

Стратегия развития

УДК 669.054.8

Автомобильные катализаторы — основной резерв отечественного и мирового производства вторичных металлов — платиноидов

© 2013 г. А.В. Алексахин, А.С. Кириченко*

Использование металлов-платиноидов в технике неуклонно растет, мировое производство первичных металлов не способно покрыть все потребности мирового рынка. Поэтому вопросы, связанные с реализацией программ по рециклингу платиноидов и применению более совершенных технологий переработки, обеспечивающих минимальные потери, приобретают первостепенное значение [1].

В последние годы произошло истощение ряда основных месторождений в Южной Африке, а также падение продаж металлов платиновой группы из запасов Гохрана России, в значительной мере покрывавших дефицит спроса и предложения, что обострило проблемы на мировом рынке платиноидов.

Позитивным аспектом является только то, что металлы-платиноиды, как и все прочие драгоценные металлы, способны подвергаться многократному рециклингу без потерь качества, т.е. вторичный металл по своим свойствам практически не уступает первичному.

Платина. Из-за ограниченных ресурсов на мировом рынке потребление платины, как первичной, так и вторичной, в последние годы стабилизировалось и в 2012 г. составило 250,2 т. При этом производство вторичной платины достигло 63,1 т. Структура мирового потребления приведена на **рис. 1**.

Необходимо отметить, что при рециклинге части автомобильных катализаторов, а также катализаторов нефтехимической промышленности вторичное сырье перерабатывается преимущественно в соли платиноидов, которые используются непосредственно в технологических процессах изготовления новых платиноидосодержащих катализаторов. На **рис. 2** приведены данные по производству вторичной платины в 2012 г. Приводимые данные физических объемов пересчитаны на чистый металл.

* Алексахин А.В. — канд. экон. наук, доц. каф. прикладной экономики НИТУ «МИСиС».

Кириченко А.С. — младший научный сотр. центра ферросплавов и техногенного сырья ГНЦ РФ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина».

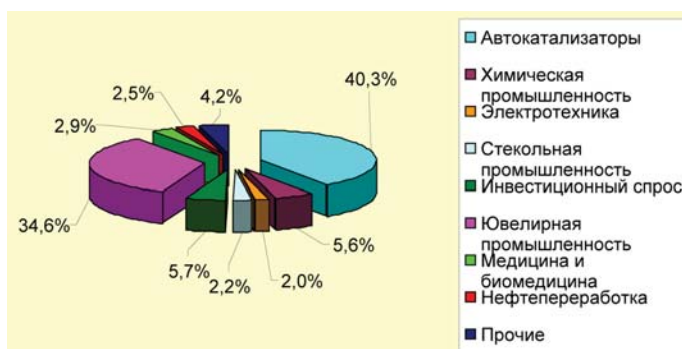


Рис. 1. Структура мирового рынка потребления платины в 2012 г.

