

ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОМУ АНАЛИЗУ В ЖУРНАЛЕ “АНАЛИТИКА И КОНТРОЛЬ”

А.Г. Ревенко

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт земной коры СО РАН,
664033, Иркутск, Лермонтова, 128
xray@crust.irk.ru*

Поступила в редакцию 7 февраля 2013 г.

Рассмотрено состояние с публикациями по рентгеноспектральному анализу в журнале “Аналитика и контроль” за период с 1997 по 2012 гг.

Ключевые слова: рентгеноспектральный анализ, журнал “Аналитика и контроль”

Ревенко Анатолий Григорьевич – доктор технических наук, заведующий аналитическим центром Института земной коры СО РАН.

Область научных интересов – рентгенофизика; рентгенофлуоресцентный анализ природных материалов и объектов, имеющих археологическую, историческую или художественную ценность.

Автор более 300 научных публикаций.

Журналу “Аналитика и контроль” исполнилось 15 лет. Краткая информация о начальном периоде развития журнала и современном его положении приведена в редакционной статье главного редактора журнала (с 2006 г.) А.А. Пупышева. В настоящей работе рассмотрено состояние с публикациями по рентгеноспектральному анализу (РСА) в журнале “Аналитика и контроль” за период с 1997 по 2012 гг.

В начальный период издания редакция журнала экспериментировала с оформлением, поиском оригинальных рубрик. Можно напомнить, что на обложках первых номеров журнала напечатаны портреты М.В. Ломоносова, М. Складовской-Кюри, Д.И. Менделеева и других великих учёных. Публиковалась информация о содержании очередных номеров российских журналов по аналитической химии. С 2009 г. оформление журнала не меняется, отличия только в цветовом оттенке обложки. Можно сказать, что журнал “обрёл своё лицо” в прямом и переносном смысле.

По тематике рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) в рассматриваемый период опубликовано 8 обзоров и 72 статьи. По электронно-зондовому микроанализу (ЭЗМА) опубликовано 12 статей. Помимо статей исследовательского характера журнал публикует и информационные материалы: сообщения о будущих или проведённых конференциях, рецензии на книги и т.д. (всего 11). В 2002 г. был подготовлен специальный выпуск с материалами IV Всероссийской конференции по рентгеноспектральному анализу. В 21 статье рассмотрены различные аспекты: теория и практика РСА и ЭЗМА, новые аппаратные разработки и программное обеспечение, применение энергодисперсионных спектрометров.

География авторов публикаций: С.-Петербург (8 публикаций), Минск (1), Москва (4), Черноголовка (2), Киев (1), Ростов-на-Дону (2), Нижний Новгород (2), Ижевск (1), Златоуст (1), Екатеринбург (4), Челябинск (3), В. Пышма (1), Новосибирск (2), Усть-Каменогорск (3), Иркутск (68), Шелехов (1), Улан-Батор (3), Улан-Удэ (4), Мирный (2), Якутск (1).

Основной вклад в публикации внесли иркутяне, далее С.-Петербург, Екатеринбург, Улан-Удэ, Москва. В Иркутске лидирует Институт геохимии СО РАН (участие в 38 публикациях), далее Институт земной коры СО РАН (25), госуниверситет (7), Иргиредмет и Лимнологический институт СО РАН (по 2). Необходимо отметить тот факт, что вклад вузовских специалистов по рассматриваемой тематике сравнительно мал. Была сделана выборка распределения публикаций по месту работы авторов за 2009-2010 гг.: научно-исследовательские институты (НИИ), высшие учебные заведения (ВУЗы) и предприятия, таблица. В первой колонке в строках “1 + 2”, “1 + 3” и т.д. указано количество совместных публикаций (НИИ и ВУЗы и т.д.), аналогично в колонке “Всего” в скобках указано общее количество работ. Видно, что в 2009-2011 гг. НИИ и ВУЗы публиковали примерно равное количество статей, а в 2012 г. поток работ из ВУЗов существенно возрос.

