

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский  
ядерный университет «МИФИ»

**Озерский технологический институт –**  
филиал федерального государственного  
автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Национальный  
исследовательский  
ядерный университет «МИФИ»  
**(ОТИ НИЯУ МИФИ)**  
просп. Победы, д. 48, г. Озерск,  
Челябинская область, 456783  
Тел./факс (35130) 7-01-44  
E-mail: [oti@mephi.ru](mailto:oti@mephi.ru)

Ученому секретарю диссертационного  
совета  
Д.Л. Мялочкину

2-ой Муринский пр., 28  
Санкт-Петербург, Россия,  
194021

АО «Радиевый институт имени  
В.Г. Хлопина»

Отзыв на автореферат диссертации  
Ворошилова Ю.А. «Разработка технологии  
производства препарата молибден-99 на  
ФГУП «ПО «Маяк»

Проблема поиска эффективных методов производства молибдена-99 ( $^{99}\text{Mo}$ ), являющегося материнским изотопом технеция-99м ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ), представляется важной задачей, поскольку  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  в течение последних 40 лет остается наиболее широко используемым в ядерной медицине радионуклидом. На его основе осуществляется синтез большого количества радиофармпрепаратов. В связи с этим рецензируемая работа является актуальной.

Диссертационная работа состоит из введения, литературного обзора, экспериментальной части, заключения, списка литературы.

Во введении отражены: актуальность поставленной проблемы; цель и научные задачи работы; научная новизна; практическая значимость работы; положения, выносимые на защиту; личный вклад автора; а также апробация работы.

Раздел 1 содержит обзор литературы по теме диссертации. В ней автором указана область применения радионуклида  $^{99}\text{Mo}$ , рассмотрены основные его производители. Представлены методы наработки радионуклида. Проанализированы литературные данные о поведении молибдена в водных растворах. Описаны применяемые для выделения молибдена массообменные процессы и реализованные на их основе технологические схемы выделения  $^{99}\text{Mo}$ .

Раздел 2 представляет собой экспериментальную часть, содержит пять подразделов.

В первом подразделе, представляющем методическую часть, автором приведены основные физико-химические характеристики использованных в исследованиях массообменных материалов и реагентов. Описаны методики подготовки массообменных материалов к работе и проведения экспериментов в статических и динамических условиях. Представлены методики расчета характеристик сорбционных и экстракционных материалов, параметров технологических процессов, описаны применявшиеся в работе аналитические методы анализа и приборы для измерений.

Второй подраздел экспериментальной части содержит результаты лабораторных экспериментов по оптимизации исходной базовой технологии, существовавшей к началу выполнения работы. Автором представлены результаты доработки отдельных стадий технологической схемы. По результатам лабораторных исследований предложены условия для реализации оптимизированной технологии на существующем оборудовании установки «Молибден».

В заключение Ворошиловым Ю.А. представлены результаты выполнения опытно-промышленных операций наработки препарата  $^{99}\text{Mo}$  на установке «Молибден» с целью поставки препарата в ГНЦ РФ-ФЭИ.

Важно отметить, что в результате проведения данных работ генераторы с  $^{99}\text{Mo}$ , произведенным на ФГУП «ПО «Маяк», были впервые поставлены в медицинские клиники России.

Третий подраздел посвящен результатам разработки технологии экстракционного выделения и концентрирования  $^{99}\text{Mo}$  из раствора облученной мишени. Автором предложен технологический процесс экстракционного концентрирования и очистки  $^{99}\text{Mo}$  на каскаде центробежных экстракторов типа ЭЦР-33. Однако в итоге автором сделан вывод о сложности аппаратного оформления, управления и обслуживания динамического экстракционного процесса, по сравнению с сорбционным вариантом концентрирования, и принято решение о дальнейшем развитии технологии производства  $^{99}\text{Mo}$  на основе сорбционного метода с использованием неорганического сорбента Термоксид-5 (Т-5).

В связи с этим в четвертом подразделе диссертации представлены данные лабораторных и промышленных экспериментов по разработке сорбционной технологии наработки препарата  $^{99}\text{Mo}$  на основе неорганического сорбента Т-5.

Результаты опытной операции на реальном продукте показали простоту реализации данной технологии, высокую кинетику сорбции Mo.

В развитие данного направления в заключительном, пятом, подразделе автором приведены результаты лабораторных и промышленных экспериментов по доработке сорбционной технологии на основе неорганического сорбента Т-5 в направлении повышения качества очистки получаемого препарата  $^{99}\text{Mo}$ .

Ворошилов Ю.А. предложил включить в технологическую схему дополнительную стадию анионообменной очистки на основе анионита Lewatit MP-500, а на конечной стадии технологического процесса - сублимационную очистку  $^{99}\text{Mo}$  путем перевода его в газовую фазу и последующего улавливания в виде  $\text{MoO}_3$  в аппарате с охлаждающим элементом.

Результаты итоговых производственных испытаний разработанной технологии продемонстрировали возможность получения препарата  $^{99}\text{Mo}$  фармакопейного качества, соответствующего требованиям зарубежных производителей, что подтверждено в ФЭИ при пробной зарядке генераторов  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ .

Представленные в диссертации материалы имеют безусловный научный и практический интерес, полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы на радиохимических предприятиях и в научно-исследовательских центрах, занимающихся исследованиями в области радиохимии и производством РФП.

В то же время следует отметить некоторые замечания:

- в отдельных случаях не в полной мере объяснены наблюдаемые эффекты и зависимости;
- в недостаточной мере используются методы статистической обработки результатов.

Однако указанные недостатки не умаляют достоинств представленной диссертации. Рецензируемая работа выполнена на высоком научном уровне, отличается новизной, определяет направления в решении ряда актуальных задач прикладной радиохимии.

Учитывая вышеизложенное, считаю, что по своему уровню диссертация соответствует пункту 9 положения ВАК Российской Федерации «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Ворошилов Юрий Аркадьевич,

заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 02.00.14 – радиохимия.

Отзыв составил:

Доцент кафедры «Химия и химическая технология», канд. техн. наук

 П.В. Козлов

Директор



 И.А. Иванов