

ИССЛЕДОВАНИЯ ИОНХ В ОБЛАСТИ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЛАТИНЫ

И. И. Черняев

Специфичность задач исследования платины и ее спутников была настолько ясна, что как только после Октябрьской революции началась организация научного исследования, в апреле 1918 г. одним из первых научных институтов возник Платиновый институт. Входя в систему Комиссии естественных производительных сил (КЕПС) при Академии наук СССР, институт имел своей задачей комплексное изучение золото-платиновой промышленности во всем объеме. Кроме основной задачи — изучения химии платиновых элементов и их сплавов, — институт ставил своей целью разработку способов промышленного получения платиновых металлов в чистом виде из сырой платины (аффинаж) и контроля производства (анализ). Далее, намечалась разработка вопросов изыскания новых месторождений платины и изучения новых форм ее нахождения в природе, овладение техническими процессами их переработки, сравнительное изучение каталитической способности платиновых металлов, изыскание суррогатов платины, изучение потребностей рынка, качества изделий из благородных металлов и пр.

Задачи института были в свое время очерчены Л. А. Чукавым и в дальнейшем развиты Н. С. Курнаковым.

Потребность научной работы для всестороннего изучения вопроса золото-платиновой промышленности все возрастает, и нужда в таком изучении ощущается и в отраслях химической технологии, потребляющих благородные металлы. Промышленность редких элементов, близкая по методике исследования к нашему сектору, тоже предъявляет свои требования.

В настоящее время в отделе продолжают работы по изучению комплексных соединений, естественных соединений платиновых металлов и их руд. Работы прикладного характера объединяются аффинажной и аналитической комиссией.

Химическая специфичность элементов рутения, родия, палладия, осмия, иридия и платины выражается тем, что

все они на практике встречаются в виде комплексных соединений. Общеизвестно, что для понимания природы этих соединений потребовалось создание особой координационной теории. Теория эта, созданная гениальным А. Вернером, осталась после его смерти все-таки не вполне законченной и требует дальнейшей разработки. Эта разработка идет в секторе по двум направлениям, разумеется, тесно переплетающимся друг с другом. Первое направление — чисто химическое как по методике работы, так и по целевой установке. Методика работы сводится преимущественно к синтезу соединений, доказательству химическими методами их строения, а физико-химическая характеристика этих соединений, не являясь самоцелью, используется только для подтверждения химического строения молекул этих соединений. Нужно сказать, что для синтеза новых соединений в области платиновых металлов имеются очень широкие и заманчивые возможности, так как, несомненно, из всего колоссального числа комплексных соединений, возможных по теории, до настоящего времени получен только совершенно ничтожный процент. Более того, очень многие типы соединений, важные в теоретическом отношении, не только не исследованы, но даже еще не получены, и работы по синтезу направлены, главным образом, в эту сторону.

Чаще всего препятствием к осуществлению синтезов намеченных соединений является не их неустойчивость, а неправильный путь. Так например, долгое время были неизвестны пентамины платины. Работами Л. А. Чугаева было показано, что эти пентамины в определенных условиях чрезвычайно стойки и во многих случаях являются конечным продуктом воздействия аммиака на аммиачные соединения четырехвалентной платины. Причиной их недоступности оказалась не малая устойчивость комбинации аммиаков во внутренней сфере, а совершенно другие обстоятельства. Благодаря созданию теории трансвлияния (см. подробнее статью И. И. Черняева в следующем выпуске журн. „Успехи химии“), являющейся дополнением теории А. Вернера данными, полученными в свое время Иергенсенем, Клеве, Н. С. Курваковым и Л. А. Чугаевым, удалось наметить путь к осуществлению синтезов в двух направлениях. С одной стороны, можно было синтезировать очень сложные соединения в смысле разнообразия радикалов, входящих во внутреннюю сферу. Были получены соединения платины, имеющие пять различных заместителей во внутренней сфере, значит до предельного числа шесть остается сделать очень немного. С другой стороны, была совершенно точно установлена возможность получения молекулярных форм в платине, до сих пор неизвестных; так были получены триазины, имеющие все три кислых заместителя

на одной грани октаэдра, цистетрамины и оптически деятельные соединения, содержащие только один цикл в молекуле.

