

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 3, Number 416 (2017), 20 – 26

**S. K. KALININ AND HIS CONTRIBUTION
TO THE STUDY OF RHENIUM AND OSMIUM
IN THE ZHEZKAZGAN AND SOME OTHER DEPOSITS**

M. I. Madin, T. A. Ozerova

LLP "Institute of Geological Sciences named after K. I. Satpayev", Almaty, Kazakhstan.

E-mail: madinm@yandex.ru, tamara.ozerova@gmail.com

Key words: abundance, analysis, deposit, isotope, method, ores, osmium, rhenium, standart sample.

Abstract. S. K. Kalinin is the first scientist who determined the urgency of the problem of study of rhenium and osmium in Kazakhstan. With the discovery of rhenium and osmium in the ores of Zhezkazgan deposit under the leadership of S. K. Kalinin techniques spectral and chemical determination of these elements in various types of ores and products of their processing are created. For the first time in Republic of Kazakhstan a few grams of pure radiogenic ^{187}Os isotope obtained. The abundance of osmium in earth's crust evaluated, rhenium-osmium geochemical method of determining the absolute age of the deposits developed. A study of rhenium and osmium are continuing by followers of S. K. Kalinin. In recent years, a cycle of works in order to control the quality of initial and final products completed at the Zhezkazgan factory. Standard samples of the enterprise composition of the ammonium salt of rhenium and solution of osmium created, methods for measuring the mass fraction of rhenium and osmium developed and certified.

УДК 012

**С. К. КАЛИНИН И ЕГО ВКЛАД
В ИЗУЧЕНИЕ РЕНИЯ И ОСМИЯ В ЖЕЗКАЗГАНСКОМ
И НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

М. И. Мадин, Т. А. Озерова

ТОО «Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева», Алматы, Казахстан

Ключевые слова: анализ, изотоп, месторождение, метод, распространенность, рений, руды, осмий, стандартный образец.

Аннотация. С. К. Калинин является первым ученым, определившим актуальность проблемы изучения рения и осмия в Казахстане. С открытием рения и осмия в рудах Жезказганского месторождения под руководством С. К. Калинина созданы методики по спектральному и химическому определению указанных элементов в различных типах руд и продуктов их переработки. Впервые в Казахстане были получены несколько граммов чистого радиогенного изотопа ^{187}Os . Была выполнена оценка распространенности осмия в земной коре, разработан рений-осмиевый метод геохимического определения абсолютного возраста месторождений. Исследование рения и осмия продолжают учениками С. К. Калинина. За последние годы выполнен цикл работ с целью контроля качества исходных и конечных продуктов на заводе-производителе: созданы стандартные образцы предприятия состава рениевокислого аммония и раствора осмия, разработаны и сертифицированы методики выполнения измерений массовых долей рения и осмия.

Рений и осмий входят в группу востребованных на мировом рынке металлов, а Казахстан в настоящее время является одним из крупнейших поставщиков перрената аммония в лице РГП «Жезказганредмет», который входит в Комитет индустриального развития и промышленной безопасности Министерства индустрии и развития Республики Казахстан.

Проблема изучения и добычи этих редчайших в земной коре элементов является актуальной на протяжении нескольких десятилетий XX и XXI веков. Крупнейшим ученым, посвятившим себя исследованию данного вопроса, является основатель Казахской школы спектроскопии и спектрального анализа, заслуженный деятель науки Республики Казахстан, лауреат премии Совета Министров Казахской ССР, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН РК Сергей Ксенофонтович Калинин.

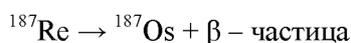
Именно он в 1936 году организовал первую в Казахстане спектральную лабораторию в КазФАН СССР, что явилось началом использования методов спектрального анализа в республике, а его первая научная статья, опубликованная в 1938 году в журнале «Цветные металлы», посвящена химическому составу руд Жезказгана на основе результатов спектрального анализа.