Если не учитывать материалы информационного характера, то вклад отдельных авторов характеризуется следующими данными: Т.Н. Гуничева - 15 статей, А.Л. Финкельштейн – 12, А.Г. Ревенко – 12, Т.Ю. Черкашина и Г.В. Пашкова – по 8, Б.Д. Калинин – 7, А.Н. Смагунова, Л.А. Павлова и Е.В. Чупарина – по 5. Большинство статей написано в соавторстве: вариант 2 автора – 32 статьи, 3 автора – 19, 4 автора – 18, 1 автор – 24,

Таблица 1

Распределение публикаций по месту работы авторов

| Место выполнения работы | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | Всего |
|-------------------------|------|------|------|------|---------|
| НИИ (1) | 11 | 13 | 14 | 9 | 47 (70) |
| ВУЗы (2) | 11 | 4 | 11 | 34 | 60 (92) |
| Предприятия (3) | 1 | 2 | 9 | - | 12 (26) |
| 1 + 2 | 1 | 1 | 10 | 8 | 20 |
| 1 + 3 | - | - | - | 2 | 2 |
| 2 + 3 | 2 | 1 | 4 | 4 | 11 |
| 1 + 2 + 3 | - | - | - | 1 | 1 |
| Всего статей | 26 | 21 | 48 | 58 | 153 |

5 авторов – 9, 6 и 7 авторов – по 1 статье. Среднее число авторов на одну статью – 2.8 (без учёта материалов информационного характера). Это несколько меньше аналогичной величины для журнала “X-Ray spectrometry” (рост от 3.2 за 2000 г. до 4.1 за 2010 г.) [1].

Используемые в работах по РФА спектрометры (в скобках указано число публикаций с использованием конкретных приборов, год первой публикации для новых моделей и место установки спектрометра) – это СРМ-18 (1), VRA-20 (2), КРАБ-ЗУМ (1), СРМ-25 (23), VRA-30 и VRA-33 (11), ARL 9800 (1, 2002, Шелеховский алюминиевый завод), СПЕКТРОСКАН-МАКС (6), X-MET 920 XRT (1), Pioneer (11, с 2005 г., Институт геохимии СО РАН), S4 EXPLORER (1, 2006, ЦАЛ БГРЭ г. Мирный), S2 PICOFOX (2, с 2011 г., Институт земной коры СО РАН), AXIOS Advanced (1, 2012 г., Институт геохимии и аналитической химии им В.И. Вернадского РАН, г. Москва), различные варианты спектрометров с полупроводниковым детектором (6). Исследования с применением электронно-зондового микроанализа выполнены на Camebax Micro и Superprobe-733.

Несколько работ посвящены рассмотрению теоретических вопросов PCA. Так, например, Г.В. Павлинский и др. оценили вклад фото- и оже-электронов в формирование интенсивности линий углерода при первичном излучении тонкоконных рентгеновских трубок, а также рассчитали интенсивность тормозного спектра электронов отдачи, возникающего при возбуждении рентгеновской флуоресценции излучением радиоизотопных источников [2, 3].

Б.И. Китов [4] представил результаты расчёта формы спектрального распределения тормозного излучения до и после рассеяния на Al-поляризаторах различной толщины.

Теоретическое моделирование взаимных влияний элементов и оценка погрешностей, возникающих из-за изменения химического состава проб, широко применяется при разработке методик РФА. В работе [5] возможности теоретического моделирования исследованы для золы каменного угля и растений. Расчёт выполнен для стандартных

