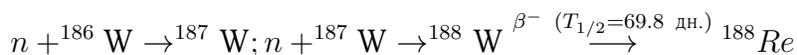


Вопрос: *Что можно сказать о сравнении возможной нарабатываемой активности целевого нуклида и побочных продуктов при переходе от наработки  $^{188}\text{Re}$  к наработке  $^{166}\text{Ho}$ ?*

Получение  $^{188}\text{Re}$  без носителя на реакторах происходит в результате реакций последовательного захвата нейтронов на обогащенной мишени из  $^{186}\text{W}$  с последующим  $\beta$ -распадом на  $^{188}\text{Re}$ :



Дальше  $^{188}\text{Re}$  выделяется на основе генератора  $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ .

Обогащение мишени требуется, чтобы избежать образования  $^{185}\text{W}$  в результате захвата тепловых нейтронов стабильном изотопе  $^{184}\text{W}$ .  $T_{1/2}(^{185}\text{W}) = 75$  дн.. Изотоп  $^{185}\text{W}$  распадается на стабильный  $^{185}\text{Re}$ , т.е. появляется неотделяемая примесь. Из-за близких периодов полураспада  $^{185}\text{W}$  и  $^{188}\text{W}$  избежать появления побочного продукта позволяет только использование высокообогащенной по  $^{186}\text{W}$  мишени.

Сечения захвата тепловых нейтронов на  $^{186}\text{W}$  и  $^{187}\text{W}$  невелики и сравнимо  $\sigma_{nth}(^{186}\text{W}) \approx 38$  барн и  $\sigma_{nth}(^{187}\text{W}) \approx 64$  барн. Поэтому при облучении также активно нарабатывается  $^{187}\text{Re}$  в результате  $\beta$ -распада  $^{187}\text{W}$  с периодом  $T_{1/2}(^{187}\text{W}) = 23.7$  ч.. Избежать этой примеси позволяет выдержка облученной мишени в течении нескольких дней, т.е. времени, необходимого для распада  $^{187}\text{W}$  в мишени с последующим радиохимическим выделением вольфрама для создания генератора.

Из-за низкого сечения захвата нейтронов на изотопах вольфрама при наработке  $^{188}\text{Re}$  должны использоваться высокопоточные реакторы с потоком нейтронов  $10^{15} n/(\text{см}^2\text{с})$  и возможностью непрерывного облучения в течении месяца и больше (по данным работ [1, 2]). Существует всего несколько таких реакторов. Возможная нарабатываемая активность  $^{188}\text{Re}$  при наработке на высокопоточной реакторе Оак-Риджской национальной лаборатории (HFIR) составляет порядка 400 ГБк/г при работе реактора в течении 40 дней [2].

Фотоядерный метод получения изотопов рассматривается как альтернативный реакторному по нескольким причинам. Во-первых — это возможность использования компактных установок, которые могут быть размещены непосредственно в клиниках. Во-вторых, по данным МАГАТЭ, некоторые из используемых сейчас исследовательских реакторов могут быть остановлены [3].

При использовании фотоядерного метода можно вообще избежать образования побочных нуклидов, облучая обогащенную мишень из  $^{167}\text{Er}$  и подбирая энергию ускорителя электронов меньше пороговой энергии реакции, приводящей к образованию побочного нуклида с  $A - 1$ , т.е. реакции  $(\gamma, 1p1n)$ , так как остальные реакции тем более не прохо-

дят по порогу.  $T_{\text{порог}}(^{167}\text{Er}(\gamma, 1p1n)) = 29.46 \text{ МэВ}$ .

Была выполнена оценка наработки  $^{166}\text{Ho}$  при облучении спектром гамма-квантов с максимальной энергий 30 МэВ в течение 1 сут., активность составила 0.52 ГБк. Приведенная активность рассчитана на мишень массой 1 г и нарабатываемая активность может быть увеличена за счет подбора оптимальной геометрии и массы мишени.

## Список литературы

- [1] *Argyrou, Maria, Alexia Valassi, Maria Andreou, u Maria Lyra..* Rhenium-188 Production in Hospitals, by W-188/Re-188 Generator, for Easy Use in Radionuclide Therapy. International Journal of Molecular Imaging 2013, 290750.
- [2] *Knapp, F. F., Callahan, A. P., Beets, A. L., Mirzadeh, S., Hsieh, B.-T..* Processing of reactor-produced 188W for fabrication of clinical scale alumina-based 188W/188Re generators. Applied Radiation and Isotopes, 1994. 45(12), 1123–1128.
- [3] IAEA, 2010. Production and supply of Molybdenum-99, annex to the IAEA Nuclear Technology Review [http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC54/GC54InfDocuments/English/gc54inf-3-att7\\_en.pdf](http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC54/GC54InfDocuments/English/gc54inf-3-att7_en.pdf).