

Информация о книге “X-Ray Fluorescence in Biological Sciences: Principles, Instrumentation, and Applications”,

Eds: V.K. Singh, J. Kawai, D.K. Tripathi. Wiley. 2022, 688 pp.

ISBN: 978-1-119-64554-2

***А.Г. Ревенко**

*Институт земной коры СО РАН,
Российская Федерация, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128*

*Адрес для переписки: Ревенко Анатолий Григорьевич, E-mail: xray@crust.irk.ru

Поступила в редакцию 7 июня 2022 г.

Усилиями трёх редакторов V.K. Singh, D.K. Tripathi (Индия) и J. Kawai (Япония), а также 79 квалифицированных специалистов из 14 стран подготовлена и издана в марте этого года монография “Рентгеновская флуоресценция в биологических науках: основы, аппаратура и применения”. Книга разделена на шесть частей. Часть 1 представляет собой общее введение в РФА (7 глав). Части 2 и 3 – это сравнительно новые варианты метода РФА с использованием для возбуждения флуоресценции синхротронного излучения (5 глав) и РФА с полным внешним отражением (4 главы). Часть 4, руководство для начинающих, редакторы считают одной из особенностей данной книги (4 главы). Основными частями настоящей книги являются части 5 (Применение для биологических образцов – 11 глав) и 6 (Специальные темы и сравнение с другими методами – 8 глав). В книге представлена информация о достижениях в применении рентгенофлуоресцентного анализа, не нашедших отражения в опубликованных в последние годы монографиях общего характера. Представители Индии подготовили 15 глав, коллеги из России – 7, из Монголии и Китая – по 3, Япония, Испания, Турция и Словения – по 2 главы, Италия, Аргентина, Бангладеш – по 1. Представители Алжира и Египта выступили в соавторстве с коллегами из Турции, а Ю. Кореи с коллегами из Индии соответственно. Самое большое число участников (авторов глав) – 29 отмечено для Индии, из России – 11, из Китая, Турции и Словении – по 6. Считаю, что монография будет востребована в лабораториях университетов, научно-исследовательских институтов, особенно в лабораториях биологических и медицинских исследовательских центров. Она будет полезным руководством для студентов, изучающих естественные и химические науки, медицинскую биологию, физиологию растений и сельское хозяйство.

Ключевые слова: информация о монографии, рентгенофлуоресцентный анализ, основы метода и примеры применения для исследования различных биологических образцов.

For citation: *Analitika i kontrol'* [Analytics and Control], 2022, vol. 26, no. 2, pp. 159-166

DOI: 10.15826/analitika.2022.26.2.006

Book review for “X-Ray Fluorescence in Biological Sciences: Principles, Instrumentation, and Applications”,

Eds: V.K. Singh, J. Kawai, D.K. Tripathi. Wiley. 2022, 688 pp.

ISBN: 978-1-119-64554-2

***А.Г. Ревенко**

*Institute of the Earth's Crust, SB RAS,
ul. Lermontova, 128, Irkutsk, 664033, Russian Federation*

*Corresponding author: Anatoly G. Revenko, E-mail: xray@crust.irk.ru

Submitted 7 June 2022

Through the efforts of three editors - V.K. Singh and D.K. Tripathi (India), and J. Kawai (Japan), as well as 79 qualified specialists from 14 countries, "X-ray Fluorescence in Biological Sciences: Principles, Instrumentation and Applications" monograph was prepared and published in March of this year. The book is divided into six parts. Part 1 is a general introduction to XRF (7 chapters). Parts 2 and 3 are relatively new versions of the XRF method using the synchrotron radiation for the excitation of fluorescence (5 chapters) and XRF with total external reflection (4 chapters). Part 4, a beginner's guide, is considered by the editors to be one of the highlights of this book (4 chapters). The main parts of this book are Parts 5 (Application for Biological Samples - 11 chapters) and 6 (Special Topics and Comparison with Other Methods - 8 chapters). The book provides information on advances in the application of X-ray fluorescence analysis that have not been reflected in general monographs published in recent years. Representatives of India prepared 15 chapters, colleagues from Russia – 7, from Mongolia and China – 3 each, Japan, Spain, Turkey and Slovenia – with 2 chapters each, Italy, Argentina, and Bangladesh – 1 each. Representatives of Algeria and Egypt co-authored with colleagues from Turkey, and of South Korea with colleagues from India, respectively. The largest number of participants (authors of chapters) – 29 – was noted for India, 11 – from Russia, and 6 each from China, Turkey, and Slovenia. The monograph will be in demand in the laboratories of universities and research institutes, especially in the laboratories of biological and medical research centers. It will be a useful guide for students of natural and chemical sciences, medical biology, plant physiology, and agriculture.

Key words: information about the monograph, X-ray fluorescence analysis, fundamentals of the method and examples of application for the researching of various biological samples.

