

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Дубенского Александра Сергеевича
«Групповое сорбционно-масс-спектрометрическое определение Ru, Rh, Pd, Ir, Pt и Au в
горных породах и рудах с использованием сверхсшитых полистиролов», представленной
на соискание ученой степени кандидата химических наук
по специальности 02.00.02 – Аналитическая химия

Выполненное исследование посвящено групповому определению Ru, Rh, Pd, Ir, Pt и Au методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой при использовании обращенно-фазных сорбционных систем в динамическом режиме. Актуальность выполненной работы не вызывает сомнений, т.к. уникальные свойства металлов платиновой группы (МПГ) и золота делают их незаменимыми в разных областях современной техники и медицины. Однако определение этих элементов в природных пробах крайне разнообразного состава вследствие неравномерного распределения при средних содержаниях в земной коре на уровне 10^{-7} - 10^{-9} мас. %, остается сложной аналитической задачей, несмотря на постоянное совершенствование инструментальных методов анализа.

К достоинствам работы следует отнести системный подход к изучению одновременной сорбции-десорбции группы элементов (Ru, Rh, Pd, Ir, Pt и Au), типичной для ультраосновных пород и руд. На модельных растворах для ряда сверхсшитых полистиролов в присутствии алифатических и ароматических аминов выполнен выбор наиболее подходящих сорбционных систем, а также условий количественного извлечения и десорбции МПГ и золота. Найдены условия одновременной сорбции из солянокислых растворов в динамическом режиме Pd, Pt и Au на полистироле Стиросорб-514 с трибутиламином (ТБА) и *N,N*-дибензилметиламином (ДБМА) и десорбции раствором 1 М HCl в этаноле. Подобраны условия количественной сорбции Ru, Rh, Pd, Ir, Pt и Au в системе сверхсшитый полистирол Стиросорб-514 в присутствии гетероциклического амина 4-бензилпиперидина (4-БПП) и десорбции раствором 1 М HCl в смеси этанола и изопропанола (1:1 по объему). Выполнена оценка влияния ионов порообразующих элементов на сорбционное извлечение МПГ и золота из растворов после концентрирования на никелевый штейн. Предложенные процедуры динамического сорбционного концентрирования в сочетании с проточно-инжекционным вводом жидкого концентрата в масс-спектрометр испытаны с целью оценки влияния спектральных помех (изобарные наложения) на аналитический сигнал изотопа ^{99}Ru при МС-ИСП анализе модельных растворов и растворов трех стандартных образцов горных пород и руд после концентрирования МПГ и золота на никелевый штейн.

По результатам работы опубликованы 3 статьи, из которых 1 – в международном журнале, а также 6 тезисов докладов на всероссийских и международных конференциях, что подтверждает достоверность полученных результатов.

Достижения, сформулированные в разделах «Научная новизна», «На защиту выносятся» и «Выводы», опираются на большой объем выполненной аналитической работы, которая свидетельствует о высоком уровне квалификации соискателя. Тем не менее, к работе есть ряд вопросов и замечаний, которые, в первую очередь, касаются практической значимости представленного в автореферате исследования:

1. Заявленные в таблицах 5 и 9 пределы обнаружения МПГ и золота ($C_{\min}$), составляющие 0.2–3.0 нг/г, не подтверждены анализом стандартных образцов геологических материалов близкого содержания, применением методов добавок или разбавления, результатами анализа проб независимым методом. Стандартные образцы основного и ультраосновного состава GPt-5, GPt-6 и SARM-7, использованные для оценки правильности результатов, характеризуются более высокими (рудными) содержаниями Ru, Rh, Pd, Ir, Pt и Au. Содержания этих элементов в горных породах (геологических объектах, имеющих другой макрокомпонентный состав) обычно существенно ниже, чем в этих стандартных образцах. Оценка достоверности верхних

границ определяемых содержаний (5000 нг/г) тоже требует экспериментального подтверждения.

2. Процедуры кислотного разложения хромита, перидотита и пироксенита различны. Растворы после открытого кислотного разложения и пробирной плавки этих образцов на никелевый штейн принципиально отличаются по составу. Естественно, что процессы сорбции-десорбции протекают в этих растворах различным образом. Даже для модельных растворов степень сорбции меняется более чем на 20 % (табл. 4, 6, 7 и 8). Недоучет влияния, например хрома и калия, приведет к тому, что степень сорбции МПГ и золота будет меняться от пробы к пробе, в том числе и для Ru. Вряд ли она будет всегда 60% (нужно было указать хотя бы интервал изменений, например $60 \pm 10\%$).
3. Почему не исследовали влияние хрома и меди на концентрирование МПГ и золота из модельных растворов и растворов CO? В хромитах содержание хрома нередко составляет более 10 мас. % и превышает содержание железа.

Как соискателю и его соавторам, мне тоже очень хотелось бы, чтобы процессы сорбции-десорбции МПГ и золота в крайне разнообразных по составу растворах геологических образцов после кислотного разложения, фторирования или пробирной плавки проходили также, как и в модельных растворах. Однако это не так. Однозначно решить проблемы достоверного анализа реальных геологических проб на МПГ пока не удастся. Подтверждение этому – отсутствие до настоящего времени надежно установленных кларков элементов платиновой группы.

Несмотря на замечания, представленная к защите работа А.С. Дубенского «Групповое сорбционно-масс-спектрометрическое определение Ru, Rh, Pd, Ir, Pt и Au в горных породах и рудах с использованием сверхсшитых полистиролов» является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей критериям актуальности темы, научной новизны, объему и практической значимости полученных результатов. Диссертационная работа А.С. Дубенского полностью соответствует требованиям пункта 2 «Положения о порядке присуждения ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата наук по специальности 02.00.02 — Аналитическая химия, химические науки.

Васильева Ирина Евгеньевна

доктор технических наук по специальности 02.00.02 – Аналитическая химия

главный научный сотрудник группы атомно-эмиссионных методов анализа и стандартных образцов ИГХ СО РАН

664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1а

тел. +7 (3952) 42 58 37; e-mail: vasira@igc.irk.ru

ФГБУН Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук (ИГХ СО РАН)

02.04.2018