В годы Великой Отечественной войны С.К.Калинин находился в рядах Вооруженных Сил в качестве начальника химической службы полка, а после окончания войны вернулся к научной деятельности и уже в 1945 году был назначен заведующим лабораторией спектрального анализа в Институте астрономии и физики КазФАН СССР, который в 1957 году был реформирован в Институт ядерной физики.

В январе 1946-го года выходит в свет статья С.К.Калинина в соавторстве с О. А. Суворовой «О спектрографическом определении рения» [1], в которой они прозорливо писали, что «этот металл из группы весьма редких превратился в рыночный продукт, и промышленная его добыча в Казахстане – дело самого недалекого будущего».

В середине 50-х годов в Институте геологических наук под руководством академика К. И. Сатпаева проводилась активная работа по изучению Жезказганского месторождения. К. И. Сатпаев хорошо знал и ценил С. К. Калинина и поручил его лаборатории выполнение большого заказа на проведение спектральных анализов руд Жезказганского месторождения и продуктов их переработки.

При выполнении этих анализов методом атомно-эмиссионной спектроскопии в 1959 году именно в лаборатории С. К. Калинина в рудах Жезказгана был впервые обнаружен рений [2] и предсказано присутствие его дочернего изотопа ^{187}Os , непрерывно образующегося в результате радиоактивного распада долгоживущего изотопа рения ^{187}Re



с периодом полураспада $T_{1/2} = (4,3 \pm 0,5) \cdot 10^{10}$ лет.

Разработанная высокочувствительная спектрографическая методика определения [3, 4] и целенаправленные поиски спектральных линий осмия позволили в скором времени обнаружить этот редкий элемент и определить его концентрацию, а в 1960 году вышла статья Т. А. Сатпаевой, С. К. Калинина и Э. Е. Файна «О содержании осмия в рудах Жезказганского месторождения» [5].

Актуальность проведения исследований по геохимии и металлогении рения в Казахстане и перспективность создания здесь мощной сырьевой базы для его получения показали уже первые работы по этой проблеме [6, 7]. За открытие рения и осмия большая группа российских и казахстанских ученых получила знаки и дипломы первооткрывателей рения и осмия в Дзезказганском месторождении, в числе которых были С. К. Калинин, Т. А. Сатпаева и Э. Е. Файн.

С открытием рения и осмия в рудах Жезказгана в лаборатории под руководством С. К. Калинина начались активные методические работы по созданию, усовершенствованию и стандартизации аналитических методик по спектральному и химическому определению указанных элементов в различных типах руд и продуктов их переработки [8, 9].

Обнаружение повышенных содержаний рения в рудах Жезказганского и ряда других месторождений [10] сделало весьма насущной и задачу попутного извлечения радиогенного дочернего изотопа осмия [11, 12]. По заданию Госкомитета наук СССР были выполнены экспериментальные работы по извлечению радиогенного осмия в Казахстане. Проводившиеся в лаборатории под руководством С.К.Калинина опыты дали возможность выделить первые несколько граммов чистого изотопа ^{187}Os [13, 14], который был использован для проведения исследований по целому ряду направлений [15], в том числе, для изучения изотопической структуры спектральных линий осмия, создания методики изотопно-спектрального анализа радиогенного осмия и определения его изотопного состава [16].

Была выполнена оценка распространенности элемента в земной коре по результатам изотопного анализа и литературным данным о содержании осмия в горных породах [17]. Опубликованные значения этой величины (в г/т) расходятся между собой в сотни и тысячи раз:

| | |
|--------------------------------|-------------|
| F. Clark and Washington (1924) | – 0,000n |
| G. Berg (1929) | – 0,000009 |
| I. und W. Noddak (1930) | – 0,05 |
| A. E. Ферсман (1939) | – 0,05 |
| J. Anderson (1945) | – 0,05 |
| A. Polanski (1948) | – 0,01 |
| A. П.Виноградов (1956) | – 0,0001(?) |
| V. Mason (1966) | – 0,005 |
| K. Wedepohl (1967) | – 0,001 |
| R. Reeves and R. Brooks (1978) | – 0,0002 |
| J. Luck (1982) | – 0,00005 |
| Л. Н. Овчинников (1990) | – 0,002 |
| С. К. Калинин (1995) | – 0,0003 |