Наконец, многие уже известные раньше типы соединений, но бывшие малодоступными, после работ, выполненных в институте, сделались легко доступными; так, класс триаминов, насчитывавший очень немного плохо изученных представителей, сейчас можно считать изученным лучше, чем какой-либо другой класс соединений.

Можно принять за правило, что изученность комплексных соединений любого элемента резко падает при переходе от хлоридов к бромидам, иодидам, фторидам и к другим кислотным остаткам. Поэтому, как еще указывал Л. А. Чугаев, следует обратить внимание и на другие кислотные и аминные остатки. В этом направлении институт тоже работал и работает, так А. А. Гринбергом были изучены роданиды и гликоколата платины*, В. В. Лебединским — соединения платины с ацетонитрилом, А. Д. Гельман и И. И. Черняевым — этиленовые соединения платины, А. М. Рубинштейном — аминопиридиновые комплексы, В. И. Горемыкиным — гидроксиламинные соединения**.

Нужно, однако, отметить, что в смысле вариации заместителей можно было бы сделать несколько больше, чем это сделано до сих пор, но недостаток в снабжении редкими реактивами дает себя чувствовать. Однако мы можем совершенно уверенно смотреть в будущее и определенно сказать, что в области синтеза последнее слово еще далеко не сказано. Здесь возможно пойти по принципу, несколько отличному от принятого сейчас в секторе, и, взяв какой-нибудь краевой заместитель, например, диметилглиоксим, провести полное сравнительное исследование соединений — диметилглиоксима с разными элементами VIII группы.

Второе направление изучения комплексных соединений — исследование их физико-химических свойств. В этом направлении А. А. Гринбергом была показана полная приложимость современных электронных представлений к равновесным процессам, происходящим в комплексных соединениях. Так, на основании теории Косселя им была рассчитана амидореакция, определен характер связи в соединениях платины и палладия путем измерения магнитной проницаемости. Была показана применимость теории Бренстедта,

* На гликоколатах платины им совместно с Л. М. Вольштейном в последнее время была доказана применимость правила Иергенсена к циклическим соединениям. Этот результат нашел себе подтверждение в работе А. Н. Федоровой с И. И. Черняевым на примере этилендиаминовых соединений.

** Результаты этих работ будут изложены в одном из следующих выпусков журн. „Успехи химии“.

как для аммиачных соединений, так и для оксалатов и гликоколатов. Им же совместно с Б. В. Птициным исследовались окислительно-восстановительные потенциалы платины и ее спутников в зависимости от кислотности, температуры и прочих условий. Д. И. Рябчиков исследовал силу геометрических изомерных оснований диамидов двувалентной платины, а также способность к комплексообразованию различных кислотных остатков.

В последнее время начинает понемногу развиваться исследование спектров поглощения растворов комплексных соединений, Л. С. Самоделкиной и Ц. Б. Немировской определен ультрафиолетовый спектр поглощения простейших аммиачных и нитритных соединений платины. А. В. Бабаева уже исследовала спектры некоторых соединений платины, и нужно надеяться, что в ближайшем будущем эти работы примут более широкий размах.

Необходимо отметить, что получить какой-нибудь результат, работая с родием, иридием или палладием, несравненно трудней, чем добиться аналогичного результата с платиной.

Возьмем для примера палладий, его комплексы несравненно менее стойки, чем платиновые, хотя формулы его соединений повторяют собой состав соединений платины. Та геометрическая изомерия, которая была установлена на соединениях платины даже гораздо раньше, чем она была открыта у углерода, до последнего времени отсутствовала у палладия. Изомерия эта оказалась достаточно мимолетной, но тем не менее она с несомненностью доказана как для хлоридов, так и для бромидов диамидов палладия. Не меньшие трудности представляет работа с иридием ввиду своеобразия химии этого элемента. Прежде всего интересен, по данным Н. К. Пшеницына, состав солей иридиевых кислот. У этого элемента наблюдается замечательная склонность к образованию двойных, кислых и основных солей. В свое время Н. К. Пшеницыным (совместно с С. Е. Красиковым) была получена очень любопытная кислота, состав которой, после продолжительной работы, был выражен следующей формулой: $H_2Ir_4(SO_3)_7$.

