



## Содержание:

- Дорогие пользователи ..... Стр.1
- Смола ТК-TcScint ..... Стр.1-3
- Новости ..... Стр.4
- СМОЛА ТК202 ..... Стр.4-7
- Анонс мероприятий ..... Стр.7

### ● Дорогие пользователи!

Мы искренне надеемся, что здоровье ваше и ваших близких в полном порядке. К сожалению, ограничения путешествий и виртуальные конференции лишают нас возможности прямого контакта с вами, однако мы всегда рады ответить на любые ваши вопросы по телефону, электронной почте или с помощью видеозвонка.

В данном информационном бюллетене мы хотели бы представить вам две новые смолы.

Смола ТК202, основанная на двухфазной водной экстракционной системе, находит применение, главным образом, для выделения Тс из щелочных проб, таких как растворенные мишени облученного молибдена или разложенные образцы при контроле снятия АЭС с эксплуатации.

Смола ТК-TcScint – это первая из серии новых смол, основанных на импрегнировании различных селективных экстрагентов на сцинтилляционные пластиковые микросферы (совместная разработка с Университетом Барселоны). Эта новая смола позволяет осуществлять прямое измерение Тс-99, экстрагированного на картридже, без десорбции или добавления сцинтилляционной смеси, что улучшает безопасность процесса при снижении трудоемкости и стоимости анализа и меньшем времени анализа.

Для получения дополнительной информации об обоих наших новых продуктах, пожалуйста, свяжитесь с нашей технической поддержкой.

В прошлом году мы приглашали вас на виртуальную Встречу пользователей в рамках виртуальной Конференции по прикладной радиационной метрологии (vCARM-2020), организованной Национальной физической лабораторией Великобритании (NPL). Поскольку этот опыт был успешным, мы решили обновить этот опыт в рамках CARM-2021. Мы будем очень рады, если вы сможете принять участие в этой встрече и при возможности внести свой вклад.

Michaela Langer, президент

### ● Смола ТК-TcScint

Смола ТК-TcScint – это первая из линейки смол типа «импрегнированные сцинтилляционные пластиковые микросферы», разработанных в Университете Барселоны авторами García, Tarancón и Bagán [1-5].

Эта линейка новых продуктов будет состоять из пластиковых сцинтилляционных микросфер (PSm), поставляемых научной группой из Университета Барселоны, которые импрегнированы селективными экстрагентами.

В соответствии с названием, смола ТК-TcScint предназначена, главным образом, для количественного определения Тс-99. Для ее синтеза используется экстрагент Aliquat336, также она содержит небольшое количество высокомолекулярного спирта. Соответственно, ее селективность в целом будет близка к селективности смолы TEVA.

На рис. 1 (а, b) приведены электронные микрофотографии исходных PSm и импрегнированных микросфер (ТК-TcScint).

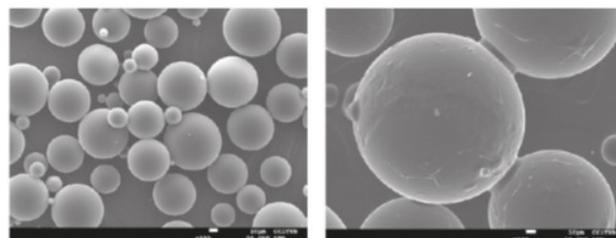


Рис. 1 (а, b): слева – неимпрегнированные пластиковые сцинтилляционные микросферы (PSm), справа – импрегнированные PSm (TK-TcScint). Взято из [4]

Как правило, ТК-TcScint используется в виде готовых 2-мл картриджей для использования с вакуумным боксом или автоматизированными системами разделения на основе насосов [1, 5].

Носитель PSm, используемый в смоле ТК-TcScint, сам по себе действует как сцинтиллирующая среда, что дает возможность прямого измерения Тс-99, сорбированного на картридже, при этом нет необходимости в элюировании и смешивании элюата с жидким сцинтиллятором.

Это дает ряд преимуществ:

- Экономия времени, что особенно важно в случае аварийных ситуаций.
- Нет смешанных жидких радиоактивных отходов.

- Не нужно элюировать Tc крепкими растворами HNO<sub>3</sub> и упаривать или отбирать аликвоту элюата.
- Не нужно разрезать колонку или картридж, чтобы извлечь смолу во флакон для ЖСС.

Последние два пункта особенно интересны в плане радиационной безопасности в случаях анализа проб с высокой активностью.

В идеале химический выход можно определить с помощью ИСП-МС или ИСП-ОЭС, используя рений в качестве внутреннего стандарта.