ВВЕДЕНИЕ

В марте этого года в издательстве Wiley опубликована коллективная монография "X-Ray Fluorescence in Biological Sciences: Principles, Instrumentation, and Applications". Монография подготовлена редакторами V.K. Singh, D.K. Tripathi (Индия) и J. Kawai (Япония). Книга состоит из 39 глав, тематически разделённых на 6 разделов. Главы подготовлены квалифицированными специалистами из 14 стран. Авторский коллектив включает 79 авторов. Редакторы приняли участие

в написании 7 глав (главы 1, 17, 18, 24, 28, 36, 38). Авторы представили информацию о достижениях в применении рентгенофлуоресцентного анализа (РФА), не нашедших отражения в опубликованных в последние годы монографиях общего характера [1-5]. В книге обсуждены как результаты исследований авторов по разработке и применению методик РФА разнообразных биологических объектов, так и обзорные работы, посвящённые использованию арсенала методик в отдельных областях биологии. По традиции в Предисловии редакторы сформулировали цели, поставленные при подготовке этого издания, и дали краткое описание структуры книги.

Далее представлена информация о содержании отдельных глав (в скобках указаны страны авторов и объём главы в страницах).

СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВ

Часть I. Общее введение

Глава 1. Рентгеновская флуоресценция и сравнение с другими аналитическими методами (AAS, ICP-AES, LA-ICP-MS, IC, LIBS, SEM-EDS и XRD). (Индия, 18 стр.). K. Rawat, N. Sharma, and V.K. Singh

Глава 2. Рентгенофлуоресценция для многоэлементного анализа растительных образцов. (Испания, 16 стр.). E. Marguá and I. Queralt

Глава 3. Рентгенофлуоресцентные исследования чая и кофе. (Россия, 24 стр.). А.Г. Ревенко и Д.С. Шарыкина

Глава 4. Рентгеновская флуоресценция с полным отражением и её пригодность для биологических образцов. (Индия, 12 стр.). N.L. Mishra and S. Dhara

Глава 5. Микрорентгеновская флуоресценция и определение тяжелых металлов в микроорганизмах с использованием рентгеновского поглощения вблизи краевой структуры. (Китай, 8 стр.). C. Lao, L. Luo, Y. Shen, and S. Zhu

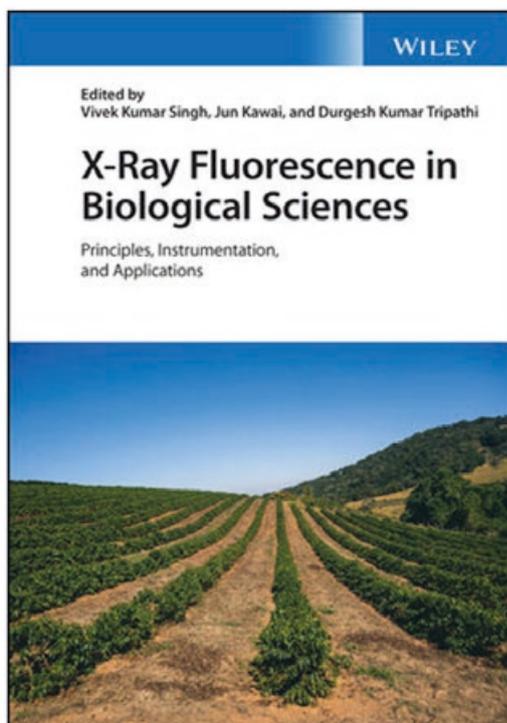


Рис. Обложка монографии "Рентгеновская флуоресценция в биологических науках: основы, аппаратура и применения".

Fig. Cover of the "X-Ray Fluorescence in Biological Sciences: Principles, Instrumentation, and Applications." monograph.

Глава 6. Использование энергодисперсионной рентгеновской флуоресценции для клинической диагностики. (Бангладеш, 10 стр.). Y.N. Jolly

Глава 7. Подготовка образцов для рентгенофлуоресцентного анализа. (Турция, Алжир, 24 стр.). N.K. Aylikci, O. Oruc, E. Bahcesci, A. Kahoul, T. Depci, and V. Aylikci

Часть II. РФА с использованием синхротронного излучения

Глава 8. Элементный анализ с использованием рентгеновской флуоресценции, возбуждаемой синхротронным излучением. (Индия, 36 стр.). M.K. Tiwari

Глава 9. Микрорентгенофлуоресцентная спектроскопия растительных материалов на основе синхротронного излучения. (Словения, 12 стр.). K. Vogel-Mikuš, P. Pongrac, P. Kump, A. Kodre, and I. Arcob

Глава 10. Микрорентгенофлуоресцентный анализ токсичных элементов в растительных материалах. (Китай, 12 стр.). J. Liu and L. Luo

Глава 11. Микрорентгенофлуоресцентные исследования дождевых червей (придонной фауны) в почвах и отложениях. (Китай, 8 стр.). J. Yuan and L. Luo

Глава 12. Анализ микроэлементов в биопсийных тканях с использованием рентгеновской флуоресценции, возбуждаемой синхротронным излучением. (Россия, 20 стр.). В.А. Трунова

Часть III. РФА с полным внешним отражением

Глава 13. Рентгеновский флуоресцентный анализ с полным внешним отражением некоторых биологических образцов. (Индия, 14 стр.). N.L. Mishra and S. Dhara