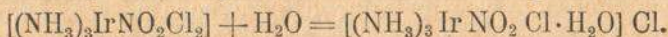
Эта кислота, формула строения которой не совсем ясна, отличается необычайной прочностью, на нее не действуют такие окислители, как крепкая азотная кислота или царская водка. Заместить сульфитные остатки на какие-либо другие группы оказалось невозможным реакции обменного разложения у групп SO_2 отсутствуют. Кислота не кристаллизуется, вследствие чего ее приходится очень долго прощипывать, чтобы добиться определенного состава, тем более, что она чрезвычайно жадно притягивает влагу воздуха, разлетаясь при этом на куски. От этой кислоты получены

следующие соли: средние $(\text{NH}_4)_2\text{Ir}_4(\text{SO}_3)_7$, $\text{Hg}_2\text{Ir}_4(\text{SO}_3)_7$; кислая соль серебра, как известно, обычно не дающего кислых солей— $\text{AgHIr}_4(\text{SO}_3)_7$, основная бариевая соль $(\text{BaO})_2\text{Ir}_4(\text{SO}_3)_7$.

Интересна также двойная соль нитрозила и аммония хлороиридиевой кислоты



совершенно аналогичная по составу с соответственной родиевой солью Вильма, и, наконец, соль $\text{NH}_4 (\text{NH}_3)_4 \text{Pt Ir Cl}_6$. Исследование всех этих солей имеет значение для выяснения поведения иридия при процессе аффинажа. Гексахлориды трехвалентного иридия хлороиридита обладают замечательной способностью гидролизовать один ион хлора, причем на его место становится молекула воды и получаются соли состава $\text{Me}_2[\text{IrCl}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}]$. Казалось бы, этот процесс гидролиза не должен зависеть от природы металла, присоединенного к отрицательному иону соли. Между тем до сих пор не удавалось выделить натриевую соль— $\text{Na}_2 [\text{IrCl}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}]$. Н. К. Пшеницын эту соль изолировал, показав, таким образом, что процесс гидролиза мало зависит от катиона соли. Далее, оказалось, что у иридия наблюдается какая-то особая склонность к образованию моноаквосолей; так, было показано, что и соединения триаминового типа, открытые Н. К. Пшеницыным и С. Е. Красиковым, тоже переходят в аквосоли по реакции:



Геометрическое строение этой аквосоли триамина пока точно неопределено, но Н. К. Пшеницыным показано на примере существования двух изомерных триаминов этиламина состава $[(\text{Et})_3 \text{IrCl}_3]$, что геометрическая изомерия у этого типа соединений вполне возможна.

С несколько другой теоретической установкой исследует соединение иридия В. В. Лебединский; он стремится установить аналогии между типами иридиевых соединений и типами соединений другого элемента, с которым он и ведет главную работу—родия. Несколько времени назад В. В. Лебединским было показано, что для родия возможно довольно легко получить соединения моноаминового типа, формулы $\text{Me} [\text{NH}_3 \text{RhCl}_5]$. Этот тип соединений до работы В. В. Лебединского был известен только у платины, где он был открыт Косса. Существование солей этого типа для родия В. В. Лебединским было доказано достаточно убедительно, так как были получены соли моноамина родия у следующих катионов: NH_4 , K , Rb , Cs и $[(\text{NH}_3)_4 \text{Pt}]$. Оказалось, что иридий по отношению к аммиаку ведет себя совершенно аналогично родию, образуя с теми же катионами соли совершенно сходного состава $\text{Me}_2 [\text{NH}_3 \text{IrCl}_5]$. Развивая достигнутый