На рис. 2 приведено сравнение данного метода на основе импрегнированных PSm смол, таких как ТК-TcScint, с классическими методами.

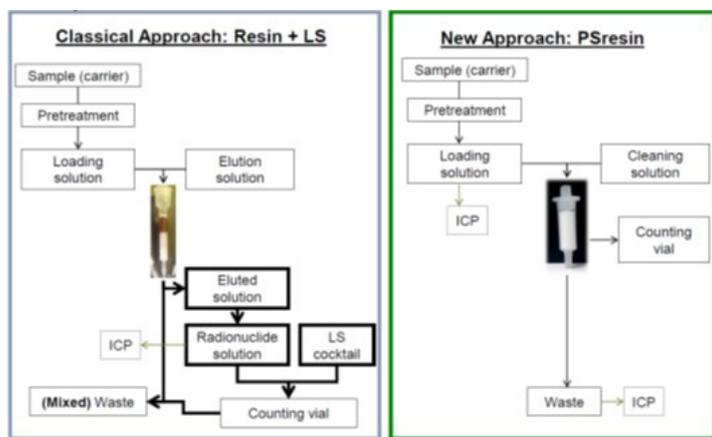


Рис. 2 : Сравнение классического радиоаналитического метода и метода на основе PS смолы. Взято из [5]

Для удобства обращения и во избежание загрязнения ЖС спектрометра картридж для измерения следует поместить в стандартный 20-мл флакон для ЖСС.

Спектр типичных анализируемых проб включает в себя мочу и различные типы водных проб. В случае поверхностных вод и при использовании 2-мл картриджей объем до проскока обычно более 200 мл, что делает данную методику востребованной не только для аварийных случаев или мониторинга при выводе АЭС из эксплуатации, но и для рутинного экологического или биомедицинского мониторинга. Для водных проб химический выход, как правило, >98.8%.

Эффективность регистрации излучения Tc-99, полученная на смоле ТК-TcScint очень высока, порядка 89.5(0.6)%, тогда как фон стандартного 2-мл картриджа низок, ~1.09 имп/мин (получено на детекторе Quantulus™ в конфигурации со схемами подавления высоких энергий и антисовпадений).

Кроме того, картриджи ТК-TcScint воспроизводимо показывают низкое гашение, среднее значение SQP(E) составляет 787(7).

На рис. 3 приведены типичные получаемые спектры Tc-99. Можно видеть, что три параллели хорошо совпадают между собой.

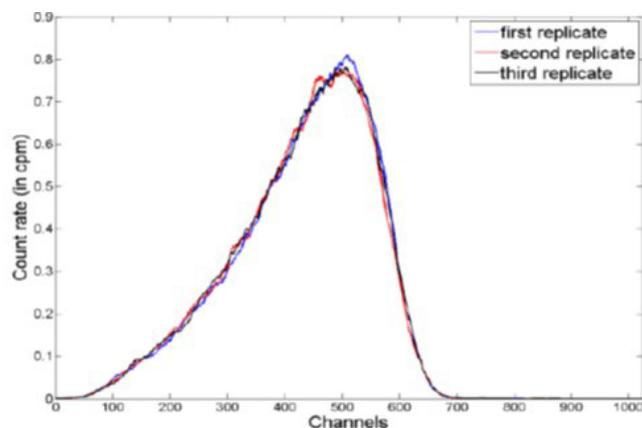


Рис. 3: Спектр 99Tc на смоле ТК-TcScint, снятый на жидкосцинтилляционном спектрометре. Взято из [5]

Анализ водных проб, таких как речная или морская вода (обычно 50 мл) с использованием картриджей ТК-TcScint довольно прост [1, 5].

После фильтрации (при необходимости) пробы нагревают до 90°C в течение 60 мин после добавления нескольких мл 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> для стабилизации Tc в форме пертехнетата. Затем растворы закисляют концентрированной HCl до 0,1M HCl. После остывания до комнатной температуры пробы готовы к разделению.

После пропускания проб картридж обычно промывают последовательно растворами 0.1M HCl, 0.1M HNO<sub>3</sub>/0.1M HF (требуется только при возможном присутствии Th) и в конце водой.

Эти промывки позволяют удалить возможные мешающие элементы, тогда как Tc (и внутренний стандарт Re) остаются на картридже. Фракции после пропускания и промывки объединяют и анализируют в них содержание Re для расчета химического выхода в процессе разделения. Затем картридж ТК-TcScint может быть непосредственно измерен на ЖС счетчике.

Авторы обнаружили очень хорошее совпадение между внесенными и измеренными активностями при анализе меченых проб воды и двух меченых образцов МАРЕР [1].