образцов (СО) золы каменного угля, СО горных пород, а также образцов золы лишайника и культурных растений: люцерны, клубней картофеля и сахарной свеклы, зёрен риса, ржи и гречихи, отдельных частей шпината, риса и рапса. Анализ полученных данных показал существенное влияние химического состава проб золы растений и каменного угля на величину аналитического сигнала $I_{отн}$. Так, для рассмотренных растительных материалов $I_{отн}$ для SiK_{α} изменялись от 1.06 до 1.60, аналогично для Pk_{α} от 0.89 до 1.83, для Vk_{α} от 0.46 до 1.15, для FeK_{α} от 0.51 до 1.33, для RbK_{α} 0.71–2.01. Сопоставление результатов расчёта $I_{отн}$ для рассматриваемых в [4] материалов с данными для ряда образцов горных пород показало возможность подбора СО с близкими величинами $I_{отн}$. Отметим, что в настоящее время коллекция доступных СО для горных пород включает более 400 образцов, что значительно превышает число СО для золы растений и каменного угля. Оценки, выполненные для неозолённых растительных материалов, показали более существенное влияние химического состава проб на интенсивности излучения коротковолновых аналитических линий, например, для FeK_{α} и RbK_{α} в случае зерновых (рис, пшеница, рожь, горох, кукуруза, ячмень, овёс) $I_{отн}$ изменялись на 19-20 %, а для сена и соломы (рис, пшеница, рожь, кукуруза, ячмень, овёс, люцерна, соя, подсолнечник, вика, тимофеевка, клевер и др.) на 67-69 %, для SiK_{α} аналогично 2.2 и 8.5% соответственно, а для азота интенсивность NK_{α} -линии изменялась в пределах всего лишь 3-5%. Вывод об увеличении погрешности с ростом атомного номера определяемого элемента подтверждён в работе Е.В. Чупариной и др. [6]. В этой работе с помощью теоретических интенсивностей рентгеновской флуоресценции сопоставлены эффективности способов внешнего стандарта, стандарта-фона и α -коррекции с теоретически рассчитанными α -коэффициентами при рентгенофлуоресцентном определении элементов от Na до Sr в образцах неозолённых растительных материалов. Показано, что способ α -коррекции, основанный на применении теоретически рас-

считанных α -коэффициентов, обеспечивает более эффективный учёт взаимных влияний элементов для растительных материалов разнообразного химического состава.

Ондар У.В. и др. [7] с использованием теоретических интенсивностей исследовали проблему учёта взаимных влияний элементов для случая определения As в пробах почв отвалов переработки Co–Ni-руды комбината “Тувакобальт”. Показана необходимость использования способа стандарта фона для обеспечения приемлемой погрешности определения As. Варианты применения теоретических интенсивностей для аналогичных целей представлены в работах [8, 9].

Б.Д. Калинин и др. [10] оценили возможности определения состава органических соединений по интенсивности когерентно и некогерентно рассеянного исследуемым объектом рентгеновского излучения характеристических линий первичного спектра. Предложенный и опробованный авторами алгоритм идентификации реализован в программах для ряда рентгеновских спектрометров. Разработанный приём рекомендован для распознавания и идентификации различных органических материалов, в т.ч. полимеров и взрывчатых веществ, а также чая.

Для определения содержания углерода в сталях [11] предложено использовать возможность возникновения дифракционных пиков в геометрии рентгеновского кристалл-дифракционного спектрометра. В углеродистых и легированных сталях и в чугунах углерод с железом образует преимущественно химическое соединение цементит Fe_3C , имеющее ромбическую ячейку. В работе дано подробное описание приёмов устранения или учёта различных факторов, влияющих на результаты определения содержания углерода предложенным способом.

Интересные результаты получены в работах Чубарова В.М., Финкельштейна А.Л. и др. [12-14] по определению отношения $FeO/Fe_2O_3^{tot}$ с использованием излучения K-серии рентгеновского флуоресцентного спектра в железных рудах и карбонатных горных породах, а также содержания и валентного состояния железа и марганца в железомарганцевых конкрециях. Важно, что для решения этих задач авторы применили серийный спектрометр с рентгенооптической схемой по Соллеру. Для Fe-руд содержание FeO в исследуемых образцах изменялось в диапазоне 3.6-25.3 %, содержание $Fe_2O_3^{tot}$ – в диапазоне 56.2-93.4 %, отношение концентраций $FeO/Fe_2O_3^{tot}$ – в диапазоне 0.05-0.31. В работе [14] содержание FeO в исследуемых образцах изменялось в диапазоне 0.1-11.8 %, отношение $FeO/Fe_2O_3^{общ}$ – в диапазоне 0.03-0.75.