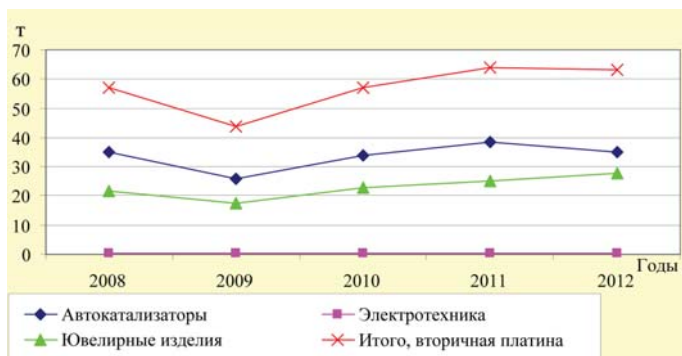


Рис. 2. Извлечение вторичной платины в мире по отраслям промышленности

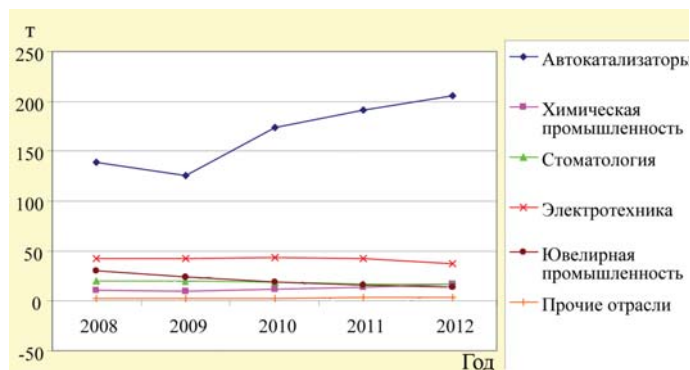


Рис. 3. Динамика мирового потребления палладия по отраслям

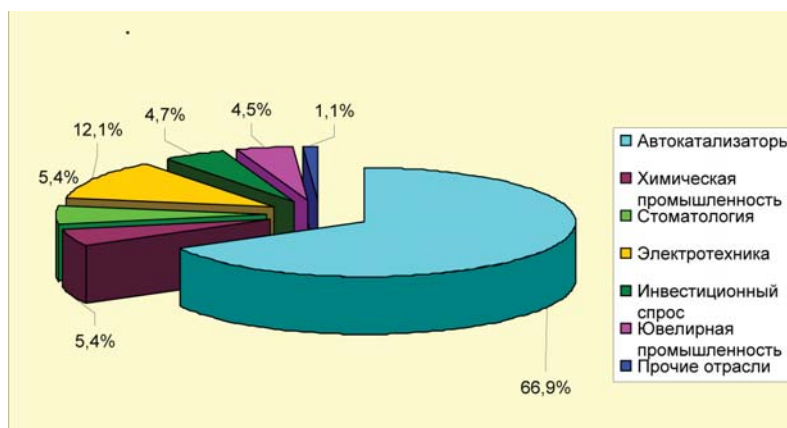


Рис. 4. Структура мирового потребления палладия в 2012 году

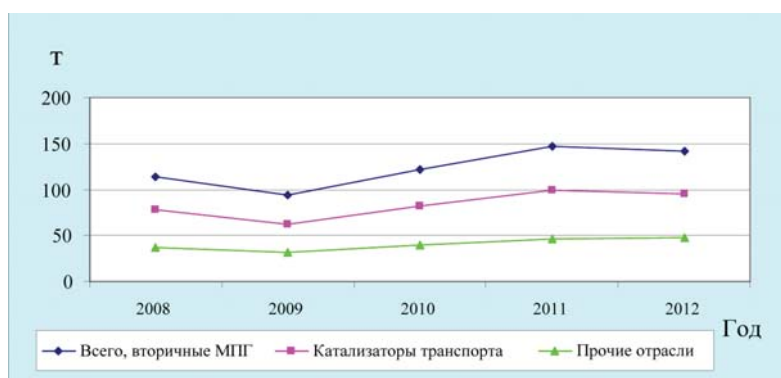


Рис. 5. Динамика мирового производства вторичных платиноидов

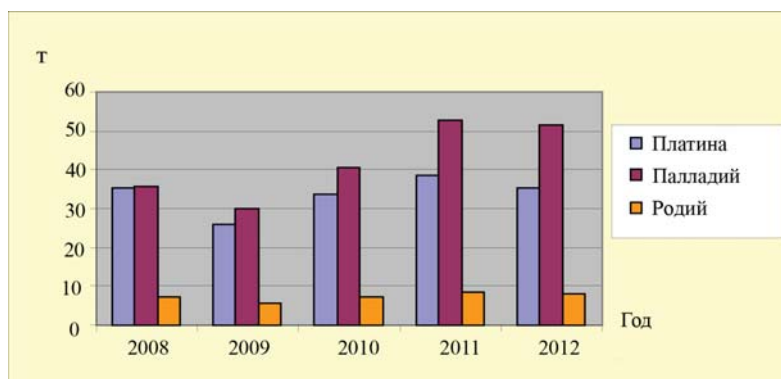


Рис. 6. Мировое производство вторичных МПГ из катализаторов

Палладий. Мировой баланс производства и потребления палладия в последние годы отрицательный. Дефицит рынка покрывался за счет запасов Гохрана России. В 1995–2000 гг. российские поставки достигли 70 % мировых продаж палладия, а если говорить о розничном рынке, то

российский металл буквально доминировал на мировом рынке.