При анализе 50-мл проб и времени измерения 180 мин авторы достигли предела обнаружения 0,15 Бк/л.

Далее авторами было показано, что методика может быть легко автоматизирована. Они разработали собственную систему разделения OPENVIEW-AMSS, модульный аппарат на основе вакуумного бокса. Было показано, что и ручное, и автоматизированное разделение обеспечивает высокие химический выход и эффективность детектирования. При сравнительных анализах одинаковых проб не было обнаружено существенных отличий, однако автоматизация дает существенные преимущества с точки зрения временных затрат на ручные операции и радиационной защиты.

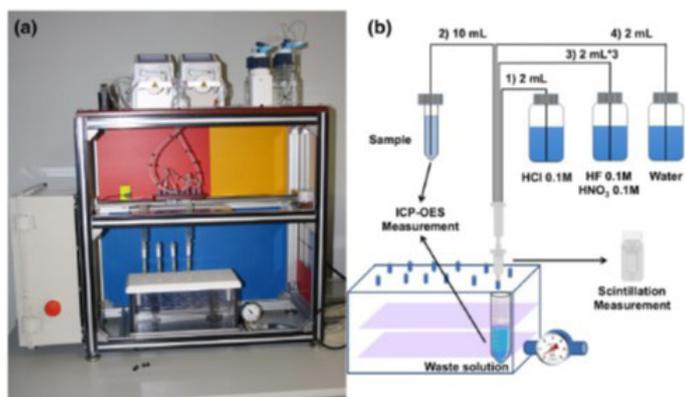


Рис. 4: Система OPENVIEW-AMSS и типичная схема выделения Tc из проб воды. Взято из [1].

Помимо системы, разработанной авторами, картриджи ТК-TcScint также совместимы с коммерчески доступным оборудованием, таким как Hidex Q-Are 100<sup>[4]</sup>.

Помимо проб воды, с помощью картриджей ТК-TcScint были также проанализированы пробы мочи<sup>[5]</sup>. В связи с более насыщенной матрицей данный тип проб требует более серьезной предварительной подготовки. В описанной методике 100-мл пробы мочи вначале подвергались мокрому озолению в конц. HNO<sub>3</sub> с последующим дополнительным озолением в муфельной печи при 550°C.

Полученный сухой остаток растворяли в 3 мл конц. HNO<sub>3</sub> и разбавляли деионизованной водой до 100 мл. Для стабилизации Tc в форме пертехнетата в растворы добавляли несколько мл пероксида водорода и нагревали до 90°C в течение 60 мин. Как было описано выше, в качестве внутреннего стандарта использовали Re.

Проанализировав меченые образцы мочи, авторы установили, что метод на основе импрегнированных PSm позволяет получить правильные результаты. Минимальная определяемая активность (МОА) для 100-мл проб и времени измерения 24 часа составила 0,036 Бк/л.

Bagán и др.<sup>[6]</sup> показали, что помимо анализа Tc-99, PSm-смолы, импрегнированные Aliquat 336, могут быть использованы для анализа [<sup>14</sup>C]SCN<sup>-</sup>, применяемого в качестве радиотрассера для исследования динамики нефтяных пластов.

Интересно, что экстрагент Aliquat обеспечивает селективность смолы TEVA<sup>[7]</sup>, поэтому представляется вполне возможным использовать картриджи ТК-TcScint для скрининга других радионуклидов, таких как изотопы плутония или Po-210.

## Библиография

(1) Coma и др. “Автоматическое выделение <sup>99</sup>Tc на смоле с пластиковым сцинтиллятором PSresin и автоматическая модульная система разделения с открытым обзором (OPENVIEW-AMSS)”, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* (2019) 321:1057–1065. <https://doi.org/10.1007/s10967-019-06659-7>

(2) Barrera и др. “Новая смола на пластиковом сцинтилляторе для одностадийного выделения, концентрирования и измерения технеция-99” *Analytica Chimica Acta* 936 (2016) 259-266. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2016.07.008>

(3) Tarancon и др. “Новая смола на пласти-ковом сцинтилляторе для одностадийного выделения, концентрирования и измерения Tc-99”, доклад на NRC9 (29/08/16 – 2/09/16, Helsinki, Finland)

(4) Электронная книга “Методы жидкостно-сцинтилляционных измерений: новые разработки” <https://hidex.com/ebooks/liquid-scintillation-measuring-procedures/measuring-procedures/radionuclides-from-nuclear-fission-activities/2-3-14-tc-by-rad-disk-and-psresins/>

