метою запобігання їх водневному охрупчуванню.

*(А.Г. Борисенко)*

### **Ядерна, радіаційна та техногенно-екологічна безпека**

Для проведення навчально-тренувальних теоретичних, практичних і дистанційних занять з питань фізичної ядерної безпеки на державному, регіональному та місцевому рівнях було впроваджено інтегрований Навчально-тренувальний комплекс. Головною особливістю комплексу є можливість близьких до реальності імітацій роботи різних підрозділів та служб в ускладнених умовах (пожежа, задимлення, радіаційне забруднення тощо), що дають змогу підготувати персонал до роботи в умовах надзвичайної та кризової ситуацій на об'єктах з функціонуючою системою контролю та управління доступом.

Навчально-тренувальний комплекс включений в систему навчання з підвищення кваліфікації в галузі фізичної ядерної безпеки. Процес навчання може контролюватись дистанційно завдяки роботі розгалуженої системи відеоспостереження комплексу.

Даний комплекс має важливе значення для:

- підвищення рівня національної безпеки та готовності до реагування на кризові та надзвичайні ситуації, що можуть виникати на об'єктах критичної інфраструктури;
- підвищення рівня персоналу підрозділів фізичного захисту;
- підготовки та підвищення кваліфікації силових підрозділів сил допомоги ззовні (Національної гвардії, Національної поліції, СБУ, ДСНС тощо).

*(С.С. Драпей та інші)*

Визначено фізико-хімічні форми знаходження радіонуклідів в новоутворених ґрунтах осушених ділянок ложи водойми-охолоджувача ЧАЕС. Встановлено, що в основному  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  в ґрунтах знаходяться в необмінних та фіксованих формах. Цезумовлено тим, що значна частина радіонуклідів входять до складу хімічно стійких паливних частинок і найблищим часом не буде залучена до колообігу в природному середовищі.

*(А.І. Липська, Н.М. Рябченко, В.І. Ніколаєв, В.А. Шитюк)*