Спрос на палладий в мире за 2012 г. вырос на 15,6 % (рис. 3). При этом по сравнению с 2011 г. Гохран России снизил поставки палладия на мировой рынок в 3 раза, до 7,8 т (250,8 тыс. унций). Это оказало значительное влияние на ситуацию по палладию – в 2012 г. предложение металла на мировом рынке сократилось на 11 %, до 203,6 т, в том числе из России – на 17,2 %, до 89,6 т.

Платино-палладиевые руды добываются только в ЮАР. В остальных странах добыча палладия является сопутствующей, в России – при разработке медно-никелевых руд. В рудах Норильска обнаружена жила палладистой платины.

Содержание палладия в руде российских месторождений ОАО «ГМК «Норильский никель» сокращается уже в течение нескольких лет. Отраслевая структура потребления палладия показана на рис. 4 [2].

В 2012 г. в мире было выработано 70,9 т вторичного палладия, что несколько меньше, чем в 2011 г. (74,2 т), из-за падения продаж автомобилей в Европе. Однако в целом производство вторичного палладия имеет положительную динамику. При этом производство вторичного палладия из автокатализаторов растет по мере расширения его использования в данной сфере и в 2012 г. достигло 46,8 т.

Родий – крайне редкий и дорогой металл палладиевой группы. В среднем его цена в 1,3–2 раза превышает стоимость платины. Производство первичного родия в 2012 г. уменьшилось на 6,7 % до 22,5 т. Среди стран – крупнейших мировых производителей – можно выделить Южную Африку (18 т), и Россию (2,8 т), что в общей сумме мирового производства составляет более 95 %. Основная его часть (98 %) расходуется в производстве автомобильных катализаторов, т.к. добавка родия в платино-палладиевый сплав существенно улучшает его каталитические свойства. За последние годы общая потребность в родии выросла в 10–13 раз.

Структура источников вторичных (МПГ) по отраслям, т					
Вид вторичного сырья	Период, г.				
	2008	2009	2010	2011	2012
Всего вторичные МПГ	114,2	94	121,9	146,8	142,1
Катализаторы транспорта	77,7	61,6	81,9	99,9	94,8
Прочие отрасли	36,5	32,4	40	46,9	47,3
Доля катализаторов в общем объеме вторичных МПГ, %	68,0	65,5	67,2	68,1	66,7

Вторичный родий вырабатывается преимущественно из катализаторов, мировой объем переработки которых в 2012 г. составил 8,1 т.

В целом динамика мирового производства вторичных металлов платиновой группы (МПГ) приведена на **рис. 5**. Структура источников вторичных (МПГ) по отраслям в 2008 – 2012 гг. приведена в **таблице**.

В целом производство вторичных платиноидов неуклонно возрастает благодаря преимущественно развитию переработки автомобильных катализаторов, составляющих 67–68 % от общего объема исходного сырья (**рис. 6**).

Автокатализаторы предназначены для очистки выхлопных газов и являются обязательным устройством для автомобилей всех современных марок. В процессе своей работы катализаторы загрязняются различными примесями, содержащимися в топливе, теряют свою каталитическую активность и, соответственно, требуют замены каждые 80000–100000 км пробега. В среднем в катализаторе современного легкового автомобиля содержится 1–5 г МПГ, а количество ежегодно утилизируемых автомобилей в мире достигает 40 млн шт. [3].

В России ранее не было жестких экологических требований, и эксплуатация автомобилей была допустима без катализаторов, при этом экологические требования выполнялись при хорошей регулировке двигателя до нормативных параметров [4]. На транспорте катализаторы устанавливали преимущественно на спецтехнику, работающую в закрытых помещениях [5]. При вступлении России в ВТО были приняты обязательства по постепенному сближению экологических норм стран ЕС и Российской Федерации, в частности по повышению экологического класса автотранспорта и производимого топлива. С 1 января 2013 г. полностью запрещен ввоз в страну по импорту автотранспорта экологического класса ниже ЕВРО-4. Осуществляется переход промышленности на выпуск новых моделей автомобилей, как легковых, так и грузовых, не ниже 4-го экологического класса. Достижение таких параметров уже невозможно без установки катализатора выхлопных газов [6].