Глава 14. Последние разработки в области рентгеновской флуоресценции для характеристики наноструктурированных материалов. (Индия, 30 стр.). M.K. Tiwari

Глава 15. Рентгеновский флуоресцентный анализ с полным внешним отражением алкогольных и безалкогольных напитков. (Россия, 17 стр.). А.С. Мальцев, Р.А. Юсупов и С.А. Бахтеев

Глава 16. Анализ следов элементов в образцах крови и сыворотке с использованием рентгеновской флуоресценции с полным внешним отражением. (Монголия, 6 стр.). T. Amartaivan and P. Zuzaan

Часть IV. Руководство для начинающих

Глава 17. Базис и основы рентгеновского излучения. (Индия, 6 стр.). N. Kaur, A. Goyal, and R.K. Sindhu

Глава 18. Общие принципы, процедуры и детекторы рентгеновской флуоресценции. (Индия, 8 стр.). R.K. Sindhu, S.K. Yadav, M. Chitkara, I.S. Sandhu, S. Arora, I. Verma, E.A. Yapar, and V.K. Singh

Глава 19. Количественный анализ в системе с рентгеновским флуоресцентным излучением. (Турция, Египет, 8 стр.). N. Ekinci, F.I. El-Agawany, and E. Kavaz

Глава 20. Электроника и аппаратура для рентгеновской флуоресценции. (Италия, 14 стр.). M. Carminati and C. Fiorini

Part V. Применение для биологических образцов

Глава 21. Энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализ биологических материалов. (Словения, 19 стр.). M. Nečemer, P. Kump, and K. Vogel-Mikuš

Глава 22. Рентгеновский флуоресцентный анализ молока и молочных продуктов. (Россия, 14 стр.). Г.В. Пашкова и А.С. Мальцев

Глава 23. Рентгеновский флуоресцентный анализ лекарственных растений. (Россия, 22 стр.). Э.В. Чупарина и А.Г. Ревенко

Глава 24. Рентгенофлуоресцентные исследования биологии клеток животных и человека. (Индия, Ю. Корея, 8 стр.). N. Yadav, S. Chakrabarti, and V.K. Singh

Глава 25. Исследования содержания токсичных и эссенциальных элементов в органах человека с помощью рентгеновской флуоресценции. (Индия, 16 стр.). K. Goyal, N. Kaur, A. Goyal, R.K. Sindhu, and R. Kaur

Глава 26. Рентгенофлуоресцентный анализ для быстрого обнаружения урана в крови, извлеченной из ран. (Япония, 18 стр.). H. Yoshii and Y. Izumoto

Глава 27. Рентгенофлуоресцентный анализ волос человека. (Монголия, 12 стр.). D. Bolortuya and P. Zuzaan

Глава 28. Рентгеновская флуоресцентная спектроскопия для изучения желчных камней, камней в почках, волос, ногтей, костей, зубов и раковых тканей. (Индия, 24 стр.). V.K. Singh, M. Sudarshan, N. Sharma, B.S. Jaswal, and O.N. Verma

Глава 29. Отбор и подготовка проб для химического анализа растений с помощью рентгенофлуоресцентного анализа с дисперсией по длинам волн. (Испания, 24 стр.). M.O. Cordero and M^a F.G. Barreda

Глава 30. Рентгенофлуоресцентный анализ в медицинской биологии. (Индия, 8 стр.). H. Singh and R.K. Sindhu

Глава 31. Рентгеновский флуоресцентный анализ в фармакологии. (Россия, 14 стр.). А.Г. Ревенко

Part VI. Специальные темы и сравнение с другими методами

Глава 32. Рентгеновская флуоресценция и современные родственные методы изучения зубов, зубного камня и тканей полости рта. (Аргентина, 18 стр.). H.J. Sánchez, and M. Grenón

Глава 33. Лабораторный рентгеновский флуоресцентный спектрометр с дисперсией по длине

волны и оценка обработки сигнала. (Индия, 42 стр.). H.S. Kainth, T. Singh, G. Singh, D. Mehta, and S. Puri

Глава 34. Хемометрическая обработка рентгенофлуоресцентных данных. (Россия, 12 стр.). В. Панчук, В. Семенов, Д. Кирсанов

Глава 35. Рентгеновская кристаллография в медицинской биологии. (Индия, 6 стр.). S. Chakrabarti and N. Yadav

Глава 36. Исторические основы рентгеновских приборов и современные направления биологической науки. (Индия, 22 стр.). K. Rawat, N. Sharma, and V.K. Singh

Глава 37. Рентгенофлуоресцентные исследования биологических объектов в Монголии. (Монголия, 18 стр.). P. Zuzaan and D. Bolortuya

Глава 38. Определение мышьяка. (Япония, 14 стр.). J. Kawai

Глава 39. Рентгеновская флуоресценция: современные тенденции и перспективы на будущее. (Индия, 24 стр.). R.K. Sindhu, S.K. Yadav, A. Kaur, M. Kumar, and P. Kumar