(5) J. Garcia & A. Tarancon, “Определение радионуклидов с помощью PS Resin MASS WaterRadd”, доклад на Европейской встрече пользователей в Кембридже (Великобритания) - 21/09/2018, [https://www.triskem-international.com/scripts/files/5bae2550c30ed4.50583030/11\\_j-garcia\\_a-tarancon\\_radionuclide-determinations-with-ps-resin\\_mass\\_waterradd.pdf](https://www.triskem-international.com/scripts/files/5bae2550c30ed4.50583030/11_j-garcia_a-tarancon_radionuclide-determinations-with-ps-resin_mass_waterradd.pdf)

(6) H. Bagán и др. “Одностадийное определение радиотрассера (S<sup>14</sup>CN<sup>-</sup>) нефтяного пласта с помощью экстракционной смолы на основе пластикового сцинтиллятора”, *Analytica Chimica Acta*, 736, 2012, 30-35, <https://doi.org/10.1016/j.aca.2012.05.045>

(7) Смола TEVA, описание продукции, [https://www.triskem-international.com/scripts/files/5f463452902878.84967331/PS\\_TEVA-Resin\\_EN\\_160927.pdf](https://www.triskem-international.com/scripts/files/5f463452902878.84967331/PS_TEVA-Resin_EN_160927.pdf) посещено 06/09/2021

## ● Новости :

Получив очень положительные отзывы на прошлогоднюю виртуальную Встречу пользователей, в этом году мы решили снова организовать виртуальную Встречу пользователей (vUGM) 24.11.2021 также в сотрудничестве с НФЛ в качестве части их конференции CARM (22 – 26.11.2021).

Мы с радостью приглашаем вас принять участие в этой встрече (участие будет бесплатным). Также мы очень приветствуем, если вы представите на встрече ваши работы. В этом случае, пожалуйста, не стесняйтесь связаться с нами: [shappel@triskem.fr](mailto:shappel@triskem.fr). В ближайшем будущем мы представим более детальную информацию о встрече. Обновленную информацию о vUGM вы также можете найти по ссылке: <https://www.triskem-international.com/triskem-infos-en.php>

## ● СМОЛА ТК202

Смола ТК202 содержит функциональные группы полиэтиленгликоля (ПЭГ, рис. 1) с высокой молекулярной массой, которые связаны ковалентной связью с полимерной

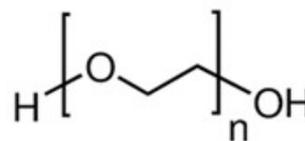


Рис. 1: Полиэтиленгликоль (ПЭГ)

основой.

Смола ТК202 основана на механизме экстракции двухфазной водной системой (ДВС) с ковалентно-связанным ПЭГ, работающем в качестве твердого носителя. В водных растворах с большой ионной силой и высоким содержанием водоструктурирующих (космотропных) ионов, таких как  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ , а также  $\text{MoO}_4^{2-}$  или  $\text{WO}_4^{2-}$  (1), она экстрагирует хаотропные ионы, в частности  $\text{TcO}_4^-$  и  $\text{ReO}_4^-$ ; тогда как другие нехаотропные элементы, такие как молибден, не сорбируются. Соответственно, сорбцию Тс (и Re) можно улучшить, повышая концентрацию таких анионов.

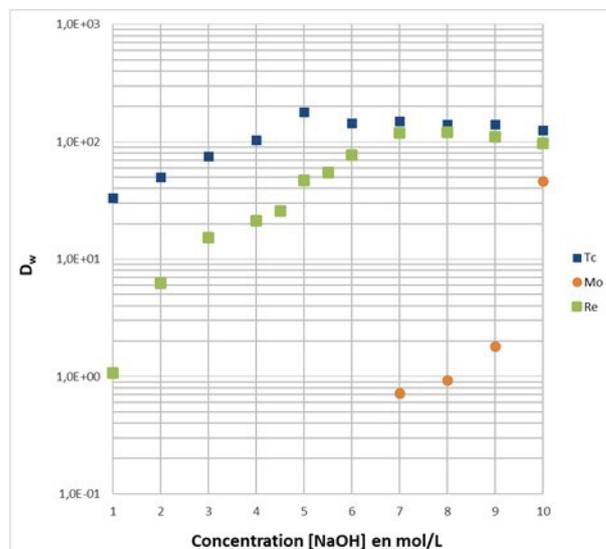


Рис. 2:  $D_w$  для Тс, Re и Мо на смоле ТК202 при различных концентрациях NaOH. Данные по Тс взяты из Cieszykowska и др.<sup>(2)</sup>.

На рис. 2 показаны зависимости  $D_w$  для Тс, Re и Мо на смоле ТК202 от концентрации NaOH.