В значительной мере такой разброс связан с трудностями в определении очень низких концентраций осмия в горных породах. Поэтому сведения, полученные косвенным путем, в частности, при изучении изотопного состава осмия из ренийсодержащих месторождений, оказываются весьма значимыми. В таких месторождениях благодаря накоплению радиогенного изотопа общее содержание осмия становится сравнительно большим и возможно его надежное определение и выделение небольших количеств металла или обогащенных этим элементом концентратов. Изотопный анализ позволил установить не только концентрацию радиогенного изотопа, но и рассчитать содержание обыкновенного осмия. При общем содержании осмия в полученных образцах 0,05–0,06 г/т и концентрации изотопа ^{187}Os 99,2–99,8 % содержание обыкновенного осмия составляет 0,0001–0,0005 г/т (в среднем 0,0003 г/т).

Анализирувавшиеся концентраты были получены при переработке сотен миллионов тонн руды, поступающей из различных залежей месторождения. При металлургической плавке концентратов минералы полностью разрушаются и осмий переходит в газовую фазу независимо от его происхождения, включая как связанный с рением радиогенный изотоп ^{187}Os , так и обыкновенный осмий, входящий в фоновых концентрациях в состав рудных минералов и вмещающей силикатной породы. Таким образом, приведенная оценка содержания суммы нерадиогенных изотопов характеризует огромную массу рудного и нерудного вещества из обширного региона и величину $\sim 0,0003$ г/т можно принять в качестве приближенного значения регионального кларка обыкновенного осмия.

Полученное значение распространенности осмия в земной коре и, соответственно, величина отношения осмия к рению противоположно тому, которое следует ожидать из известного факта большей распространенности четных элементов и которое в действительности наблюдается для метеоритов. Значительно ниже по сравнению с метеоритами и абсолютное содержание осмия в литосфере. Это противоречие легко объяснить, если учесть, что предлагаемое значение кларка осмия относится не ко всей Земле, а только к ее верхней оболочке и является результатом дифференциации земного вещества.

Еще одним важным направлением исследований С. К. Калинина с сотрудниками явилась разработка рений-осмиевого метода геохимического определения абсолютного возраста месторождений. С использованием указанного метода совместно с геологами был определен возраст рудных месторождений Казахстана и Армении, полученные результаты хорошо согласуются с имеющимися в литературе геологическими и геохимическими данными [15]. Так, геологический возраст Жезказганского месторождения по данным рений-осмиевого метода составил 221 ± 30 , а месторождения Бошекуль – 571 ± 60 млн лет, в то время как возраст месторождений Армении не превышал 44 млн лет.

Выполненные работы позволили установить закономерности распространенности и приуроченности рения и осмия на ренийсодержащих месторождениях к определенным типам руд,

провести изучение соотношения рения и осмия с другими металлами, их поведение при окислении руд и их технологической переработке. Полученные научные материалы обобщены в двух монографиях [10, 12] и в сборнике статей [15], а сотрудники лаборатории С. К. Калинин, Э. Е. Файн и М. И. Мадин удостоены премии им. К. И. Сатпаева за цикл работ «Открытие и изучение радиоактивного изотопа осмия-187 в рудах Жезказганского месторождения».

Тесное сочетание спектроскопических и геохимических исследований, характерное для С. К. Калинина, обеспечивало их исключительную плодотворность для практических работ по комплексной переработке руд при извлечении редких и рассеянных элементов. Цикл исследований «Развитие комплекса физических методов изучения состава минерального сырья и их использование в народном хозяйстве», выполненный под руководством С. К. Калинина, был отмечен премией Совета Министров Казахской ССР в области науки и техники в 1988 году.

Исследование рения и осмия в рудах Жезказганского и других месторождений Казахстана было и остается одним из важных направлений деятельности Института и продолжается учениками С. К. Калинина – сотрудниками сектора физических и химических методов исследований ИГН им. К. И. Сатпаева.

