

NEUTRON SOURCE FOR NEUTRON CAPTURE THERAPY OF CANCER TISSUES AT KYIV RESEARCH REACTOR (KRR)

Description

Neutron Capture Therapy (NCT) is a promising form of radiation therapy characterized by two interrelated features: (1) the infusion or delivery of a capture compound which preferentially concentrates in the tumor, followed by (2) the irradiation of the tumor site with neutrons. Inasmuch as the boron isotope ${}^5\text{B}^{10}$ is often used as a neutron capture agent in compounds, this form of therapy is thus termed Boron Neutron Capture Therapy (BNCT).

The large thermal neutron capture cross section of ${}^5\text{B}^{10}$ greatly increases the probability of the resulting ${}^5\text{B}^{11}$ nucleus to split into He and Li. As the ionization potential of He and Li ions is high as they slow down in the biological material along relatively short distances, the affected cells enriched by boron are destroyed while normal, healthy cells are damaged to a much lesser extent. However, as the penetrating capability of thermal neutrons is low, to reach cancerous tumor cells localized at depths of several centimeters, epithermal neutrons are more suitable to the task. Such epithermal neutrons have a lower neutron capture rate in hydrogen, which results in a lower skin dose burden while the moderation of epithermal neutrons within the head would give rise to a thermal neutron peak at the cancerous tumor site. The most suitable neutrons for BNCT are those with energies in the range of 1 eV to 10 keV because their KERMA factor (and hence direct tissue damage) is less than for thermal or fast neutrons.

Such epithermal neutron beams may be provided by nuclear research reactors. The concept behind providing such a source is a modification of the reactor such that the emergent beam is slowed to the epithermal range. Such modifications of research reactors are usually relatively straightforward and not cost prohibitive – especially when compared to constructing new reactors dedicated to BNCT. Of course, any modification to a reactor should be justified with careful design work taking into account all specifics of a given specific reactor system.

Innovative Aspect and Main Advantages:

- Existing nuclear research reactors may be readily modified to provide the proposed epithermal neutron beam-precluding any need to design and construct a dedicated reactor;
- Uses a Ni-60 neutron filter for essential improvement in therapeutic source parameters;
- Destroy tumors by avoiding highly traumatic surgical techniques;
- High radiation doses are applied directly to malignant cells while the impact on healthy cells is minimized.

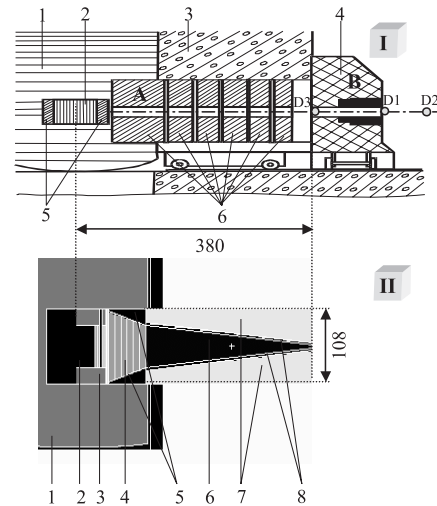


Fig. 1. KRR Thermal Column (dimensions in cm):
I – TC (until reconstruction): A – the first block, B – the second block. 1 – water, 2 – core, 3 – concrete, 4 – paraffin, 5 – beryllium reflector, 6 – graphite. D1, D2, D3 – detector positions in the MCNP calculations.
II – Geometry for MCNP calculations (vertical cross section through the core center): 1 – water, 2 – core, 3 – beryllium reflector (source), 4 – moderator, 5 – reflector (natural nickel), 6 – air, 7 – borated polyethylene, 8 – natural nickel layer.

Areas of Applications:

- Cancer treatment, in particular of brain tumors,
- Veterinary medicine.

Stage of Development:

We have demonstrated analytically that an epithermal neutron source meeting the requirements of BNCT may be constructed at the nuclear research reactor in Kyiv. The modification to the reactor may be achieved by altering the design of the thermal column and replacing the Beryllium reflector with one based on Aluminum.

Contact Details:

Olena Gritzay, Ph. D.
 Institute for Nuclear Research National Academy of Sciences of Ukraine
 Neutron Physics Department
 Prospect Nauky, 47, Kyiv 03680, UKRAINE
phone: (380-44) 525-3987; **fax:** (380-44) 525-4463
E-mail: ogritzay@kinr.kiev.ua

НЕЙТРОННЕ ДЖЕРЕЛО ДЛЯ НЕЙТРОН-ЗАХВАТНОЇ ТЕРАПІЇ ОНКОЛОГІЧНИХ ПУХЛИН НА КИЇВСЬКОМУ ДОСЛІДНИЦЬКОМУ РЕАКТОРІ (КДР)

Огляд пропозиції

Сьогодні нейтрон-захватна терапія (НЗТ) – це багатообіцяюча форма радіаційної терапії. Вона включає дві взаємопов'язані особливості – введення та переніс захватної компоненти, що концентрується переважно в пухлині, з наступним опроміненням пухлини нейтронами. Оскільки ізотоп В-10 часто використовують як нейтрон-захватний компонент у хімічній сполуці, в цьому випадку НЗТ називають боронейтронзахватною терапією (БНЗТ).