Оптимальная концентрация NaOH при сорбции и промывке находится в диапазоне от 5 до 7 М, поскольку удержание Тс (и Re) при таких концентрациях максимальное, а для молибдена – очень низкое.

Как упоминалось выше, сам  $\text{MoO}_4^{2-}$  – это космотропный анион. Соответственно, увеличение его концентрации ведет к повышению удержания Тс (и Re) в ДВС-системах, таких как смола ТК202, что можно видеть на рис. 3, где наблюдается отчетливый роса удержания Тс с ростом концентрации Мо.

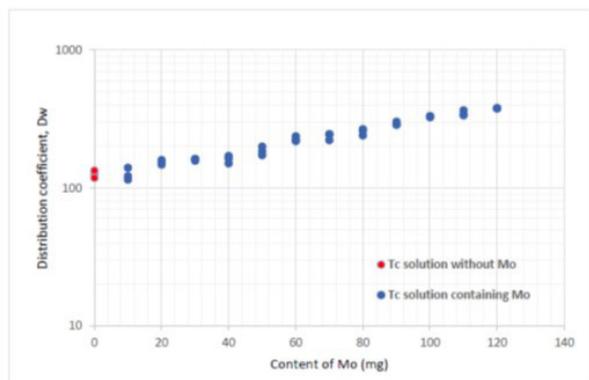


Рис 3:  $D_w$  для Tc в 5M NaOH при использовании 40 мг ТК202, и увеличивающейся концентрации Mo. Данные взяты из Cieszykowska и др.<sup>(2)</sup>.

В частности, такое поведение дает возможность отделять Tc от повышенных количеств Mo (например, облученных Mo мишеней).

По результатам экспериментов в динамике Cieszykowska и др.<sup>(2)</sup> оценили, что 6 – 8 г Mo на 1 г смолы ТК202 достаточно для получения высокого выхода Tc (> 90%). Дальнейшее повышение количества молибдена до 12 г Mo/г смолы в их экспериментах приводило к снижению выхода Tc до ~82%.

Сорбированные Tc и Re можно затем элюировать водой, т.к.в таких условиях ДВС-системы распадаются из-за низкого содержания космодропных анионов.

Как уже упоминалось, одним из перспективных применений смолы ТК202 является выделение Tc-99m из облученных Mo мишеней. Высокая селективность к Tc на фоне Mo и тот факт, что повышенные концентрации Mo в растворе способствуют сорбции Tc, делают смолу ТК202 особенно перспективной для такого ти-па задач.

В действительности, помимо производства Mo-99 для генераторов Mo-99/Tc-99m путем деления U-235, есть также несколько других способов производства Mo-99<sup>(3)</sup> и через него –Tc-99m. Три из них основаны на облучении Mo мишеней:

- Нейтронная активация Mo-98 по реакции  $(n, \gamma)$  (Mo-98  $(n, \gamma)$  Mo-99), предпочтительно использовать реактор с высоким нейтронным потоком.

- Фотонно-индуцированная  $(\gamma, n)$  реакция Mo-100 (Mo-100  $(\gamma, n)$  Mo-99) с фотонами  $(\gamma)$ , получаемыми при облучении тяжелых мишеней-конверторов пучком электронов.

- Прямое производство Tc-99m на циклотроне из мишеней Mo-98 (Mo-98  $(p, 2n)$  Tc-99m)<sup>(4)</sup>. Ввиду малого периода полураспада Tc-99m, этот недавно разработанный метод представляет определенную сложность с точки зрения логистики и обычно позволяет поставлять продукцию потребителям, расположенным вблизи места производства. Такой метод требует чистого и очень быстрого выделения нарабатываемого Tc-99m из материала мишени.

Первые два из описанных методов, как правило, позволяют получать Mo-99 с ограниченной удельной активностью, особенно в сравнении с Mo-99, получаемым при делении урана.

Поэтому его использование в генераторах на основе колонок с оксидом алюминия из-за ограниченной емкости таких колонок по молибдену позволяет производить генераторы Mo-99/Tc-99m с существенно меньшей активностью.

В подобных случаях использование для извлечения Tc-99m, накопленного при распаде Mo-99, такой смолы как ТК202, позволяющей молибдену оставаться в растворе (“обратный генератор”), зачастую является предпочтительным вариантом.

Следует отметить, что во всех трех случаях снижение потерь обогащенного Mo является очень важным ввиду высокой стоимости и ограниченного количества этого мишенного материала.