Начиная с 2004 года, Институт выполняет цикл аналитико-методических работ с целью контроля качества исходных промпродуктов и конечной продукции завода-изготовителя. Это создание стандартных образцов предприятия состава рениевокислого аммония и раствора осмия, а также разработка и аттестация методик выполнения измерений массовых долей рения и осмия.

Так, для обеспечения единства измерений и выполнения аналитического контроля технологического процесса в редкометалльном производстве в 2005 году был создан стандартный образец предприятия состава перрената аммония СОП АР-001-2005, действие которого в 2011 году было продлено на основании исследования стабильности и присвоен номер СОП АР-001П-2011 [18]. Стандартный образец состава перрената аммония предназначен для контроля точности результатов химического анализа перрената аммония на содержание основного компонента рения и элементов-примесей (алюминия, железа, калия, кальция, кремния, магния, марганца, меди, молибдена, натрия, никеля, серы, фосфора) в технологическом процессе его производства. В таблице 1 приведены аттестованные метрологические характеристики стандартного образца состава перрената аммония.

Таблица 1 – Метрологические характеристики СОП АР-001П-2011

Table 1 – Metrological characteristics of SSE RA-001P-2011

| Аттестованная характеристика СОП. Массовая концентрация элементов | Обозначение единицы физической величины | Аттестованное значение СОП | Погрешность аттестованного значения СОП при доверительной вероятности 0,95 |
|--|---|----------------------------|--|
| Рений | % | 69,20 | 0,12 |
| Алюминий | % | 0,00030 | 0,00006 |
| Железо | % | 0,0005 | 0,0001 |
| Калий | % | 0,005 | 0,001 |
| Кальций | % | 0,0005 | 0,0001 |
| Кремний | % | 0,0005 | 0,0001 |
| Магний | % | 0,00030 | 0,00004 |
| Марганец | % | 0,000010 | 0,000002 |
| Медь | % | 0,00005 | 0,00001 |
| Молибден | % | 0,00010 | 0,00001 |
| Натрий | % | 0,0002 | 0,0001 |
| Никель | % | 0,00010 | 0,00001 |
| Сера | % | 0,0010 | 0,0001 |
| Фосфор | % | 0,00040 | 0,00003 |

Таблица 2 – Метрологические характеристики СОП ОС-002П-2014

Table 2 – The metrological characteristics of SOP OS-002P 2014

| Элемент | Аттестованное значение СОП: массовая доля, мг/дм ³ | Погрешность аттестованного значения СОП: значение абсолютной погрешности (для P = 0,95), мг/дм ³ |
|---------|--|--|
| Осмий | 100 | 2 |

В декабре 2009 года с целью метрологического обеспечения контроля технологического процесса при получении осмия был разработан стандартный образец предприятия состава раствора осмия СОП ОС-002-2009 [19], продленный в 2014 году под номером СОП ОС-002П-2014 (таблица 2).

На рисунке 1 приведены фотографии названных СОПов.



Рисунок 1 – Стандартные образцы предприятия состава раствора осмия (а) и перрената аммония (б)
Figure 1 – Standard enterprise composition samples of the osmium solution (a) and ammonium perrhenate (b)



Рисунок 2 – Методика (а) и Свидетельство о метрологической аттестации МВИ осмия (б)
Figure 2 – The Method of measurement (a) and certificate on metrological certification of MVI osmium (b)

Разработанные стандартные образцы применяются также для контроля погрешности методик выполнения измерений (МВИ) в процессе их создания и применения и для других видов метрологических работ, связанных с экспериментальной оценкой состояния измерений.

В 2010 и 2011 годах были разработаны и сертифицированы «Методика выполнения измерений массовых долей осмия в твердых промпродуктах и технологических растворах фотометрическим методом», зарегистрированная в реестре ГСИ РК под № KZ.07.00.01152-2010 [18], действие которой было продлено в 2015 году (под № KZ.07.00.03278-2015), и «Методика выполнения измерений массовых долей рения в твердых промпродуктах и технологических растворах фотометрическим методом», зарегистрированная в реестре ГСИ РК под № KZ.07.00.01416-2011 [20], перерегистрация которой намечена на 2016 год в связи с истечением срока ее действия.