успех, В. В. Лебединский показал, что такого же типа соединения получают и при действии ацетонитрила на хлорид родия; им получены соли состава $\text{Me}_2 [\text{CH}_3 \text{CN Rh Cl}_5] + \text{H}_2\text{O}$ со следующими катионами NH_4 , Rb , Cs , Ag и безводная соль состава $[(\text{NH}_3)_4 \text{Pt}][\text{Rh CH}_3 \text{CNCl}_5]$. С иридием получились совершенно тождественные результаты, состав солей оказался тем же самым вплоть до наличия молекулы кристаллизационной воды у аммонийных, рубидиевых и цезиевых солей и отсутствия ее у соли $[(\text{NH}_3)_4 \text{Pt}] [\text{CH}_3 \text{CN Ir Cl}_5]$.

Тиомочевинные соединения родия и иридия по составу и свойствам тоже показывают поразительное сходство, но вместе с тем они сильно отличаются от аммиачных. Пока В. В. Лебединскому не удалось получить моно- и диаминовых соединений тиомочевин. При взаимодействии с солями родия и иридия сразу во внутреннюю сферу вступают три тиомочевинны, и получают соединения состава $[(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)_3 \text{Rh Cl}_3]$ и $[(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)_3 \text{IrCl}_3]$. При более энергичном воздействии во внутреннюю сферу входят еще две молекулы тиомочевинны, и получают пентамины состава $\{ [\text{CS}(\text{NH}_2)_2]_5 \text{Me Cl} \} \text{X}_2$, причем для родия и для иридия выделены хлориды и оксалаты этих оснований, а только для иридия — еще и хлороплатинит и перхлорат. Тиомочевина способна вытеснить целиком все заместители из внутренней сферы родия и иридия и образовать гексамины. Для иридия выделен хлорид, а для родия хлоронитрат этого гексамина. Стоит отметить также, что в последнее время В. В. Лебединскому удалось показать, что иридий так же, как и родий, способен давать соединения с диметилглиоксимом, повидимому, аналогичные родиевым, но работа еще не закончена.

При взаимодействии пиридина с комплексными нитратами родия моноаминов не получается, а реакция сразу идет до образования диамина, из солей которого выделены: $\text{NH}_4 [\text{Rh}(\text{Py})_2 (\text{NO}_2)_4] 1,5 \text{H}_2\text{O}$; $[(\text{NH}_3)_4 \text{Pt}] [\text{Rh}(\text{Py})_2 (\text{NO}_2)_4]_2$ и $\text{CNH}(\text{NH}_2)_2 \text{H}[(\text{Py})_2 \text{Rh}(\text{NO}_2)_4]$. Затем получается триамин $[(\text{Py})_3 \text{Rh} (\text{NO}_2)_3]$, этим дело и ограничивается, хотя для хлоридов родия известны и тетрапиридиновые производные родия. Подобный же триамин получен и для аммиака, который дал соединения $[(\text{NH}_3)_3 \text{Rh} (\text{NO}_2)_3]$ и $[(\text{NH}_3)_3 \text{Rh Cl}_3]$, несмотря на их простоту до сих пор не полученные.

Помимо установления аналогий между соединениями иридия и родия, из работ В. В. Лебединского получают следующие любопытные выводы. При сравнении типов соединений становится ясным, что некоторые амины имеют тенденцию давать нечетное число при вступлении во внутреннюю сферу. Так, аммиак легко дает моноамины, триамины тоже получают, затем очень доступны пентамины, а диамины до сих пор не выделены, тетрамины и гексамины получают трудно. То же самое наблюдается у тиомочевинны;

она, правда, дает гексамин, но соединения с двумя и четырьмя тиомочевинами почему-то не встречаются в перечне тиомочевинных соединений. Пиридин, наоборот, очень легко дает диамины и тетрамины, не образуя пентаминов и моноаминов (пиридиновый триамин содержит в своем составе нитрогруппу). Если нет абсолютного запрета к существованию определенного типа соединений для данного амина, то во всяком случае есть тенденция к такому запрету. В чем здесь дело, пока не ясно, тем более, что геометрическое строение родиевых соединений еще не определено. Определение геометрического строения этих соединений представляет трудную, но благодарную задачу будущего.