Все вышеописанные методы производства требуют использования смолы с высокой селективностью к Tc на фоне повышенных количеств Mo. В идеале, поскольку Mo мишени обычно растворяют в крепких растворах NaOH, смола должна проявлять эту селективность именно в таких условиях.

Это как раз случай смолы ТК202. Как было указано ранее, Tc можно затем десорбировать водой, хотя потом потребуются дальнейшие операции для установления требуемых pH и концентрации Na<sup>+</sup> в конечном продукте.

Начальные эксперименты по сорбции с использованием Re в качестве аналога Tc подтвердили высокую селективность к Re (и, как будет показано в следующих опытах, также к Tc) на фоне Mo.

На рис. 4 представлены выходные кривые сорбции, промывки и десорбции, полученные на следовых количествах Mo и Re. Можно видеть, что было достигнуто чистое разделение этих элементов. Mo удаляется при загрузке и последующих промывках (в обоих случаях среда – 5–7М NaOH), тогда как Re вымывается небольшим объемом воды.

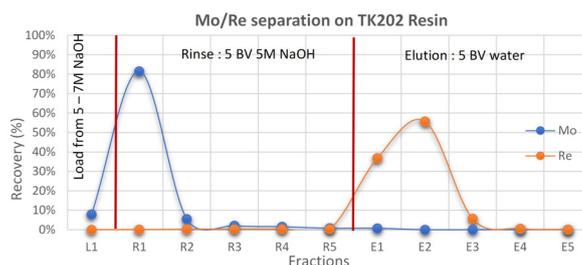


Рис. 4: Выходные кривые следовых количеств Mo и Re на 2-мл картриджах со смолой ТК202. Загрузка и промывка при 1 к.о./мин, десорбция – при 0,25 к.о./мин.

После подтверждения селективности дальнейшие опыты проводили с повышенными количествами Mo. На рис. 5 приведены кривые выделения следов Re из 2 г Mo, что является характерным соотношением при производстве Tc-99m из Mo-98, облученного на циклотроне<sup>(4)</sup>.

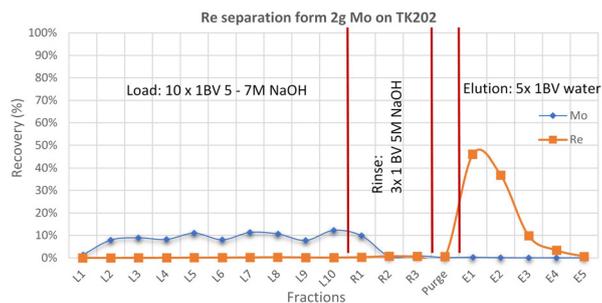


Рис. 5: Выходные кривые при выделении следов Re из 2г Мо на 2-мл картридже со смолой ТК202. Загрузка и промывка при 1 к.о./мин, десорбция – при 0,25 к.о./мин.

Следует отметить, что продувка смолы, например, воздухом между промывкой и десорбцией для удаления остатков NaOH из картриджа или колонки, очень важна для снижения попадания  $\text{Na}^+$  и  $\text{OH}^-$  в конечную фракцию Tc/Re.

Далее было показано, что уменьшение скорости пропуска воды при десорбции позволяет получить более острый пик на выходной кривой и, как следствие, уменьшить объем элюата.

Как обсуждалось ранее, смолу ТК202 можно также использовать для выделения Tc-99m из материнского Mo-99 в щелочных растворах. Как правило, в таких случаях облучают Mo значительно большей массы.

Исходя из этого, было протестировано выделение следов Re из 100 г Мо. Как показано на рис. 6, в этом случае также может быть достигнуто чистое разделение Mo и Re. Тем не менее, из-за слишком большой концентрации Мо потребуются дополнительная очистка Tc.

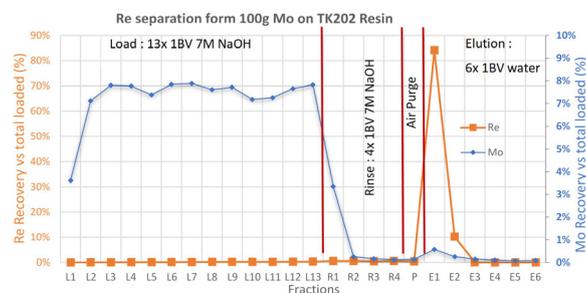


Рис. 6: Выходная кривая при выделении следов Re из 100 г Мо на 75-мл картридже со смолой ТК202. Загрузка при 1 к.о./мин, промывка при 0,5 к.о./мин, десорбция – при 0,2 к.о./мин.

В настоящее время тестируются методы выделения Tc из Mo мишеней большей массы ( $\geq 200$  г).