На рисунке 2 показаны титульный лист МВИ с указанием номера внесения в реестр ГСИ РК и свидетельство на Методику определения осмия, выданное Госстандартом РК (РГП «КазИнМетр»).

Выполненные работы позволили обеспечить аналитический контроль технологических процессов получения редких элементов и качества товарной продукции. Новые возможности для совершенствования методик анализа в части повышения их чувствительности, экспрессности и улучшения показателей точности открывает применение современных методов оптической эмиссионной спектроскопии и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Суворова О.А., Калинин С.К. О спектрографическом определении рения // Вестник КазФАН СССР. – 1946. – № 1. – С. 11-15.
- [2] Сатпаева Т.А., Калинин С.К., Файн Э.Е. О содержании рения в медных рудах Жезказгана // Вестник АН КазССР. – 1959. – № 5. – С. 52-59.
- [3] Калинин С.К., Файн Э.Е. Спектральный анализ минерального сырья. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1962. – 240 с.
- [4] Файн Э.Е. Спектрографическое определение рения и осмия в рудах // Вестник АН КазССР. – 1963. – № 2. – С. 53-59.
- [5] Сатпаева Т.А., Калинин С.К., Файн Э.Е. О содержании осмия в рудах Жезказганского месторождения // Вестник АН КазССР. – 1960. – № 8. – С. 29-31.
- [6] Калинин С.К., Файн Э.Е. Некоторые вопросы геохимии рения и генезис руд Джезказганского месторождения // Вестник АН КазССР. – 1967. – № 4. – С. 45-53.
- [7] Сатпаева Т.А., Дедешко М.П., Файн Э.Е. К исследованию химического состава ренийевого минерала из руд Джезказгана // Вестник АН КазССР. – 1964. – № 4. – С. 47-53.
- [8] Файн Э.Е., Витупкина И.Н. Спектрографическое определение рения в молибденитах // Известия АН КазССР. Серия геологическая. – 1967. – № 8. – С. 41-44.
- [9] Калинин С.К., Файн Э.Е., Егизбаева К.Е. Спектрографическое определение радиогенного осмия // ЖПС. – 1967. – № 12. – С. 924-927.
- [10] С.К. Калинин, Э.Е. Файн. Распространенность рения в природных объектах. – Алма-Ата: Наука, 1977. – 144 с.
- [11] Есенов Ш.Е., Калинин С.К., Файн Э.Е., Егизбаева К.Е. Радиогенный осмий в ренийсодержащих рудах // Геохимия. – 1970. – № 5. – С. 610-615.
- [12] Калинин С.К., Файн Э.Е. Стабильный изотоп осмий-187. – Алма-Ата: Наука, 1975. – 96 с.
- [13] Кунаев А.М., Калинин С.К., Файн Э.Е. Радиогенный осмий – новый сырьевой источник металла // В кн.: Химия, технология, анализ, перспективы применения осмия и его соединений. – Алма-Ата: Наука, 1979. – С. 23-31.
- [14] Городецкий М.И., Егизбаева К.Е., Калинин С.К. и др. Получение изотопа ¹⁸⁷Os из технологических продуктов Балхашского медеплавильного завода // В кн.: Химия, технология, анализ, перспективы применения осмия и его соединений. – Алма-Ата: Наука, 1979. – С. 163-170.
- [15] Стабильный изотоп осмий-187 в научных исследованиях // Сборник статей. – Алма-Ата: Наука, 1984. – 88 с.
- [16] Калинин С.К., Ким Е.В., Озерова Т.А., Файн Э.Е. Спектральный анализ осмия, выделенного из ренийсодержащих руд // Сб.: Труды Второго всесоюзного Координационного совещания по химии, технологии, анализу и перспективам применения осмия и его соединений. – Алма-Ата, 1985. – С. 158-165.
- [17] Калинин С.К., Озерова Т.А., Файн Э.Е. О распространенности осмия в земной коре // Геология Казахстана. – 1995. – № 3. – С. 20-28.
- [18] Мадин М.И., Озерова Т.А., Неталиева Т.Ж., Остапова Н.В., Кенипбаева А.Г., Актаев А. Метрологические разработки для редкометальной отрасли Казахстана // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2012. – № 1. – С. 77-85.
- [19] Мадин М.И., Озерова Т.А. Разработка стандартного образца предприятия состава раствора осмия // Тезисы докладов на XIX Международной Чернявской конференции по химии, аналитике и технологии платиновых металлов. – Новосибирск, 2010. – С. 207.
- [20] Мадин М.И., Озерова Т.А., Остапова Н.В., Неталиева Т.Ж. Усовершенствование и стандартизация методики выполнения измерений массовых долей рения в твердых промпродуктах и технологических растворах фотометрическим методом // Материалы Междунар. научно-практической конференции «Сатпаевские чтения», «Актуальные проблемы современной геологии и минерагении Казахстана». – Алматы, 2012. – С. 470-475.