По темпам роста автопарк России в числе мировых лидеров. По данным Госавтоинспекции РФ, по состоянию на 1 января 2012 г. он составил более 41 млн автомобилей. Объем автомобилей, требующих утилизации, уже в 2013 г. может составить 1,5 млн единиц, а к 2015 г. возрасти до 2,5 млн/г. [7].

Развертывание индустрии переработки автокатализаторов в стране способно уже в ближайшие годы возвращать в оборот до 5 т вторичных МПГ в год, что в денежном выражении определяет значимость источника дохода для российской экономики в 250 млн долл/г. [7].

Ниже более детально рассмотрена ситуация по основным МПГ. Исходя из каталитической способности степень их использования различна в зависимости от вида двигателя. Это обусловлено тем, что в зависимости от конструкции двигателя в нем

используется бензин или дизельное топливо и создаются иные термодинамические условия работы. В результате химические реакции горения и состав газов выхлопа в них несколько отличны.

В бензиновых двигателях, характерным отличием которых является воспламенение рабочей смеси в цилиндре от искры, создаваемой системой зажигания, сейчас применяются катализаторы тройного действия. В этих устройствах на платиновых или палладиевых катализаторах происходит одновременное окисление угарного газа CO и углеводородов CH до воды и углекислого газа, а на родиевом покрытии – восстановление оксидов азота (NOx) до свободного азота. Реакции проходят на горячем катализаторе в строго определенном диапазоне рабочих температур и при соотношении воздух/топливо в составе рабочей смеси 14,7:1. Для бензинового двигателя экологический эффект во многом зависит от качества системы регулирования состава горючей смеси, от числа оборотов и нагрузки [4].

Термодинамический цикл дизельных двигателей с воспламенением рабочей смеси в цилиндре от сжатия обладает большей энергоэффективностью и экологичностью. Однако условия самовоспламенения рабочей смеси в цилиндре налагают дополнительные жесткие требования в части состава смеси, степени сжатия и суживают возможности регулирования. Для дизельных двигателей нет единой общепринятой системы нейтрализации выхлопных газов для всех мощностей. Первоначально преимущественное развитие имели платиновые дизельные катализаторы окисления, однако по мере улучшения каталитической технологии и качества дизельного топлива производители смогли для снижения стоимости катализаторов заменить часть платины на палладий. Платино-палладиевые катализаторы считаются сегодня оптимальными по критерию «цена-качество» для дизельных двигателей малой и средней мощности, и ими сейчас оснащают большую часть легкового дизельного автотранспорта, микроавтобусы и даже легкие грузовики снаряженной массой менее 3,5 т [3].

Многие годы к группе грузовых дизельных автомобилей не предъявлялись жесткие требования по установке катализаторов, и производители ограничивались применением сажевых фильтров и других мер повышения экологичности выхлопа, например особой системы рециркуляции отработавших газов. Однако после 2010 г. в развитых странах стали вводить нормы ЕВРО-4 и выше, достижимые только при применении платиноидосодержащих катализаторов выхлопа. Сегодня мировые автопроизводители активно работают над тем, чтобы сделать выхлоп и тяжелых автодизелей чище. Так, фирма *DaimlerChrysler* разработала систему SCR (*Selective Catalytic Reduction* – селективный каталитический преобразователь). Принцип действия системы SCR заключается во взаимодействии аммиака с оксидами азота выхлопных газов, в результате этой реакции образуются безвредный азот и водяной пар. При этом в выхлопном тракте дизельных автомо-