Великий переріз взаємодії теплових нейтронів з ізотопом В-10 викликає високу вірогідність розщеплювання ядра бору на He та Li. Оскільки іонізуюча здатність He та Li іонів висока, а їх пробіги короткі, то клітини, що збагачені бором, знищуються, тоді як здорові клітини пошкоджуються набагато менше. Однак, оскільки проникаюча здатність теплових нейтронів низька, то щоб досягти ракової пухлини, локалізованої на глибині в декілька сантиметрів, більш прийнятні для цього епітеплові нейтрони. Епітеплові нейтрони мають нижчий рівень захвату нейтрона у водні і це приводить до зниження дози на шкіру, а уповільнення нейтронів в межах голови створює пік теплових нейтронів в місці знаходження ракової пухлини. Найбільш підходящі нейтрони для БНЗТ – це нейтрони з енергією в області від 1 еВ до 10 кеВ, тому що їх KERMA фактор, і звідси пряме пошкодження тканини, є меншим, ніж у випадку теплових або швидких нейтронів.

Такі пучки епітеплових нейтронів можуть бути сформовані на ядерних дослідницьких реакторах. Концепція такого джерела полягає в перетворенні випромінювання реактора у епітеплове випромінювання. Модифікація дослідницького реактора може бути відносно простою і не надмірно дорогою, особливо в порівнянні з спорудженням нового реактора, спеціалізованого для БНЗТ. Але будь-яка модифікація реактора має відбуватися лише після ретельної обчислювальної роботи, в якій беруться до уваги всі особливості конкретних систем реактора.

Інноваційний аспект та основні переваги

- немає потреби будувати новий спеціалізований реактор, оскільки існуючий може бути використаний після нескладної реконструкції, що не торкається основних функціональних систем реактора;
- можливість використання нейтронного фільтра, виготовленого із Ni-60 для суттєвого поліпшення терапевтичних якостей нейтронного джерела.

Переваги методу BNCT:

- можливість знищити пухлини без надзвичайно травматичної хірургічної операції;
- можливість створити високі радіаційні дози в злоякісних клітинах, в той же час не знищуючи здорові.

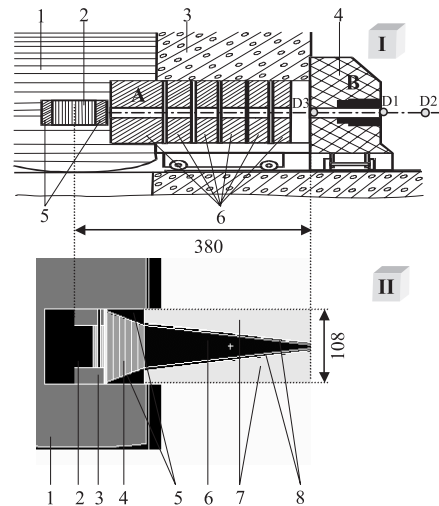


Рис. 1. Теплова колона КДР (розміри в см):
I – Теплова колона (до реконструкції): А – перший блок, В – другий блок. 1 – вода, 2 – активна зона, 3 – бетон, 4 – парафін, 5 – рефлектор з берилію, 6 – графіт. D1, D2, D3 – положення детекторів при обчисленнях MCNP.
II – Геометрія для обчислень MCNP (вертикальний переріз через центр зони): 1 – вода, 2 – зона, 3 – рефлектор з берилію, 4 – уповільнювач, 5 – рефлектор (природний нікель), 6 – повітря, 7 – борований поліетилен, 8 – шар природного нікелю.

Галузь застосування

- онкологія, зокрема лікування пухлин головного мозку,
- ветеринарна медицина.

Стадія розробки

Ми показали в наших обчисленнях, виконаних методом Монте Карло за допомогою відомої програми MCNP, що джерело епітеплових нейтронів, яке відповідає вимогам БНЗТ, може бути створено на Київському реакторі за допомогою заміни матеріалів теплової колони спеціальною композицією. Найкращі параметри пучка можна отримати, якщо до того ж одну з секцій берилієвого рефлектора замінити алюмінієвим блоком.

Контактна інформація

Інститут ядерних досліджень НАН України
 Відділ нейтронної фізики
 Проспект Науки, 47, Київ 03680, Україна
 Олена Грицай
Тел.: 380 44 525 3987; **Факс:** 380 44 525 4463,
E-mail: ogritzay@kinr.kiev.ua