



ІХФМ
Інститут хімії
функціональних матеріалів



ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА



НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ
ІНСТИТУТ **ХІМІЇ**

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Радіотрейсери для біомедичної візуалізації з використанням PET

Доповідач:

Токарєв Віктор Володимирович

к.х.н., доц. кафедри органічної хімії
та молекулярних матеріалів

victor.tokarev@karazin.ua

Харків, 24 квітня 2026 р.

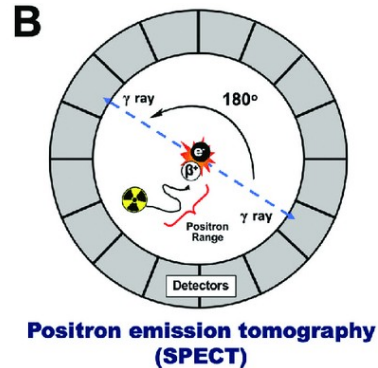
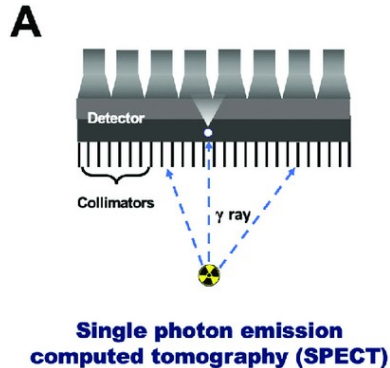
План доповіді

- PET та SPECT: методи та обладнання
- Радіотрейсери для PET та SPECT
- Спільний проєкт UMCG та ХНУ ім. В. Н. Каразіна
- Nuclear Medicine & Molecular Imaging @ UMCG
- Тренінг з радіохімії в березні 2026 р.
- Висновки

Методи SPECT та PET

SPECT: однофотонна емісійна комп'ютерна томографія

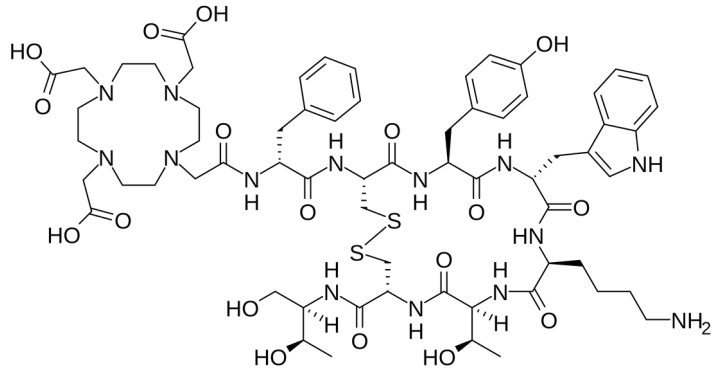
- γ -еміттери: ^{99m}Tc ($\tau_{1/2} \sim 6$ год.),
 ^{111}In ($\tau_{1/2} \sim 2,8$ д.),
 ^{123}I ($\tau_{1/2} \sim 13,2$ год.), ^{177}Lu ($\tau_{1/2} \sim 6,7$ д.)



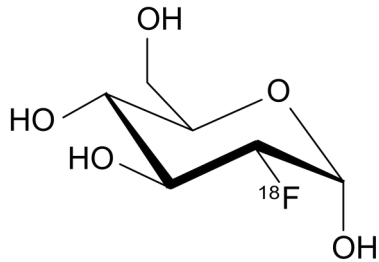
PET: позитрон-електронна томографія

- β^+ -еміттери: ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F , ^{86}Y , ^{89}Zr , ^{124}I ,
 ^{99m}Tc , ^{68}Ga
- Атом позитронію розпадається, випромінюючи 2 фотона під кутом 180°
- Ці фотони реєструються *одночасно* (з точністю порядку 10 пс) сцинтиляційним детектором на основі NaI:Tl , $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ (BGO) та ін.