Немного статистики. Представители Индии подготовили 15 глав, коллеги из России – 7, из Монголии и Китая – по 3, Япония, Испания, Турция и Словения – по 2 главы, Италия, Аргентина, Бангладеш – по 1. Представители Алжира и Египта выступили в соавторстве с коллегами из Турции, а Ю. Кореи с коллегами из Индии, соответственно. Самое большое число участников (авторов глав) – 29 отмечено для Индии, из России – 11, из Китая, Турции и Словении – по 6, Испания – 4, Монголия – 3, Италия и Аргентина – по 2, Бангладеш, Алжир и Египет – по 1. Средний размер главы – 16-17 стр. Самая большая по объёму 33-я глава 42 стр. подготовлена авторами из Индии (H.S. Kainth и др.), далее глава 8 – 36 стр. (M.K. Tiwari, Индия) и 14-я – 30 стр. (H. Singh and R.K. Sindhu, Индия). Небольшие главы (6 стр.) подготовили авторы из Монголии (16 глава) и Индии (17 и 35 главы). Далее кратко о содержании отдельных глав.

ГЛАВЫ, ПОДГОТОВЛЕННЫЕ АВТОРАМИ ИЗ РОССИИ

Главы авторов из России представлены во всех разделах, кроме 4.

Обзоры проблемы применения рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) в биологии и медицине, в частности, при изучении химического состава пищевых продуктов, показали, что РФА может успешно применяться для решения подобных задач [8-11]. А.Г. Ревенко и Д.С. Шарыкина в третьей главе представили обзор современного состояния проблем РФА, возникающих при изучении химического состава чая и кофе. Приведены оценки взаимного влияния элементов на интенсивность аналитических линий при РФА образцов чая, кофе и некоторых растений.

В главе 12 В.А. Трунова представила обзор применения РФА в варианте с возбуждением флу-

оресценции синхротронным излучением (**СИРФА**) с использованием накопителя ВЭПП-3 Института ядерной физики СО РАН для определения элементного состава образцов различной природы, в частности биологических образцов. Отмечена важность этапа пробоподготовки в СИРФА, от которого существенно зависит качество и надёжность результатов. Типичная процедура подготовки образцов, исследуемых с помощью СИРФА при определении микроэлементного состава образцов, очень похожа на подготовку образцов в традиционном варианте РФА. Минимизация процедур пробоподготовки снижает риск возможного загрязнения и потери анализируемого вещества. В главе обсуждены результаты исследований, связанных с анализом образцов цельной ткани печени, которые были высушены и проанализированы в виде плоскопараллельных фрагментов. Результаты указывают на изменения в метаболизме живого организма.

В главе 15 А.С. Мальцев и др. рассмотрели возможности использования рентгеновской флуоресценции с полным внешним отражением (**РФА с ПВО**) для анализа алкогольных и безалкогольных напитков. Объекты анализа авторы классифицировали следующим образом: вино, безалкогольные газированные напитки, крепкие алкогольные напитки, соки, пиво. Преимуществами РФА с ПВО являются малый объём необходимой пробы, простота пробоподготовки и количественной оценки химического состава способом внутреннего стандарта. Наиболее распространены прямой анализ и кислотное разложение. Процедура разложения матрицы для большинства элементов даёт значения поверхностной плотности и толщины остатка, соответствующие критерию тонкого слоя. Установлено, что при постоянных концентрациях элементов в пробе величина аналитического сигнала существенно зависит от различия поглощения.

Молоко и молочные продукты занимают важное место в рационе человека. Большинство необходимых минералов содержится в молоке и молочных продуктах в сбалансированной и легко усваиваемой форме. Пашковой Г.В. и Мальцевым А.С. в главе 22 рассмотрены особенности РФА молока и молочных продуктов. Представлен краткий литературный обзор, основное внимание в котором уделено характеристикам аппаратуры для проведения измерений и способам подготовки образцов к анализу. Описан опыт анализа высушенных образцов молочных продуктов, спрессованных в таблетки, с помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра с волновой дисперсией, а также жидких молочных продуктов на рентгенофлуоресцентном спектрометре с полным внешним отражением. В качестве интересных примеров представлены результаты анализа детских молочных смесей и растительных молочных продуктов.

Е.В. Чупарина и А.Г. Ревенко в главе 23 рассмотрели примеры использования РФА для коли-

чественного определения содержаний элементов в лекарственных растениях и некоторых лекарственных препаратах, получаемых из них. Приводятся примеры применения различных вариантов метода: РФА с дисперсией по длине волны, РФА с дисперсией по энергии, РФА с синхротронным излучением, РФА с полным внешним отражением и метод рентгеновского излучения, с возбуждением флуоресценции частицами (протонами и ионами). В главе рассмотрены способы подготовки лекарственных растений к РФА, взаимные влияния элементов и способы матричной коррекции. Одновременное определение нескольких элементов, неразрушающая пробоподготовка и недорогой экспресс-анализ делают РФА привлекательным методом идентификации элементов и контроля качества. Матричные влияния могут повлиять на результаты РФА и, следовательно, требуют оценки. Учет межэлементных эффектов очень важен при определении концентраций в растениях. Авторы привели данные теоретической оценки взаимных влияний элементов на интенсивности основных аналитических линий для CRM ряда растительных материалов, которые используются некоторыми авторами в качестве СО при исследовании медицинских растений. Из полученных данных следует, что при одинаковых содержаниях определяемых элементов относительные интенсивности аналитических линий могут отличаться в 2.5 раза. Из этого следует необходимость оценки величины взаимных влияний элементов и целесообразность применения отдельных CRM при исследовании конкретных разновидностей медицинских растений.