Другие элементы VIII группы: осмий и рутений, пока в институте в отношении их комплексных соединений вплотную не исследовались. Переходя к работам по аффинажу, приведу сначала результаты одной работы, лежащей в области, промежуточной между чисто аффинажными и теоретическими проблемами. Я имею в виду кандидатскую работу В. Н. Широковой, выполненную под моим руководством на тему о восстановлении хлороиридата аммония в хлороиридит сахарами. В результате этого исследования оказалось, что альдо сахар—глюкоза, при прочих равных условиях, восстанавливает хлороиридат в хлороиридит гораздо медленней, чем фруктоза-кетосахар. Напомню, что в щелочном растворе дело обстоит как раз наоборот—фруктоза совсем не восстанавливает, а глюкоза способна восстановить серебро из его солей до металла. В. Н. Широкова количественно исследовала процесс восстановления хлороиридата в кислом растворе. Оказалось, что имеется некоторый порог кислотности, при котором у сахаров происходит обращение восстановительных свойств сахаров—фруктоза делается восстановителем, а глюкоза теряет свои восстановительные свойства. При дальнейшем увеличении кислотности средняя скорость восстановления как глюкозой, так и фруктозой увеличивается, но кривые увеличения скорости идут почти параллельно. Интересно, что при неизменной кислотности скорость реакции восстановления сахарами не меняется от разбавления и достаточно строго подчиняется мономолекулярному закону. При изменении отношения молекулярных концентраций сахара и хлороиридата скорость восстановления изменяется по закону бимолекулярной реакции. Был определен также температурный коэффициент реакции, оказавшийся положительным и довольно высоким (5,8 для интервала от 343—333° абс. темп.). Окисление сахаров, повидимому не доходит до углекислоты, а, вероятно, получают кислоты, содержащие больше чем два атома углерода в молекуле.

Начиная с 1922 г., была организована Н. С. Курна-

ковым аффинажная комиссия, которая все время находилась в деловой связи с Уральским аффинажным заводом. Несомненно, что без помощи Платинового института задача освобождения от иностранной зависимости вряд ли была разрешена так скоро и успешно. До Октябрьской революции большинство платиновых приисков находилось во владении иностранцев, которые, понятно, не были заинтересованы в создании русской аффинажной промышленности; возникло совершенно нетерпимое положение вещей: сырая платина (платиновая руда, содержащая от 60 до 80% платины) вывозилась за границу, там из нее получались чистые платиновые металлы, которые затем по очень высоким ценам продавались обратно в Россию. Ясно, что нужно было создать собственную промышленность получения чистых металлов. Сильное осложнение в создании этой промышленности вносил обычай, издавна укоренившийся в области очистки платиновых металлов, — ничего не публиковать и все держать в секрете. В конце концов, удалось поставить аффинаж платиновых металлов в СССР своими силами, без всякой помощи иностранцев и без покупки единого патента. В настоящее время разработаны способы очистки всех платиновых металлов до любой степени чистоты. А эта чистота и для обычных торговых продуктов достаточно высока: примеси посторонних металлов обычно выражаются теперь порядком сотых процента. Но мало еще уметь получать платиновые металлы чистыми, нужно чтобы методика и аппаратура были просты и число химических операций сведено до минимума, так как всякая лишняя операция ведет к потерям металла, а весь аффинаж должен быть произведен без потерь и металлы должны быть выделены количественно. С 1922 по 1935 г. Платиновый институт внес 17 аффинажных предложений. Привожу их список в хронологическом порядке.