Первую публикацию по применению рентгенофлуоресцентного спектрометра с полным внешним отражением первичного излучения подготовили О. Болормаа и др. [15]. С помощью дан-

ного прибора разработана методика и выполнен анализ химического состава волос. В журнале опубликованы оригинальные работы В. Егорова и др. по применению плоских волноводов [16, 17]. Идея плоских волноводов используется как российскими [18], так и зарубежными исследователями [19]. Так, в [18] сообщается о создании компактного прибора для рентгенофлуоресцентного анализа с полным внешним отражением (РФА ПВО) на базе дифрактометра ДРОН-3 с использованием малогабаритной ячейки с волноводом-резонатором. Особенности методик анализа геологических образцов с использованием рентгенофлуоресцентных спектрометров с полным внешним отражением обсуждены в [20]. Авторы [21, 22] оценили возможности применения этого варианта РФА (спектрометр S2 PICOFOX) для анализа горных пород (предварительно готовили суспензии из порошка исследуемых образцов).

В большинстве статей представлены результаты исследований по разработке методик РФА для различных материалов: горных пород, почв, растительных материалов, ферросплавов и сталей, волос, мышц окуня, молочных продуктов и др. Полученные при этом результаты рассмотрены в [19].

Потенциальные возможности рентгеноспектрального метода анализа и усилия большого числа исследователей обеспечили РФА широкое применение при исследовании материалов культурного наследия. В журнале можно найти примеры применения РФА для исследования состава стекол [9], при экспертизе и атрибуции индо-персидского булатного оружия XVII века [23]. Рентгеноспектральный электронно-зондовый микроанализ Павлова Л.А. и др. [24] применили для изучения металлических изделий эпохи бронзы.

А.Л. Финкельштейн и др. предложили простые вычислительные схемы для расчёта коэффициентов поглощения и рассеяния для области энергий рентгеновского излучения 0.1-100 кэВ [25]. Ю.Г. Лаврентьев и др. [26] измерили относительные интенсивности рентгеновского излучения в различных порядках отражения при регистрации на электронно-зондовых микроанализаторах. Полученные данные могут служить справочным материалом при предварительной оценке вклада возможных наложений.

В обзорных статьях можно найти информацию об особенностях применения метода для анализа растительных материалов и угля [5, 27], молока и основанных на нём продуктов [28], твёрдотельных плёнок и покрытий [29].

Большое внимание журнал уделяет проблемам метрологии. В частности, ещё в начальный период становления журнала в № 3-4 за 1998 г. опубликованы рекомендации IUPAC 1994 г. по представлению результатов химического анализа.

В "Журнале аналитической химии" эти рекомендации опубликованы в № 9 за 1998 г. Документ охватывает три раздела:

- общая терминология, связанная с правильностью и воспроизводимостью экспериментальных данных;
- описательная статистика для статистического анализа одномерной выборки химических измерений;
- понятия, пригодные для оценки и применения линейных градуировочных функций.

В 2009 г. в разделе "Письма в редакцию" в порядке дискуссии журнал публикует статью проф. ИГУ Смагуновой А.Н., в которой сопоставлены такие метрологические характеристики, как «погрешность» и «неопределённость» [30]. В ряде работ оценивались различные характеристики стандартных образцов: почв на соответствие требованиям международного проекта по глобальному геохимическому картированию [31]; пригодность биологических материалов для градуирования при РФА растительных материалов и молочных продуктов [32-34]; СО, используемых при электронно-зондовом рентгеноспектральном микроанализе [35, 36]. В работе [37] предложен упрощённый способ проведения градуировки и анализа с использованием имеющихся комплектов СО, не принадлежащих к тому типу материала, для которого надо определить содержания легирующих элементов и примесей. Так, например, по градуировочной зависимости для Си в углеродистых и легированных сталях были определены содержания Си в Al-сплавах. Распределение элементов в материале СО мышечной ткани БОК-2 изучено с применением РФА [38].