Радіотрейсери для PET та SPECT

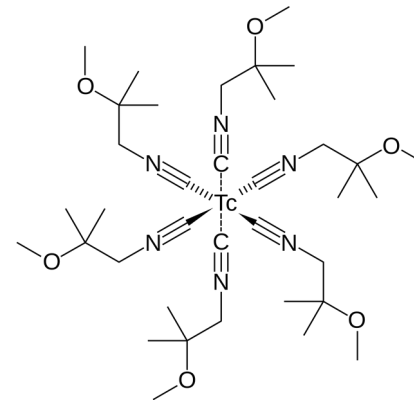


DOTA-TOC (Edotreotide)



Фтордезоксиглюкоза

- $\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$, $^{68}\text{GaCl}_3$
- Ліганди
- Ковалентно зв'язані з радіоізотопом



Tc-sestaMIBI

Спільний проєкт ХНУ та UMCG

- **Мета:** отримати можливість проводити біомедичну візуалізацію методами PET та SPECT в Харкові
- **Джерело фінансування:** благодійник побажав лишитись анонімним

Проєкт передбачає

- Встановлення PET/SPECT/CT сканера в ХНУ ім. В. Н. Каразіна
- Тренування біологів для проведення досліджень на тваринах з використанням радіоактивних трейсерів
- Тренування медичних фізиків, аналітиків даних та *радіохіміків*

Відділ ядерної медицини та молекулярної візуалізації Університетський медичний центр Гронінгена (UMCG)

- PET Center заснований в 1991 році
- В 2005 р. на базі медичного факультету Університету Гронінгена та Академічного госпіталю створено UMCG, в відділі ядерної медицини якого розпочато роботу з μ PET, μ CT, μ SPECT @ GronSAI
- В 2009-2010 рр. встановлено сканери SPECT, SPECT/CT, PET/CT
- В 2013 встановлено протонний циклотрон (18 MeV), що використовується, серед іншого, для напрацювання ізотопів ^{18}F , ^{11}C , ^{15}O , ^{13}N та ін.



Харків, 24 квітня 2026 р.

Джерело: <https://www.fotovan groningen.nl/product/umcg/>

Мета тренінгу з радіохімії

Ознайомитись з синтезом радіотрейсерів

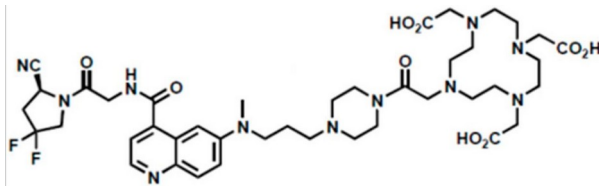
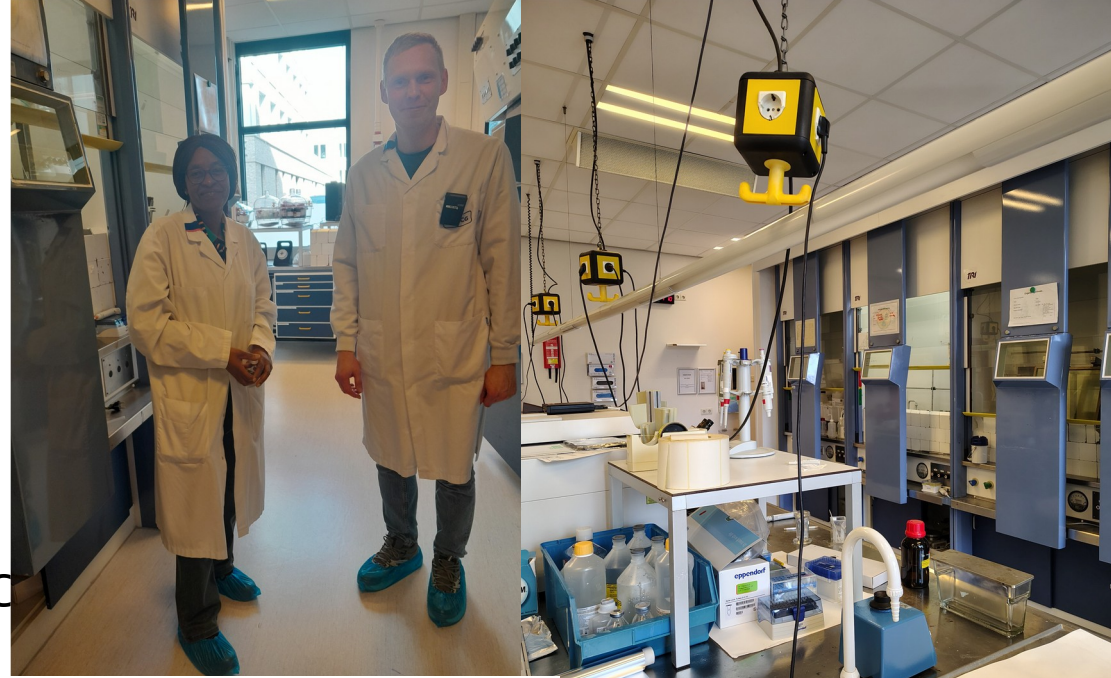
Задачі тренінгу:

- Отримати практичні навички з мічення препаратів радіоактивними ізотопами ^{68}Ga та $^{99\text{m}}\text{Tc}$.
 ^{68}Ga та $^{99\text{m}}\text{Tc}$ не потребують наявності циклотрона і виробляються за допомогою портативних генераторів, що містять ^{68}Ge та ^{99}Mo відповідно. Час напіврозпаду цих ізотопів (68 хв та 6 год) дозволяє проводити синтези мануально.
- Ознайомитись з методиками та обладнанням для проведення контролю якості отриманих трейсерів

- Ознайомитись з проведенням синтезу радіофармпрепаратів, що містять ^{18}F , ^{11}C , ^{15}O з використанням автоматизованого обладнання
Через малий час напіврозпаду мічення препаратів необхідно проводити швидко, а зразки мусять мати високу активність, що виключає проведення мануального синтезу
- Отримати інформацію щодо методів оцінки ризиків, проведення дозиметричного контролю зразків, співробітників та приміщень

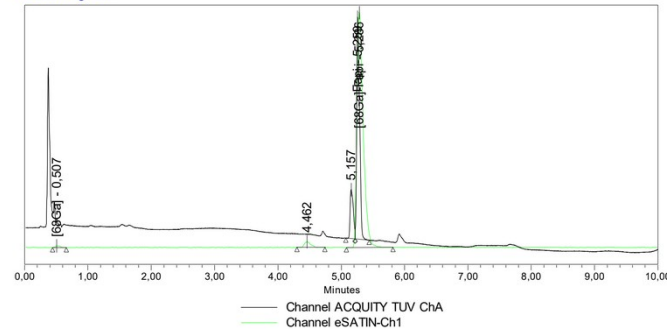
Результати тренінгу

- Проведено мануальний синтез $[^{68}\text{Ga}]\text{Ga-FAPI-46}$ радіотрейсер, що зв'язується з фібробласт-активуючим протеїном α -типу (FAP)
- Проведено аналіз отриманого продукту з використанням радіо-TLC та UPLC



FAPI-46

Chromatogram



Components table

Peak Name	RT	Height	Area	% Area	Amount	Units	volume_ml	activity_MBq	time_EOS	SA_GBmmol	Channel
1 Impurities	1,000						1	15	11:00		ACQUITY TUV ChA
2 Fapi	5,259	10364	32164	80.45	1,159	mg/L	1	15	11:00	11467	ACQUITY TUV ChA
3	5,157	2291	7814	19.55			1	15	11:00		ACQUITY TUV ChA
4 Precursor	5,400						1	15	11:00		ACQUITY TUV ChA