1. Метод выделения палладия и золота из маточных растворов (В. В. Лебединский).
2. Метод разделения на отдельные фракции металлов, находящихся в растворе после выделения платины (В. В. Лебединский, Н. К. Шеницын и С. Е. Красиков).
3. Метод получения металлического осмия из осмиевой кислоты (Н. И. Черняев).
4. Метод развески осмиевой кислоты (Н. И. Черняев и С. Е. Красиков).
5. Метод получения чистого иридия (Н. К. Шеницын).
6. Метод получения чистого родия (В. В. Лебединский).
7. Метод получения чистого осмия (Н. И. Черняев и С. Е. Красиков).
8. Метод получения терморварной платины (Н. И. Подкопаев и М. И. Пивоварова).
9. Метод перевода пентаминовой соли родия в растворимое состояние (В. В. Лебединский).
10. Метод получения чистого рутения (Н. И. Черняев и С. Е. Красиков).
11. Метод получения чистой платины (Н. И. Черняев).
12. Метод получения спектроскопически чистой платины (Н. И. Черняев).
13. Новый метод получения чистого родия (В. В. Лебединский).
14. Метод непрерывного аффинажа платиновых металлов (Аффинажная комиссия).
15. Метод электролитического растворения шихтовой платины (О. Е. Звягинцев).
16. Метод перевода сульфидов в растворимое состояние

(Н. К. Шпеницын и С. Е. Красиков). 17. Метод выделения чистых платины, палладия, родия и иридия из растворов, полученных электролизом шлиховой платины.

Разумеется, список работ не является исчерпывающим и в нем приведены только главнейшие работы, выполненные институтом. Многие из этих предложений уже прочно вошло в практику аффинажа, например, метод получения родия (в настоящее время весь советский родий получается по способу В. В. Лебединского), рутения и иридия. Другие предложения лишь постепенно внедряются в заводскую практику. Нет никакого сомнения, что через некоторое время весь процесс аффинажа будет основан уже целиком на методах, разработанных в институте, так как многие из этих методов являются оригинальными научными работами, а значит, и сами методы имеют под собой основательный фундамент.

Вопросы анализа платиновых металлов тоже разрабатывались аналитической комиссией (председатель Б. Г. Карпов) достаточно интенсивно. Работы велись как в области анализов сырья (шлиховой платины), так и в области продуктов и полупродуктов производства. Аналитическая комиссия дала несколько способов анализа шлиховой платины, представляющих варианты в смысле полноты и точности определений, так как иногда нужно иметь быстрые, но не слишком точные способы анализа, а иногда быстрота анализа не играет роли, но зато существенную роль играет точность. Я уже упоминал, что родий представляет чрезвычайно близкую химическую аналогию с трехвалентным иридием. Эта аналогия чрезвычайно затрудняет аналитическое разделение родия от иридия; А. А. Гринберг и Б. В. Птицын разработали метод потенциометрического титрования иридия, приводящий к определению иридия в присутствии других металлов. Метод этот оказался пригодным и для пары иридий — родий. Но практика предъявляет очень повышенные требования к анализу именно на этом участке, и, вероятно, вопрос определения родия в присутствии иридия еще долго будет подвергаться разработке.

Технически важным является также и вопрос об определении малых количеств иридия в платине, так как именно этот металл составляет главную примесь к продажной платине: благодаря каломельному методу Б. Г. Карпова, разработанному им совместно с А. Н. Федоровой, вопрос этот можно считать разрешенным. Не имея возможности подробно останавливаться на остальных методах, скажу только, что разработка методов анализа охватила практически все металлы платиновой группы, как это можно видеть из списка работ аналитической комиссии.