REFERENCES

- [1] Suvorova O.A., Kalinin S.K. O spektrograficheskom opredelenii renija // Vestnik KazFAN SSSR. 1946. N 1. S. 11-15.
- [2] Satpaeva T.A., Kalinin S.K., Fajn Je.E. O sodержanii renija v mednyh rudah Zhezkazgana // Vestnik AN KazSSR. 1959. N 5. S. 52-59.
- [3] Kalinin S.K., Fajn Je.E. Spektral'nyj analiz mineral'nogo syr'ja. Alma-Ata: Izd-vo AN KazSSR, 1962. 240 s.
- [4] Fajn Je.E. Spektrograficheskoe opredelenie renija i osmija v rudah // Vestnik AN KazSSR. – 1963. – № 2. – S. 53-59.
- [5] Satpaeva T.A., Kalinin S.K., Fajn Je.E. O sodержanii osmija v rudah Zhezkazganskogo mestorozhdenija // Vestnik AN KazSSR. 1960. N 8. S. 29-31.
- [6] Kalinin S.K., Fajn Je.E. Nekotorye voprosy geohimii renija i genezis rud Dzhezkazganskogo mestorozhdenija // Vestnik AN KazSSR. 1967. N 4. S. 45-53.
- [7] Satpaeva T.A., Dedeshko M.P., Fajn Je.E. K issledovaniju himicheskogo sostava renievogo minerala iz rud Dzhezkazgana // Vestnik AN KazSSR. 1964. N 4. S. 47-53.
- [8] Fajn Je.E., Vitushkina I.N. Spektrograficheskoe opredelenie renija v molibdenitah // Izvestija AN KazSSR. Serija geologicheskaja. 1967. N 8. S. 41-44.
- [9] Kalinin S.K., Fajn Je.E., Egizbaeva K.E. Spektrograficheskoe opredelenie radiogennoho osmija // ZhPS. 1967. N 12. S. 924-927.
- [10] S.K. Kalinin, Je.E. Fajn. Rasprostranennost' renija v prirodnyh ob#ektah. Alma-Ata: Nauka, 1977. 144 s.
- [11] Esenov Sh.E., Kalinin S.K., Fajn Je.E., Egizbaeva K.E. Radiogennyj osmij v renijsoderzhashhih rudah // Geohimija. 1970. N 5. S. 610-615.
- [12] Kalinin S.K., Fajn Je.E. Stabil'nyj izotop osmij-187. Alma-Ata: Nauka, 1975. 96 s.
- [13] Kunaev A.M., Kalinin S.K., Fajn Je.E. Radiogennyj osmij – novyj syr'evoy istochnik metalla // V kn.: Himija, tehnologija, analiz, perspektivy primenenija osmija i ego soedinenij. Alma-Ata: Nauka, 1979. S. 23-31.
- [14] Gorodeckij M.I., Egizbaeva K.E., Kalinin S.K. i dr. Poluchenie izotopa 187Os iz tehnologicheskikh produktov Balhashskogo medeplavil'nogo zavoda // V kn.: Himija, tehnologija, analiz, perspektivy primenenija osmija i ego soedinenij. Alma-Ata: Nauka, 1979. S. 163-170.
- [15] Stabil'nyj izotop osmij-187 v nauchnyh issledovanijah // Sbornik statej. –Alma-Ata: Nauka, 1984. 88 s.
- [16] Kalinin S.K., Kim E.V., Ozerova T.A., Fajn Je.E. Spektral'nyj analiz osmija, vydelennogo iz renijsoderzhashhih rud // Sb.: Trudy Vtorogo vsesojuznogo Koordinacionnogo soveshhanija po himii, tehnologii, analizu i perspektivam primenenija osmija i ego soedinenij. Alma-Ata, 1985. C. 158-165.
- [17] Kalinin S.K., Ozerova T.A., Fajn Je.E. O rasprostranennosti osmija v zemnoj kore // Geologija Kazahstana. 1995. N 3. S. 20-28.
- [18] Madin M.I., Ozerova T.A., Netalieva T.Zh., Ostapova N.V., Kenishbaeva A.G., Aktaev A. Metrologicheskie razrabotki dlja redkometal'noj otrasli Kazahstana // Izvestija NAN RK. Serija geologii i tehniceskikh nauk. 2012. N 1. S. 77-85.
- [19] Madin M.I., Ozerova T.A. Razrabotka standartnogo obrazca predprijatija sostava rastvora osmija // Tezisy dokladov na XIX Mezhdunarodnoj Chernjaevskoj konferencii po himii, analitike i tehnologii platinovyh metallov. Novosibirsk, 2010. S. 207.
- [20] Madin M.I., Ozerova T.A., Ostapova N.V., Netalieva T.Zh. Uovershenstvovanie i standartizacija metodiki vypolnenija izmerenij massovyh dolej renija v tverdyh promproduktah i tehnologicheskikh rastvorah fotometricheskim metodom // Materialy Mezhdunar. nauchno-prakticheskoi konferencii «Satpaevskie chtenija», «Aktual'nye problemy sovremennoj geologii i minerologii Kazahstana». Almaty, 2012. S. 470-475.