Результаты оценки качества элементного анализа горных пород в рамках Международной программы профессионального тестирования геоаналитических лабораторий обсуждены А.И. Кузнецовой и др. [39] и Пантеевой С.В. [40].

Большой интерес вызвала подготовленная Н.В. Тронева подборка материалов к столетию со дня рождения проф. И.Б. Боровского (Аналитика и контроль. 2009. Т. 13, № 4). Под его руководством и при его участии разработан первый советский электронно-зондовый микроанализатор. Помимо РСА он уделял много внимания исследованиям тонкой структуры рентгеновских спектров. Его книги: Боровский И.Б., Блохин М.А. "Рентгеноспектральный анализ" (1939); Боровский И.Б. "Физические основы рентгеноспектральных исследований" (1956) и Боровский И.Б., Водоватов Ф.Ф., Жуков А.А., Черепин В.Т. "Локальные методы анализа материалов" (1973) внесли существенный вклад в развитие РСА в России.

В заключение я рад поздравить редакционный коллектив журнала "Аналитика и контроль", рецензентов и всё сообщество аналитиков с замечательным событием – публикацией 60-го номера журнала и пожелать успехов в намеченных планах по улучшению журнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Revenko A.G. On the 40th anniversary of the journal X-Ray Spectrometry // X-Ray Spectrom. 2012. V. 41, № 3. P. 117–124.
2. Вклад фото- и оже-электронов в формирование интенсивности углерода при первичном излучении тонкооконых рентгеновских трубок / А.Ю. Духанин и [др.] // Аналитика и контроль. 2002. Т. 6, № 4. С. 383-389.
3. Расчет тормозного спектра электронов отдачи, возникающего при возбуждении рентгеновской флуоресценции излучением радиоизотопных источников трубок / А.Ю. Портной и [др.] // Аналитика и контроль. 2002. Т. 6, № 4. С. 390-394.
4. Китов Б.И. Спектральная функция излучения рентгеновской трубки, рассеянного на поляризаторе // Аналитика и контроль. 2002. Т. 6, № 4. С. 395-399.
5. Ревенко А.Г. Применение рентгеноспектрального флуоресцентного метода для анализа растительных материалов и угля // Аналитика и контроль. 2000. Т. 4, № 4. С. 316-328.
6. Чупарина Е.В., Гуничева Т.Н. Оценка эффективности учета матричных эффектов способами, используемыми при прямом РФА растений // Аналитика и контроль. 2004. Т. 8, № 2. С. 152-159.
7. Разработка методики рентгенофлуоресцентного определения мышьяка в почвах и твердых отходах переработки кобальтовой руды / У.В. Ондар и [др.] // Аналитика и контроль, 2000. Т. 4, № 1. С. 66-71.
8. Ревенко А.Г. Рентгенофлуоресцентный анализ горных пород, почв и донных отложений // Аналитика и контроль. 2002. Т. 6, № 3. С. 231-246.
9. Ревенко А.Г. Оценка взаимных влияний элементов при рентгеноспектральных исследованиях материалов культурного наследия из стекла // Аналитика и контроль. 2009. Т. 13, № 1. С. 4-22.
10. Калинин Б.Д., Плотников Р.И., Речинский А.А. К возможности определения состава органических соединений по интенсивности рассеянного рентгеновского излучения // Аналитика и контроль. 2011. Т. 15, № 2. С. 163-169.
11. Калинин Б.Д., Руднев А.В. Эффекты дифракции в рентгенофлуоресцентном анализе и использование их в аналитических целях // Аналитика и контроль. 2011. Т. 15, № 3. С. 332-338.
12. Чубаров В.М., Финкельштейн А.Л., Амиржанов А.А. Определение отношения $FeO/Fe_2O_3^{tot}$ в железных рудах по эмиссионным линиям К-серии рентгеновского флуоресцентного спектра // Аналитика и контроль. 2009. Т. 13, № 3. С. 141-146.
13. Чубаров В.М., Финкельштейн А.Л., Гранина Л.З. Определение содержания и валентного состояния железа и марганца в железомарганцевых конкрециях по эмиссионным линиям К-серии рентгеновского флуоресцентного спек-