1. Новый метод разделения платины и иридия (Б. Г. Карпов).
2. Быстрое определение палладия в платине (О. Е. Звягинцев).
3. Об анализах иридия (О. Е. Звягинцев).
4. Метод разделения иридия от родия сплавлением с висмутом (Б. Г. Карпов).
5. Определение осмия в различных его соединениях (Э. Х. Фрицман).
6. Определение небольших количеств иридия в хлороплатинатах (И. И. Черняев).
7. Метод быстрого анализа шлиховой платины.
8. Метод анализа шлиховой платины с определенным одним благородных металлов (Аналитическая комиссия).
9. Метод анализа шлиховой платины с определением меди и железа (Аналитическая комиссия).
10. Метод полного анализа шлиховой платины (Аналитическая комиссия).
11. Метод полного анализа шлиховой платины (Аналитическая комиссия).
12. Новый метод разделения иридия и платины (Б. Г. Карпов и А. Н. Федорова).
13. Анализ металлического родия (Б. Г. Карпов).
14. Определение рутения (И. И. Черняев и С. Е. Красиков).
15. Опробование на платину, иридий и родий слитков с высоким содержанием платины.
16. Инструкция по приему шлиховой платины (Аналитическая комиссия).
17. О титровании соединений двухвалентной платины перманганатом (А. А. Гринберг и Б. В. Птицын).
18. К вопросу об аналитическом разделении иридия и родия (Б. Г. Карпов и А. Н. Федорова).
19. Потенциометрическое титрование платины и иридия (А. А. Гринберг и Б. В. Птицын).
20. Анализ аффинированного осмия (Б. Г. Карпов, С. Е. Красиков и А. Н. Федорова).
21. Анализ плавленной платины (Б. Г. Карпов и А. Н. Федорова).
22. Потенциометрическое определение иридия в присутствии других металлов (А. А. Гринберг и Н. М. Козыр).
23. Определение родия при помощи иодистого калия (В. В. Лебединского).
24. Отделение родия от меди (О. Е. Звягинцев).
25. Колориметрический метод определения рутения (О. Е. Звягинцев).

В тесной связи с работами аналитического характера находятся ведущиеся О. Е. Звягинцевым работы по изучению природных соединений платиновых металлов. В этих работах трудно отделить их практическую сторону от теоретической. Во-первых, эти соединения являются промышленным сырьем, и очень важно выяснить количество их для определения наших ресурсов по благородным металлам. Знание их химической природы может сильно облегчить задачу промышленного использования этих соединений. Во-вторых, изучение их состава важно для понимания структуры, пирогенезиса и генезиса, т. е. имеет геохимическое значение, и одновременно с их исследованием связан ряд вопросов по теории сплавов. О. Е. Звягинцевым при изучении концентрированных руд открыт новый минерал (ауросмирид), содержащий осмий, иридий, рутений и золото, обладающий кубической решеткой иридия. Природа этого минерала по химическому составу близка к осмистому иридию, но от последнего он отличается структурой своей решетки. По данным О. Е. Звягинцева осмистый иридий является веществом переменного состава с гексагональной решеткой осмия; такое строение имеют образчики осмистого иридия, полученные из различных районов в СССР. Установлено, что осмистый иридий встречается на Северном Кавказе.

Кроме этого концентрированного платинового сырья, О. Е. Звягинцев изучал нахождение платиновых металлов в природе в рассеянном состоянии. Были произведены определения содержания металлов платиновой группы в полиметаллических и медных рудах различных промышленных месторождений СССР. Установлено присутствие в них платины, а в некоторых и палладия. Определения производились спектроскопическим путем. Изучалась связь платины с отдельными минералами, составляющими руду, и выяснены процессы, приводящие к ассоциации платины с галенитом и другими минералами. Прделано, по соглашению с трестом Североникель, опробование никелевых руд ряда месторождений Монча-Тундры и установлено в них промышленное содержание палладия и платины. Намечены работы, позволяющие исследовать в этих же направлениях и минералы группы самородного золота.

Будущие задачи исследования ясны: во-первых, дальнейшая разработка теории комплексных соединений, во-вторых, разрешение проблемы аффинажа, анализа и геологии платиновых металлов. Несомненно, уже в не столь отдаленном будущем найдутся новые источники благородных металлов, которые дадут промышленное сырье для аффинажа, имеющее состав, совершенно отличный от той шлиховой платины, с которой мы имели дело до сих пор. В предвидении этого уже следует начинать работы, которые позволят поставить рациональный аффинаж сырья любого состава.