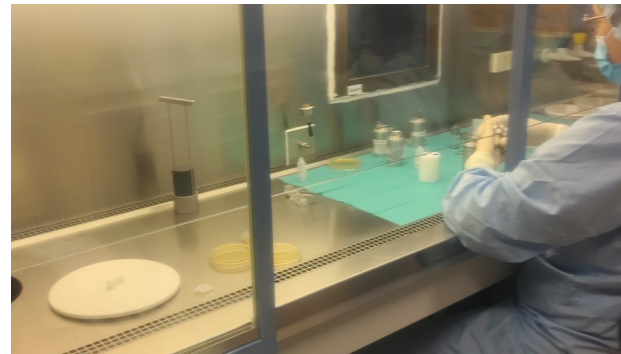
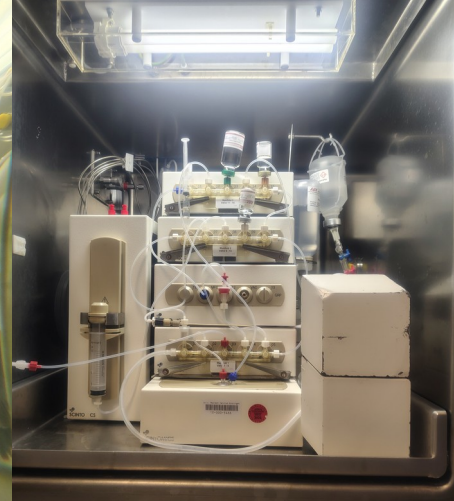
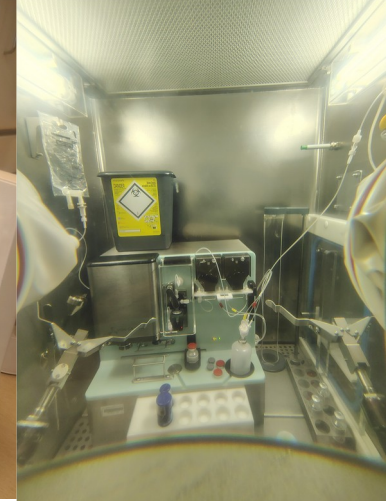
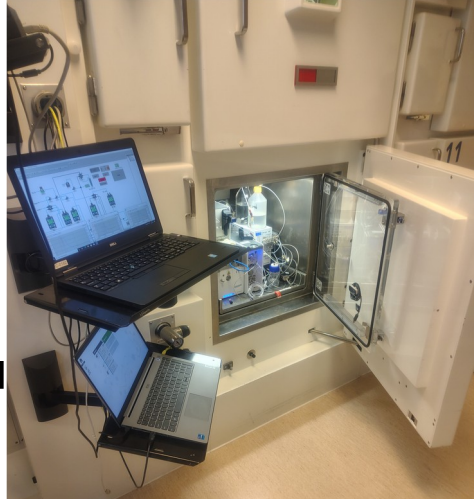


Харків, 24 квітня 2026 р.

Результати тренінгу

Ознайомлення
з GMP-сертифікованими
лабораторіями:

- для автоматизованого синтезу радіофармпрепаратів
- для мануального синтезу препаратів на основі ^{99m}Tc (^{99m}Tc]-sestamibi, ^{99m}Tc]-пертехнат, ^{99m}Tc]-DMSA та ін.)

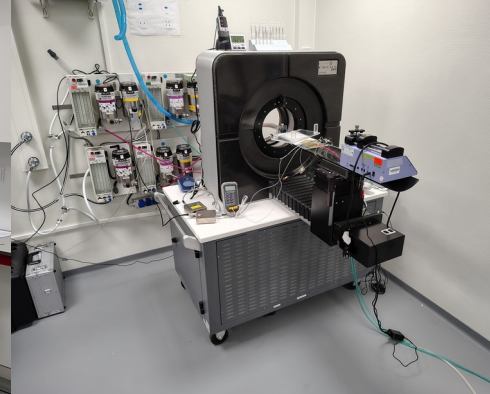


Харків, 24 квітня 2026 р.

Результати тренінгу

Також ознайомився з

- GMP-сертифікованою лабораторією для контролю якості
- GMP-сертифікованою лабораторією для дозування радіофармпрепаратів
- PET- та SPECT-сканерами, в тому числі в Groningen Small Animal Imaging facility (GronSAI)
- процедурами транспортування та передачі радіофармпрепаратів між організаціями



Харків, 24 квітня 2026 р.

10/12

Висновки

- SPECT та PET є перспективними методами для біомедичних досліджень, доступ до яких відкривається в Каразінському університеті в рамках спільного проєкту з UMCG
- SPECT та PET потребують економічного синтезу відомих лігандів, розробки нових лігандів, а також відтворюваних процедур радіолейбелінгу
- В рамках тренінгу
 - Отримано практичний досвід з синтезу радіофармпрепаратів на основі Галію-68
 - Ознайомився з проведенням синтезу радіотрейсерів з використанням автоматизованих модулів в «гарячих камерах»
 - Отримано інформацію щодо організації, обладнання, дозиметричного контролю, типових проблем під час синтезу радіофармпрепаратів, а також методики та протоколи синтезу радіофармпрепаратів і їх аналізу

Дякую за увагу!