В главе 31 А.Г. Ревенко представлен обзор состояния проблем, стоящих перед применением РФА при изучении химического состава фармацевтических продуктов. Лекарствами называются вещества, применяемые для лечения, диагностики и профилактики заболеваний, а также для регуляции физиологических функций человека и животных. По агрегатному состоянию различают: твердые (порошки, таблетки, пилюли, гранулы, капсулы и др.); мягкие (мази, гели, пластики, свечи, пироги); жидкости (растворы, суспензии, эмульсии, линии, настои, сироп, настойки, жидкие экстракты) и газообразные (например, аэрозоли). РФА является подходящим методом для проведения экспрессного и недорогого многоэлементного анализа. Пределы обнаружения варьируются от 1 до 10 ppm для рентгеновской флуоресценции с дисперсией по длине волны и рентгеновской флуоресценции с дисперсией по энергии (EDXRF) и от 0,01 до 1 ppm для рентгеновской флуоресценции с полным отражением в зависимости от элемента. В последние десятилетия XX века и в первые годы XXI века, фармацевтические продукты регулярно становятся лакомой добычей для «специалистов» из криминальной сферы. К сожалению, эта проблема распространилась по всему миру и в настоящее время затрагивает все виды лекарств [12, 13]. ВОЗ подсчитано, что пример-

но 11 % всех лекарств являются некачественными или поддельными. Это особенно распространено в странах с малым и средним доходом населения. Это представляет угрозу для здоровья и жизни пациентов, а также приводит к экономическим потерям для пациентов и бизнеса. Подделки могут:

- не содержать активного ингредиента;
- содержать правильный полезный ингредиент, но в другом количестве;
- содержать неправильный активный ингредиент;
- содержать состав наполнителей (вспомогательных веществ), не соответствующих заданному производителем;
- содержать токсичные соединения;
- быть сложной комбинацией оригинальных и поддельных деталей, оригинальная фирменная упаковка может повторно использоваться, вместо оригинальной «лекарственной формы» могут быть вложены другие более дешёвые;
- могут быть украдены или повторно использованы после истечения срока годности и переупакованы с новым сроком годности. Лекарственный препарат и упаковка должны быть проанализированы на этапе аутентификации.

Автором главы подготовлена таблица, в которой представлены сведения об анализируемых препаратах, определяемых элементах, аппаратных средствах, используемом варианте РФА, методике предварительной подготовки материала и методе перевода экспериментальных интенсивностей в концентрации элементов. Указывается также год публикации результатов исследования. Анализ опубликованной литературы показывает, что стандартный анализ лекарственных средств не вызывает особых трудностей.

В главе 34 В. Панчук и др. обсудили один из важных этапов в экспериментах по РФА – хемометрическую обработку спектрометрических данных. Возможности этого подхода получают широкое распространение в современных рентгенофлуоресцентных исследованиях. Применение хемометрики в РФА проиллюстрировано примерами из биологических наук. В главе описаны основные хемометрические инструменты: анализ главных компонент, иерархический кластерный анализ, частичный метод наименьших квадратов, факторный анализ, искусственные нейронные сети.

ГЛАВЫ РАЗДЕЛА 1

К. Rawat и др. в главе 1 сравнили аналитические возможности РФА с другими аналитическими методами, такими как атомно-абсорбционная спектрометрия (AAS), атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ICP-AES), масс-спектрометрия с лазерной абляцией и с индуктивно связанной плазмой (LA-ICP-MS), ионная хроматография (IC), лазерно-индуцированная спектроскопия пробоя (LIBS), индуцированное частицами рентгеновское излучение (PIXE), сканирующая

электронная микроскопия-энергодисперсионная спектроскопия (SEM-EDS) и XRD (рентгеновская дифракция). Отмечена полезность комбинации методов для некоторых задач.

Во второй главе E. Marguí and I. Queralt обсудили возможности различных вариантов РФА для выполнения многоэлементного анализа растительных образцов и часто используемые процедуры обработки образцов. Приведены примеры интересных применений РФА в экологических и агрономических исследованиях, связанных с анализом образцов растений. Обращено внимание на некоторые важные преимущества РФА при анализе растительных образцов по сравнению с другими методами атомной спектроскопии: простота подготовки образцов и возможность определения таких элементов, как Р, S, Cl и Br, которые имеют важное значение в биологических процессах. Дополнительную информацию можно найти в работах [6, 7].