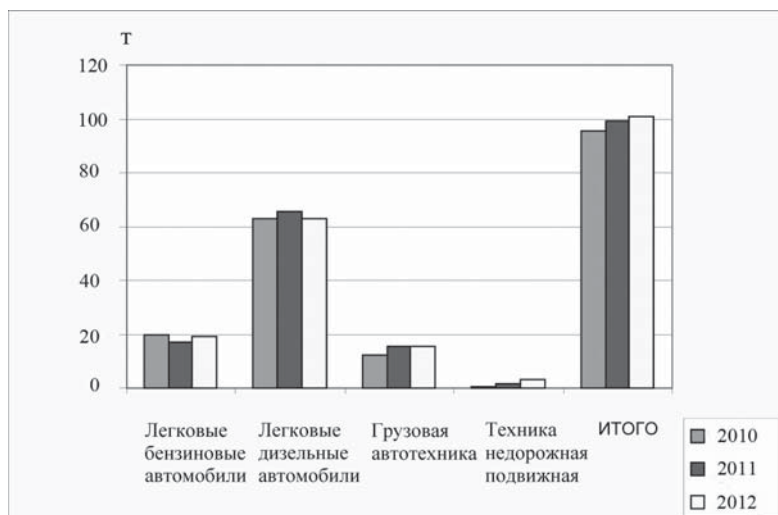


Рис. 7. Потребление в катализаторах платины

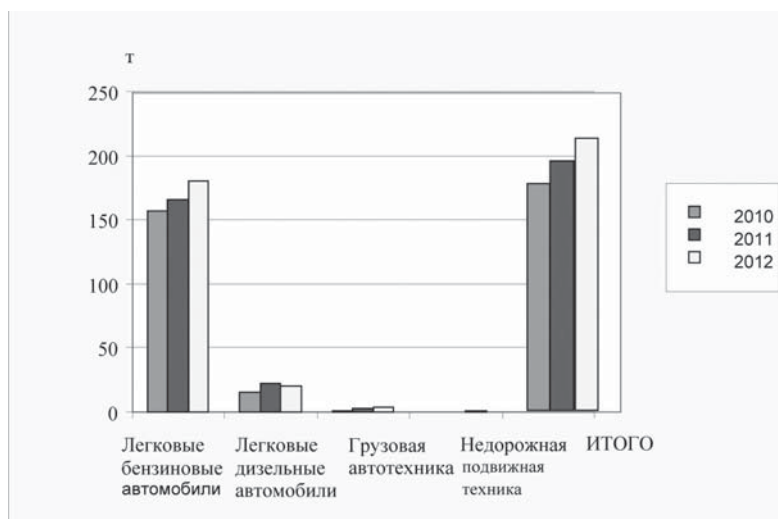


Рис. 8. Потребление в катализаторах палладия



Рис. 9. Динамика потребления родия по отраслям

билей с SCR дополнительно устанавливают содержащий платину катализатор проскока аммиака (КПА) для окисления избыточного аммиака с образованием азота и воды.

По отмеченным объективным причинам автотранспортные системы катализации выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) разделяются на 3 большие группы – для легковых бензиновых, легковых дизельных и автодизелей большой мощности. В соответствии с этими группами осуществляется первичный сбор и формирование партий отработанных катализаторов [7]. Ибо для их переработки разработан ряд технологических процессов, каждый из которых предпочтителен для определенных концентраций МПГ и их сочетаний [8, 9].

Ниже приведены данные распределения годового потребления платины (рис. 7) и палладия (рис. 8) в катализаторах подвижной техники (включая строительную, сельскохозяйственную и подъемно-транспортное оборудование). Для платины это: 63% – легковые дизельные автомобили; 19% – легковые бензиновые автомобили; 15% – грузовая автотехника; 3% – дорожная подвижная техника. Аналогичное распределение по палладию составит: 87,8% – бензиновые двигатели; 10,1% – дизельные двигатели легковых автомобилей; 1,8% – дизельные двигатели грузовой техники и 0,3% – дорожная подвижная техника (экологические нормы в отношении которой только начали вводиться).

Вторичный родий извлекается преимущественно из катализаторов автомобилей с бензиновыми двигателями. Производство этого металла из лома изделий других отраслей весьма ограничено (рис. 9). Родий, потребляемый стекольной промышленностью, практически полностью теряется. Поэтому предпринимаются активные шаги по сокращению его применения в технологиях изготовления специальных стекол.

Заключение

1. Ввиду значительного истощения мировых запасов первичного сырья металлов – платиноидов, а также роста потребности со стороны автопроизводителей дальнейшего устойчивого развития транспортного машиностроения зависит от рециклинга металлов платиновой группы и применения прогрессивных процессов с высокой степенью извлечения этих металлов.