**С. К. КАЛИНИН ЖӘНЕ
ОНЫҢ ҮЛЕСІН РЕНИЙ ЖӘНЕ ОСМИЙ ЖЕЗҚАЗҒАН
ЖӘНЕ КЕЙБІР БАСҚА ДА КЕН ОРЫНДАРЫНДА ЗЕРДЕЛЕУ**

М. И. Мадин, Т.А. Озерова

К. И. Сатпаев атындағы геологиялық ғылымдар институты, Алматы, Қазақстан

Түйін сөздер: талдау, изотоп, өріс, әдіс, таралуы, рений, осмий, стандартты үлгісі.

Аннотация. С. К. Калинин – Қазақстанда бірінші ғалым рений және осмий мәселелері өзектілігі зерттеу айындаған. Ашылуымен рений және осмий кендерде Жезқазған кен орнының басшылығымен С. К. Калинин спектрлік талдау және химиялық анықтау көрсетілген элементтердің әр түрлі кендерін және олардың өнімдерін қайта өңдеу әдістемесін құрылды. Қазақстанда алғаш рет таза радиофен изотоптың ¹⁸⁷Os бірнеше грамм алынды. Бағалау таралу осмий жер қыртысында орындалды, рений-осмиймен әдісі геохимиялық абсолют жасын анықтау кен орындары әзірленді. Зерттеу рений және осмий С. К. Калинин оқушыларымен жалғасуда. Соңғы жылдары жұмыстар никлі сапасын бақылау мақсатында бастапқы және соңғы өнімдерді өндіруші зауытта орындалған, стандартты үлгілер кәсіпорынның құрамын рений тұздары және осмий ерітіндісін құрылған, өлшеулерді орындау әдістемесін бұқаралық үлестерін рений және осмий әзірленген және сертифицикатталған.

Поступила 31.05.2016 г.