Bénard и др.<sup>(4)</sup> показали, что одним из удобных вариантов такой дополнительной очистки Tc является использование катионита (для удаления  $\text{Na}^+$  и снижения pH до менее 7) с последующим картриджем с оксидом алюминия (для концентрирования Re/Tc и дополнительной очистки от Mo).

В случае картриджа с катионитом особенно важно подобрать размер картриджа, исходя из количества Mo, изначально присутствовавшего в пробе и соответственно размера применяемого картриджа со смолой ТК202.

Для картриджа с оксидом алюминия ключевым параметром является остаточное количество Mo.

На рис. 7 приведено продолжение опыта с выделением из 2 г Мо (рис. 5).

Полученные фракции Re (E1 – E4) объединяли и пропускали через картридж с катионитом C8, который затем промывали водой. Выходные фракции загрузки и первой промывки собирали, анализировали, после чего объединяли для последнего этапа разделения, поскольку в них содержался весь Re (или Tc).

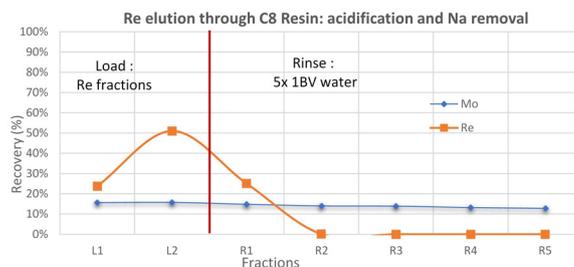


Рис. 7: Продолжение отделения Re от 2 г Мо (см. рис. 5). Удаление  $\text{Na}^+$  и корректировка pH в Re фракциях на 2-мл картридже с катионитом C8. Загрузка и промывка при 2 к.о./мин.

Как было показано ранее, на этой стадии фракция Re должна иметь  $\text{pH} < 7$  (как правило, 3 – 5) и быть почти свободной от ионов  $\text{Na}^+$ .

Было установлено, что при таких условиях кислый оксид алюминия удерживает Re/Tc (и Mo). Затем для десорбции Re/Tc в малый объем используется 0.9% раствор NaCl (2 – 3 к.о.), при этом Mo хорошо удерживается на катионите, способствует дополнительному увеличению чистоты выделенного Re/Tc. Указанная продувка воздухом в случае использования смолы AlOx (кислого оксида алюминия) необязательна.

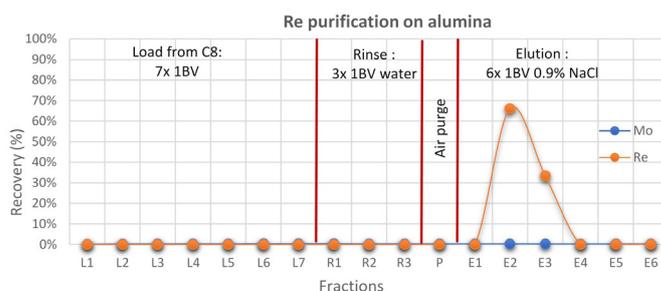
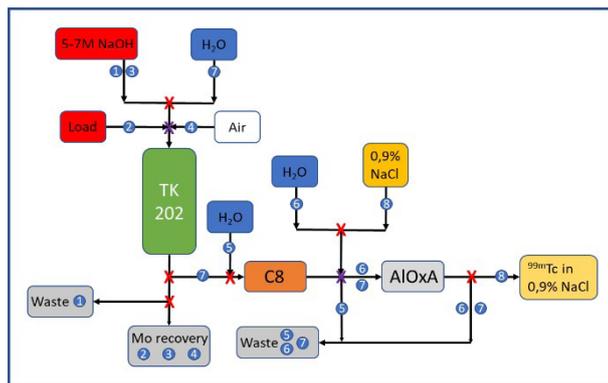


Рис. 8: Концентрирование, очистка и конверсия Re в 0.9% раствор NaCl на 1-мл картридже со смолой AlOx при расходе 2 к.о./мин.

Дополнительным преимуществом этой схемы является получение Tc в той же среде (0.9% NaCl), что и из генератора Mo-99/Tc-99m.

В целом, в холодных тестах были получены выходы Re порядка  $>90\%$ .

Обзорная схема предлагаемого метода разделения приведена на рис. 9. Этот метод можно применить для выделения Tc из Mo мишеней любых размеров при условии соответствующего подбора размера картриджа/колонки.