2. Отработавшие платиноидсодержащие автомобильные катализаторы являются основным резервом дальнейшего роста производства вторичных платиноидов как в мире, так и в России, что обусловлено все возрастающими экологическими требованиями к составу выхлопных газов автотранспорта и расширением сферы массового применения катализаторов на другие виды транспорта. Целесообразно развертывание системы сбора, сортировки и первичной подготовки к переработке автокатализаторов на базе существующих пунктов приема лома цветных металлов, а также создание специализированных производств по их рециклингу на базе передовых отечественных и зарубежных технологий.

3. Развертывание индустрии переработки автокатализаторов в стране способно уже в ближайшие годы возвращать в оборот до 5 т вторичных МПГ в год, что в денежном выражении определяет значимость источника дохода для российской экономики в 250 млн долл/г.

Библиографический список

1. Костыгова Л.А., Алексахин А.В., Гришина О.О. Анализ состояния и перспективы развития рынка платиноидов // Экономика в промышленности. 2010. № 2. С. 57–59.
2. Мировой спрос на палладий за год вырос на 15,6 % // Металлургический бюллетень. 2013. № 6. С. 9.
3. Гагарский Э.А., Кириченко С.А., Кириченко А.С. Снижение выбросов двигателей внутреннего сгора-

ния транспорта и повышение требований к катализаторам выхлопных газов и их рециклингу // Транспорт: наука, техника, управление. 2013. № 7. С. 22–25.

4. Стопорева Т.А., Грабовская Н.Н., Унгефук А.А., Павлова Ю.В. Уровни вредных выбросов транспортных дизелей // Ползуновский вестник. 2009. № 1–2. С. 88–92.

5. Гагарский Э.А., Кириченко С.А. Автопаромно-пассажирские морские перевозки на Балтике // Бюллетень транспортной информации. 2009. № 7. С. 3–7.

6. Гагарский Э.А., Кириченко А.С. Ужесточение экологических требований к автомобильным катализаторам и их утилизации // Бюллетень транспортной информации. 2013. № 4.

7. Кириченко А.С. Актуальные проблемы рециклинга автомобильных катализаторов // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 3. С. 43–43.

8. Щипачев В.А. Эффективное извлечение и очистка некоторых металлов платиновой группы из ломов и отходов // Рециклинг отходов. 2008. № 6. С. 22–23.

9. Серегин А.Н., Ермолов В.М., Степанян А.С., Арсентьев В.А. Технологии и комплексы оборудования для переработки металлосодержащих отходов с выделением товарной металлопродукции // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2010. № 1. С. 35–40.

10. Темеров С.А., Ефимов В.Н. Способ переработки катализаторов, содержащих платиновые металлы и рений на носителях из оксида алюминия // Патент России № 2306347. 2005.

УДК 338:669

Анализ текущей ситуации мирового производства и использования РЗМ

© 2013 г. А.С. Вернигора*

Анализ рынка РЗМ

Переход любой промышленности к инновационной модели развития и решение задач, связанных с обеспечением национальной безопасности, требуют интенсивного использования высокотехнологичных материалов, в состав которых зачастую входят редкоземельные металлы (далее – РЗМ) **.

* Вернигора А.С. – аспирант кафедры прикладной экономики института ЭУПП НИТУ «МИСиС», финансовый аналитик ОАО «ВНИИХТ».

** РЗМ – группа из 17 металлов, включающая скандий, иттрий, лантан и 14 лантаноидов.

По меткому выражению академика А.Е. Ферсмана, РЗМ являются «витаминами промышленности» и ее важным стратегическим потенциалом. Мировые запасы и сырьевые ресурсы РЗМ значительны. Только за последние 15 лет подтвержденные запасы в зарубежных странах увеличились почти в 3 раза за счет месторождений Китая, США и Австралии. Сейчас суммарные запасы РЗМ превышают 130 млн т [1]. Наиболее крупными запасами РЗМ обладает Китай, его доля составляет около 47 % (рис. 1). Здесь же находится самое крупное в мире месторождение РЗМ – Баюн-Обо. Кроме того, в Китае имеются разнообразные по составу и содержанию руды. Относительно высокими запасами РЗМ обладают СНГ (16 %) и США (11 %).