N.L. Mishra and S. Dhara в главе 4 обсудили особенности применения РФА при исследовании биологических материалов. РФА предоставляет полезную информацию о содержании элементов в биологических образцах, не вызывая повреждения образцов при простой пробоподготовке. Биологические образцы, т.е. кровь, сыворотка, моча, плазма, ткани и т. д. содержат более 80 % воды, а остатки, оставшиеся после удаления воды, содержат в основном элементы с низкими атомными номерами, такие как С, Н, N, О и некоторые другие. Эти образцы можно анализировать с помощью рентгеновской флуоресценции с полным внешним отражением (РФА с ПВО) на микроэлементы, используя простую обработку образца и смешивание с подходящим внутренним стандартом. Авторы отмечают, что в дополнение к определениям микроэлементов очень важно определение степени окисления элементов, присутствующих в биологической системе. Вызывает возражение утверждение о том, что специфика химического состава биологических образцов приводит к отсутствию опасности риска заметных матричных эффектов. Наш опыт, а также данные теоретических оценок (см. главы 3 и 23) не подтверждают оптимизм авторов. Возможно, этот риск минимален при грамотном применении варианта РФА с ПВО.

Микроорганизмы, участвующие почти во всех биохимических реакциях, широко распространены в окружающей среде. Они играют важную роль в растворении, миграции, трансформации и осаждении тяжелых металлов. С. Lao и др. в главе 5 отмечают, что РФА и рентгеновская абсорбционная спектроскопия (РАС) развивают вместе с СИРФА технологии, которые можно применять для понимания распределения, миграции и трансформации тяжелых металлов. Методы анализа РФА и РАС играют важную роль в раскрытии механизма миграции тяжелых металлов между водой, почвой, растениями и газами и имеют

очевидные преимущества при анализе биологических образцов, особенно микробных образцов.

В 6-ой главе Y.N. Jolly обсудила методы энергодисперсионной рентгеновской флуоресценции (ЭДРФА) для определения концентрации As в волосах головы человека для диагностики арсеникоза и определения концентрации Pb в образцах цельной крови для оценки взаимосвязи между воздействием Pb и его концентрацией в крови в зависимости от расстройства аутистического спектра (аутизма). Возникновение арсеникоза зависит от поступления в организм соединений As и их выведения из организма. Возможность воздействия Pb, приводящего к развитию аутизма у детей, вызывает у детей большее беспокойство, чем у взрослых. Продемонстрировано, что ЭДРФА является очень перспективным методом с высокой точностью и с хорошей чувствительностью для определения As в ткани волос и Pb в образцах цельной крови в клинических условиях.

В главе 7 N.K. Ayilci и др. сделан обзор исследований, связанных с анализом биологических образцов. Основными требованиями к подготовке образца в РФА являются: подготовленный образец должен быть репрезентативным материалом, и желательно избегать поправок на матричные эффекты. Подготовка клеток животных и растительного сырья возможна с использованием различных методов пробоподготовки

ГЛАВЫ РАЗДЕЛОВ 2, 3 И 4

Содержание этих и последующих глав в основном соответствует тематике, обозначенной в названиях. Немного подробнее о содержании некоторых глав.

Водоёмы пресных и некоторых морских вод загрязнены антропогенными веществами, такими как стоки угольных электростанций, коммунальные отходы, загрязнения горнодобывающей промышленности. N.L. Mishra и S. Dhara в главе 13 рассмотрели проблемы определения микроэлементов в образцах крови, ротовой жидкости, волосах головы человека (информативно для мониторинга интоксикации и воздействия окружающей среды, а также для оценки состояния питания и диагностики заболеваний) и в раковых тканях.

Обзор варианта РФА с полным внешним отражением рентгеновской флуоресценции со скользящим падением (GIXRF) представлен M.K. Tiwari в главе 14. Используя комбинированные исследования рентгеновской рефлектометрии и GIXRF, можно получить точный и последовательный набор микроструктурных параметров тонкослойного образца, нанесённого на поверхность подложки. В главе описываются примеры, демонстрирующие возможности, предлагаемые комбинированным подходом к анализу. Измерения GIXRF позволяют также получить характеристики абсорбированных

примесей на различных поверхностях с разрешением по глубине.

ГЛАВЫ РАЗДЕЛОВ 5 И 6

Исследование микроэлементов в человеческих волосах было предметом многочисленных исследований и биомониторинга для судебной медицины, медицины, косметики, археологии, охраны окружающей среды и других целей. В главе 27 D. Bolortuya и P. Zuzaan представили сведения о человеческих волосах, о подготовке таких образцов, РФА волос и связях содержаний микроэлементов в волосах с физическим здоровьем человека. Благодаря разработке высокочувствительных спектрометров для РФА современные его варианты могут стать доминирующими при изучении биологических образцов в различных областях, таких как клиническая, судебная экспертиза и наука об окружающей среде.

V.K. Singh и др. в главе 28 обсуждают различные приложения РФА в науках о жизни. РФА считается неразрушающим методом исследования образцов окружающей среды, пищевых компонентов, биологических жидкостей и биопсий. Микроэлементы выполняют важные биологические функции и воздействуют на все живые существа. В главе представлены варианты применения (в том числе в режиме реального времени, *in-situ*, *in vivo* и *in vitro*) рентгенофлуоресцентной спектроскопии для различных видов биологических образцов (кальцинированные ткани, такие как зубы и кости, клинические образцы, камни в желчном пузыре и почках, кровь, волосы, ногти, моча и биологические жидкости).