- 1 Pre-cond. TK202 – 5-7M NaOH → alkaline waste
- 2 Load Mo/Tc on TK202 → Mo recovery
- 3 Rinse TK202 – 5-7M NaOH → Mo recovery
- 4 Purge TK202 – Air → Mo recovery
- 5 Pre-cond. C8 – H<sub>2</sub>O → Aq. waste
- 6 Pre-cond. AlOx – H<sub>2</sub>O → Aq. waste
- 7 Elute Tc from TK202 on C8 then on AlOx – « H<sub>2</sub>O »
- 8 Elute Tc from Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,9% NaCl → Tc recovery

Рис. 9 : Схема выделения Tc из облученного Mo.

Помимо смолы TK202, TrisKem также поставляет смолы C8 Resin и AlOx Resin.

Все смолы в наличии в виде картриджей и/или колонок различного размера (в зависимости от размера Mo мишени).

Для получения дополнительной информации, пожалуйста, свяжитесь с нами.

Помимо описанного радиофармацевтического применения, смолу TK202 можно также использовать для радиоаналитических задач, в частности, для анализа Tc-99 в пробах, которые были переведены в растворимую форму путем сплавления с щелочью. В таких случаях в растворенных образцах (например, пробы цемента, образующегося при снятии АЭС с эксплуатации) после удаления нерастворимой части можно скорректировать концентрацию щелочи до 5 – 7M NaOH, после чего пропустить их через смолу TK202 для выделения Tc.

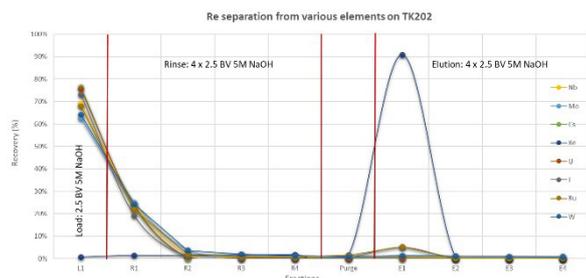


Рис. 10: Отделение Re от некоторых элементов на 2-мл картридже со смолой TK202. Загрузка и промывка при 1 к.о./мин, десорбция – при 0,25 к.о./мин.

Для дополнительного увеличения чистоты получаемой фракции Tc ее можно пропустить через катионит C8 и потенциально через смолу AlOx, как это было описано выше.

## Библиография

- (1) S.K. Spear et al.: “Radiopharmaceutical and Hydrometallurgical Separations of Perrhenate Using Aqueous Biphasic Systems and the Analogous Aqueous Biphasic Extraction Chromatographic Resins”, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2000, 39, 3173 – 3180, <https://doi.org/10.1021/ie990583p>
- (2) I. Cieszykowska et al.: “Separation of <sup>99m</sup>Tc from low specific activity <sup>99</sup>Mo”, poster ID 195 presented at the ISTR 2019, October 28 – November 1, Vienna, Austria
- (3) IAEA Nuclear Energy Series, No. NF-T-5.4.: “Non-HEU Production Technologies for Molybdenum-99 and Technetium-99m”, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna, 2013
- (4) F. Bénard et al.: “Cross-Linked Polyethylene Glycol Beads to Separate <sup>99m</sup>Tc-Pertechnetate from Low-Specific-Activity Molybdenum”, *Journal of Nuclear Medicine*, 2014, <https://doi.org/10.2967/jnumed.114.143834>

## ● Анонс мероприятий :

Ниже вы найдете список конференций, в которых мы планируем принять участие в этом году.

Большинство конференций, в которых мы планировали участвовать, были перенесены по соображениям безопасности. Мы понимаем и поддерживаем такие меры.

Обновленный список с новыми датами конференций (если известны) вы можете найти по ссылке: <https://www.triskem-international.com/ma/sobitiya>.

- Виртуальный конгресс EANM 2022, 20 – 23.10.2021, <https://eanm21.eanm.org/>

Пожалуйста, не стесняйтесь связаться с доктором Штеффеном Хаппелом ([shappel@triskem.fr](mailto:shappel@triskem.fr)) для организации видеоконференции или чата на этом мероприятии через e-mail [shappel@triskem.fr](mailto:shappel@triskem.fr) или Calendly [https://calendly.com/shappel\\_tki/eanm](https://calendly.com/shappel_tki/eanm).

- Всемирная Ядерная Выставка (WNE), Pavillon France, 30.11 – 02.12.2021, Париж, Nord Villepinte, <https://www.world-nuclear-exhibition.com/en-gb.html>

- Виртуальная встреча пользователей TrisKem, 24.11.2021, в рамках конференции vCARM, организованной Национальной физической лабораторией Великобритании (НФЛ), 22 – 26.11.2021, <https://www.triskem-international.com/triskem-infos-en.php>