- тра // Аналитика и контроль. 2010. Т. 14, № 2. С. 65-72.
14. Чубаров В.М., Финкельштейн А.Л., Мухетдинова А.В. Определение соотношения двух- и трехвалентного железа в карбонатных горных породах по эмиссионным линиям К-серии рентгеновского флуоресцентного спектра // Аналитика и контроль. 2011. Т. 15, № 3. С. 339-343.
15. Разработка методики рентгенофлуоресцентного анализа волос с помощью спектрометра с полным внешним отражением первичного излучения / О. Болормаа и [др.] // Аналитика и контроль. 1999. Т. 3, № 3. С. 27-31.
16. Егоров В.К., Егоров Е.В. Волновод-резонатор как формирователь пучка возбуждения для рентгенофлуоресцентного анализа поляризатором // Аналитика и контроль. 2002. Т. 6, № 4. С. 410-420.
17. Егоров В.К., Егоров Е.В., Бильчик Т.В. Особенности практической РФА ПВО-спектрометрии с волноводно-резонансным формированием возбуждающего пучка // Аналитика и контроль. 2002. Т. 6, № 4. С. 421-433.
18. Компактный прибор для рентгенофлуоресцентного анализа с полным внешним отражением (РФА ПВО) – дифрактометр ДРОН-3 / Е.М. Лукьянченко и [др.] // Материалы Всерос. конф. по анал. спектр-и. Туапсе, 2012. Краснодар: КубГУ. 2012. С. 158.
19. Ревенко А.Г. Развитие рентгенофлуоресцентного анализа в России в 1991-2010 годах // Журн. аналит. химии. 2011. Т. 66, № 11. С. 1174-1187.
20. Ревенко А.Г. Особенности методик анализа геологических образцов с использованием рентгенофлуоресцентных спектрометров с полным внешним отражением (TXRF) // Аналитика и контроль. 2010. Т. 14, № 2. С. 42-64.
21. Оценка возможности применения рентгеновского спектрометра с полным внешним отражением S2 PICOFOX для анализа горных пород / С.В. Пантеева и [др.] // Аналитика и контроль. 2011. Т. 15, № 3. С. 344-352.
22. Определение Rb, Sr, Cs, Ba, Pb в калиевых полевых шпатах из малых навесок методом рентгенофлуоресцентного анализа с полным внешним отражением / Т.Ю. Черкашина и [др.] // Аналитика и контроль. 2012. Т. 16, № 3. С. 305-311.
23. Калинин Б.Д., Таганов И.Н. Применение рентгенофлуоресцентного анализа при экспертизе и атрибуции индо-персидского булатного оружия XVII века // Аналитика и контроль. 2009. Т. 13, № 3. С. 135-140.
24. Павлова Л.А., Павлов С.М., Горюнова О.И. Рентгеноспектральный электронно-зондовый микроанализ металлических изделий эпохи бронзы // Аналитика и контроль. 2002. Т. 6, № 4. С. 360-365.
25. Финкельштейн А.Л., Фарков П.М. Аппроксимации коэффициентов ослабления рентгеновского излучения в области энергии 0.1-100 кэВ // Аналитика и контроль. 2002. Т. 6, № 4. С. 377-382.
26. О соотношении интенсивностей различных порядков отражения в рентгеновских спектрах при регистрации на электронно-зондовых микроанализаторах / Ю.Г. Лаврентьев и [др.] // Аналитика и контроль. 2012. Т. 16, № 3. С. 312-317.
27. Чупарина Е.В., Гуничева Т.Н. Состояние и проблемы рентгенофлуоресцентного анализа растительных материалов // Аналитика и контроль. 2004. Т. 8, № 3. С. 211-226.
28. Пашкова Г.В. Рентгенофлуоресцентный анализ молока и основанных на нем продуктов // Аналитика и контроль. 2010. Т. 14, № 1. С. 4-15.
29. Рентгенофлуоресцентный анализ твердотельных плёнок и покрытий / Ю.А. Игнатова и [др.] // Аналитика и контроль. 2011. Т. 15, № 2. С. 126-140.
30. Смагунова А.Н. К дискуссии по поводу сопоставления характеристик «погрешность» и «неопределенность» // Аналитика и контроль. 2009. Т. 13, № 1. С. 44-47.
31. Гуничева Т.Н., Айсуева Т.С. Оценка отечественных стандартных образцов почв на соответствие требованиям международного проекта по глобальному геохимическому картированию // Аналитика и контроль. 1999. Т. 3, № 4. С. 53-59.
32. Гуничева Т.Н., Чупарина Е.В., Белоголова Г.А. Оценка пригодности ГСО биологических материалов для градуирования при прямом рентгенофлуоресцентном анализе растительных материалов // Аналитика и контроль. 2001. Т. 5, № 1. С. 59-64.
33. Гуничева Т.Н., Чупарина Е.В. Эффект старения излучателей стандартных образцов при прямом рентгенофлуоресцентном анализе растительных материалов // Аналитика и контроль. 2002. Т. 6, № 5. С. 557-565.
34. Пашкова Г.В., Гуничева Т.Н. Влияние неадекватности органической матрицы стандартных образцов растительных материалов и порошков молока при неdestructивном рентгенофлуоресцентном анализе молока // Аналитика и контроль. 2006. Т. 10, № 2. С. 200-204.
35. Оценка качества стандартных образцов предприятий, традиционно используемых при электронно-зондовом рентгеноспектральном микроанализе / Л.А. Павлова и [др.] // Аналитика и контроль. 2002. Т. 6, № 1. С. 71-76.
36. Зависимость точности рентгеноспектрального микроанализа археологических находок от однородности используемых образцов сравнения / Л.А. Павлова и [др.] // Аналитика и контроль. 2004. Т. 8, № 2. С. 169-178.