В 30-ой главе H. Singh и R.K. Sindhu представили информацию о применении РФА для изучения концентраций металлических элементов в раковых тканях, таких как рак молочной железы, рак предстательной железы и колоректальный рак.

РФА и связанные с ним нетрадиционные новые варианты метода особенно полезны для изучения зубов, зубного камня, реставрационных материалов и тканей полости рта в целом. H.J. Sánchez и M. Grenón (глава 32) привели примеры применения некоторых вариантов РФА, в частности СИРФА, для исследования химического состава зубов. Замечательна роль СИРФА в продвижении и развитии РФА. В настоящее время этот вариант РФА является одним из наиболее эффективных методов спектрохимического анализа биологических образцов. Доказано, что сочетание РФА с ПВО и СИРФА может быть использовано для анализа десневой жидкости и слюны, представляя собой точный и надежный метод анализа этого типа проб с низкими пределами обнаружения.

S. Chakrabarti и N. Yadav в 35-ой главе рассмотрели применение РФА и рентгеновской кристаллографии в здравоохранении. Плазмодиальные

пиридоксалькиназы дают новое представление о разработке антималярийных препаратов после их рентгеноструктурного анализа. РФА обещает стать эффективным инструментом для мониторинга уровня Cr в коже для диагностики диабета. Накопления металлов в тканях были обнаружены в почках, суставах и щитовидной железе при аутоиммунных заболеваниях, таких как системная красная волчанка, ревматоидный артрит и базедовая болезнь соответственно. Рентгеновские исследования отложений металлов могут помочь в понимании патофизиологии и возможной профилактики или лечения таких отложений металлов в клетках. РФА используется для идентификации кальцифицированных или преципитированных твердых объектов и редко встречающихся в патологических образцах посторонние объекты.

P. Zuzaan и D. Bolortuya (глава 37) рассмотрели применение РФА в Монголии для таких биологических объектов, как растительные материалы, пищевые продукты, человеческие волосы (в медико-санитарных и судебно-медицинских экспертизах), кровь животных (из-за загрязнения) и т. д. Для определения содержания эссенциальных микроэлементов, таких как Fe, Cu, Br, Sr, Mo и Sn в пищевых продуктах использовали метод ЭДРФА с радиоизотопным источником.

J. Kawai поставил цель (глава 38) разъяснить причины, по которым с точки зрения аналитической химии концентрации As в контрольных образцах в Японии были на порядок выше, чем в других странах. Определения неорганического As в биологических образцах в Японии были выполнены только одной исследовательской группой (группа Yamauchi), поэтому аналитические результаты никогда не проверялись. Глава представляет собой первый критический обзор японских анализов на As за 44 года с тех пор, как Yamamura и Yamauchi начали выполнять определение As в 1976 г. Определения As проводились в период с конца 1976 г. по 1999 г. группой Ямаути с использованием атомно-абсорбционной спектроскопии генерации гидридов (ГГ-ААС) и с 1998 г. с помощью СИРФА с I. Nakai [14, 15]. Автором сделаны выводы об источниках ошибок анализа As с использованием ГГ-ААС и СИРФА.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По мнению издателей рассматриваемая монография «идеально подходит для студентов и исследователей, изучающих естественные и химические науки, медицинскую биологию, физиологию растений, сельское хозяйство и ботанику. «Рентгеновская флуоресценция в биологических науках: принципы, приборы и приложения» также займет место в библиотеках исследователей биотехнологических компаний».

ЛИТЕРАТУРА

- Margui E., Van Grieken R. *X-Ray Fluorescence Spectrometry and Related Techniques an Introduction*. New York, Momentum Press, LLC, 2013. 142 p.
- Haschke M. *Laboratory Micro-X-Ray Fluorescence Spectroscopy. Instrumentation and Applications*. Heidelberg, New York, Dordrecht, London, Springer International Publishing, 2014. 356 p.
- Willis J., Feather C., Turner K. *Guidelines for XRF Analysis. Setting up programmes for WDXRF and EDXRF*. Cape Town, James Willis Consultants cc., 2014. 519 p.
- Klockenkaemper R., von Bohlen A. *Total-reflection X-Ray Fluorescence Analysis and Related Methods*. 2nd ed. New Jersey, John Wiley & Sons Inc., 2015. 519 p.
- Haschke M., Flock J., Haller M. *Laboratory Applications of X-ray Fluorescence*. Wiley, 2021, 464 p.
- Margui E., Queralt I., Hidalgo M. Application of X-ray fluorescence spectrometry to determination and quantitation of metals in vegetal material // *Trends in Anal. Chem.* 2009. Vol. 28, № 3. P. 362-372.
- Potential of total-reflection X-ray spectrometry for multi-element analysis of biological samples using dilution or suspension sample preparation techniques / E. Margui [et al.] // *X-Ray Spectrom.* 2021. V. 50. P. 1–11.
- Fast method for multielemental analysis of plants and discrimination according to the anatomical part by total reflection X-ray fluorescence spectrometry / I. De La Calle [et al.] // *Food Chem.* 2013. V. 138. P. 234-241.
- Total reflection X-ray fluorescence as a tool for food screening / L. Borgese [et al.] // *Spectrochim. Acta, Part B.* 2015. V. 113. P. 1-15.
- X-ray fluorescence analysis of milk and dairy products: A review / G.V. Pashkova [et al.] // *Trends in Anal. Chem.* 2018. V. 106. P. 183-189.
- Ревенко А.Г. Применение рентгенофлуоресцентного анализа в биологии и медицине // *Аналитика и контроль*. 2020. Т. 24, № 4. С. 1-41.
- Authentication of pharmaceutical vials / K Degardin [et al.] // *Talanta*. 2019. V. 198. P. 487–500.
- Fighting falsified medicines: the analytical approach / H. Rebiere [et al.] // *J. Pharm. Biomed. Anal.* 2017. V. 142. P. 286–306.
- Kawai J. Forensic analysis of arsenic poisoning in Japan by synchrotron radiation X-ray fluorescence // *X-Ray Spectrom.* 2014. V. 43, № 1. P. 2–12.
- Nakai I. Response to Professor Kawai's review on forensic synchrotron X-ray fluorescence analysis of arsenic poisoning in Japan // *X-Ray Spectrom.* 2014. Vol. 43, № 1. P. 62–66.

