**ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ ГЕНЕРАТОРНЫЕ СИСТЕМЫ 225Ac/213Bi**

А.Н. Васильев1, С.В. Ермолаев1, Е.В. Лапшина1, Н.Д. Бетенеков2, Б.Л. Жуйков1

*1Институт ядерных исследований РАН, Москва, Троицк,* [*vasiliev@inr.ru*](mailto:vasiliev@inr.ru)

*2Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина, Екатеринбург*

Среди альфа-эмиттеров, пригодных для использования в терапии, 225Ac (9,9 сут) и дочерний 213Bi (46 мин) являются наиболее перспективными. Клинические испытания подтверждают высокую эффективность и более низкую токсичность радиофармацевтических препаратов с этими радионуклидами, по сравнению с их аналогами, содержащими бета-эмиттеры. В ИЯИ РАН с участием МГУ им. М.В. Ломоносова и НИФХИ им. Л.Я.Карпова была разработана технология производства 225Ac путем облучения металлического 232Th протонами средних энергий (более 1 Ки за 10 суток облучения), включающая процедуру химического выделения и очистки продукта. Полученный таким образом 225Ac содержит примесь долгоживущего 227Ac (21,7 лет), около 0,1% от 225Ac на конец облучения, поэтому прямое медицинское использование полученного таким способом 225Ac является проблематичным. Тем не менее, 225Ac с примесью 227Ac может быть использован в 225Aс/213Bi генераторе.

Предложенные ранее 225Aс/213Bi генераторные системы на основе ионообменных (AG MP-50, AG 1, BioRad) и экстракционно-хроматографических смол (Actinide Resin, UTEVA Resin, Triskem Int.) могут быть разделены на три группы:

1. «Прямые» генераторы, в которых 225Aс прочно удерживается сорбентом, а дочерний 213Bi элюируют различными комплексообразователями. Такой генератор на основе катионообменного макропористого сорбента AG MP-50 разрабатывался в России и за рубежом и обычно используется в клинических испытаниях.
2. «Прямые» генераторы, в которых 225Aс удерживается сорбентом, а 213Bi накапливается вне сорбента благодаря отделению и распаду короткоживущего 221Fr (4,9 мин), и затем концентрируется на второй колонке. Генераторы этого типа разрабатываются в ИЯИ РАН.
3. «Обратные» генераторы, в которых 213Bi периодически отделяют из исходного 225Aс/213Bi раствора, пропуская его через колонку, а 225Aс остается в растворе. Система так называемых «мультиколоночных селективных инверсионных генераторов» (МСИГ) разработана в США. Генератор этого типа на основе неорганических гидроксидных сорбентов также разрабатывается в ИЯИ РАН.

«Прямой» генератор наиболее удобен для автоматизации и клинического использования. Однако, в случае наличия примеси 227Ac возникает проблема, связанная с содержанием продуктов его распада в элюате. Генераторы 2-го и 3-го типа, разработанные в ИЯИ РАН, позволяют получить 213Bi высокой радионуклидной и химической чистоты. В некоторых случаях (например, при терапии глиомы) возможно медицинское применение препаратов с высокими активностями 213Bi. Исходная активность 225Ac в генераторе ограничена радиационной устойчивостью используемых сорбентов. Поскольку разработанная технология получения 225Ac позволяет увеличить активность 213Bi, вводимую пациенту (максимально допустимая доза 213Bi – 160 мКи), радиационная и радиолитическая нагрузка на сорбент возрастет. В этом случае генераторы последних двух типов получают дополнительное преимущество.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-73-10465).*