37. Калинин Б.Д., Плотников Р.И. Рентгенофлуоресцентное определение легирующих и примесных элементов в гомогенных материалах при отсутствии адекватных градуировочных образцов // Аналитика и контроль. 2010. Т. 14, № 4. С. 236-242.

38. Гуничева Т.Н., Васильева И.Е. Изучение распределения элементов в материале стандартного образца состава мышечной ткани Байкальского окуня БОК-2 методом рентгенофлуоресцентного анализа // Аналитика и контроль. 2012. Т. 16, № 3. С. 318-324.

39. Оценка качества элементного анализа силикатных горных пород по результатам участия в Международной программе профессионального тестирования геоаналитических лабораторий – GeoPT / А.И. Кузнецова и [др.] // Аналитика и контроль. 2002. Т. 6, № 5. С. 584-592.

40. Пантеева С.В. Особенности определения содержания ряда элементов в горных породах различного состава методами масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и рентгенофлуоресцентного анализа // Аналитика и контроль. 2009. Т. 13, № 4. С. 184 -192.

PUBLICATIONS ON X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS IN THE JOURNAL “ANALYTICS AND CONTROL”

A.G. Revenko

*Institute of the Earth's Crust, SB RAS
128 Lermontov st., 664033, Irkutsk
xray@crust.irk.ru*

The situation with publications on X-ray spectral analysis in the journal “Analytics and control” was considered over the period from 1997 to 2012.

Key words: X-ray spectral analysis, XRF, EPMA, journal “Analytics and control”.