REFERENCES

- Margui E., Van Grieken R. *X-Ray Fluorescence Spectrometry and Related Techniques an Introduction*. New York, Momentum Press, LLC, 2013. 142 p. doi: 10.5643/9781606503935
- Haschke M., *Laboratory Micro-X-Ray Fluorescence Spectroscopy. Instrumentation and Applications*. Heidelberg, New York, Dordrecht, London, Springer International Publishing, 2014. 356 p. doi:10.1007/978-3-319-04864-2
- Willis J., Feather C., Turner K. *Guidelines for XRF Analysis. Setting up programmes for WDXRF and EDXRF*. Cape Town, James Willis Consultants cc., 2014. 519 p.
- Klockenkaemper, R., von Bohlen, A. 2015. *Total-reflection X-Ray Fluorescence Analysis and Related Methods*. 2nd ed. New Jersey, John Wiley & Sons Inc., 519 p.
- Haschke M., Flock J., Haller M. *Laboratory Applications of X-ray Fluorescence*. Wiley-VCH. 2021, 464 p.
- Margui E., Queralt I., Hidalgo M. Application of X-ray fluorescence spectrometry to determination and quantitation of metals in vegetal material. *Trends in Anal. Chem.*, 2009, vol. 28, no. 3, pp. 362-372. doi: 0.1016/j.trac.2008.11.011
- Margui E., Jablan J., Queralt I., Bilo F., Borgese L. Potential of total-reflection X-ray spectrometry for multielement analysis of biological samples using dilution or suspension sample preparation techniques. *X-Ray Spectrom.*, 2021, vol. 50, pp. 1–11. doi: 10.1002/xrs.3230
- De La Calle I., Costas M., Cabaleiro N., Lavilla I., Bendicho C. Fast method for multielemental analysis of plants and discrimination according to the anatomical part by total reflection X-ray fluorescence spectrometry. *Food Chem.*, 2013, vol. 138, pp. 234–241. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.09.105
- Borgese L., Bilo F., Dalipi R., Bontempi E., Depero L.E. Total reflection X-ray fluorescence as a tool for food screening. *Spectrochim. Acta, Part B*, 2015, vol. 113, pp. 1-15. doi: 0.1016/j.sab.2015.08.001.
- Pashkova G.V., Smagunova A.N., Finkelshtein A.L. X-ray fluorescence analysis of milk and dairy products: A review. *Trends in Anal. Chem.*, 2018, vol. 106, pp. 183-189. doi: 10.1016/j.trac.2018.06.014.
- Revenko A.G. [X-Ray Fluorescence Analysis in Biology and Medicine]. *Analitika i kontrol' [Analytics and control]*, 2020, vol. 24, no. 4, pp. 1-41. doi: 10.15826/analitika.2020.24.4.005
- Degardin K., Jamet M., Guillemain A., Mohn T. Authentication of pharmaceutical vials. *Talanta*, 2019, vol. 198, pp. 487–500. doi: 10.1016/j.talanta.2019.01.121
- Rebiere H., Guinot P., Chauvey D., Brenier C. Fighting falsified medicines: the analytical approach. *J. Pharm. Biomed. Anal.*, 2017, vol. 142, pp. 286–306. doi: 10.1016/j.jpba.2017.05.010
- Kawai J. Forensic analysis of arsenic poisoning in Japan by synchrotron radiation X-ray fluorescence. *X-Ray Spectrom.*, 2014, vol. 43, no. 1, pp. 2–12. doi: 10.1002/xrs.2506.
- Nakai I. Response to Professor Kawai's review on forensic synchrotron X-ray fluorescence analysis of arsenic poisoning in Japan. *X-Ray Spectrom.*, 2014, vol. 43, no. 1, pp. 62-66. doi: 10.1002/xrs.2515.