

ПЛАНИРОВАНИЕ СБЫТА МЕТАЛЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ: СЕГМЕНТАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ

Илья Алексеевич СТЕПАНОВ

аспирант кафедры финансового менеджмента,
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
Москва, Российская Федерация
stepanovilya13@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8507-5401>
SPIN-код: 4765-6710

История статьи:

Рег. № 271/2024
Получена 18.04.2024
Получена в
доработанном виде
11.05.2024
Одобрена 03.06.2024
Доступна онлайн
28.06.2024

Специальность: 5.2.3

УДК 339.187
JEL: L1, L61

Ключевые слова: сбыт,
планирование,
оптимизация, платина,
палладий

Аннотация

Предмет. Сбыт металлов платиновой группы на примере российской горно-металлургической компании в условиях тарифных барьеров на некоторых ключевых рынках и ужесточившейся конкуренции. Из шести металлов группы фокус работы направлен на сбыт палладия, платины и родия – трех основных металлов, на которые приходится более 96% рынка всех металлов группы в стоимостном выражении.

Цели. Разработка комплекса методов, позволяющих обеспечить реализацию производимых компанией металлов платиновой группы в полном объеме и достичь максимизации прибыли от их реализации в условиях, когда на одной части рынков вводятся импортные пошлины, дискриминирующие металлы российского происхождения, а на другой части вследствие перераспределения товарных потоков усиливается борьба между поставщиками за потребителей.

Методология. Применялись методы логического, статистического анализа, метод оптимизации.

Результаты. Сформулирована методика сбыта российских металлов платиновой группы на беспошлинных рынках Европы, Китая, Японии и стран остального мира. Построена помесечная оптимизационная модель, позволяющая рассчитать величину дисконта для реализации платины, палладия и родия в полном объеме. На основе еженедельных данных биржевой статистики выполнен расчет коэффициентов эластичности на палладий и платину, а также сформулирована и обоснована гипотеза о значении коэффициента эластичности на родий. Для имплементации результатов моделирования в методику сбыта металлов платиновой группы выполнена сегментация клиентов на три группы в зависимости от целей и объемов потребления. Для российской горно-металлургической компании разработаны индивидуальные рекомендации по тактике сотрудничества и ценовой политике для каждой группы потребителей.

Выводы. Установлено, что спрос на платину и палладий эластичен по цене. В зависимости от степени рыночных изменений методика сбыта и ее инструментарий должны обеспечивать необходимую гибкость, в том числе и ценовую, исходя из оптимальности решения оперативно-тактических задач и конечного достижения финансовой устойчивости горно-металлургической компании.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2024

Для цитирования: Степанов И.А. Планирование сбыта металлов платиновой группы: сегментация и оптимизация // Экономический анализ: теория и практика. – 2024. – Т. 23, № 6. – С. 1109 – 1132.
<https://doi.org/10.24891/ea.23.6.1109>

Исторически сложилось, что около 70% мирового потребления металлов платиновой группы (МПГ) сосредоточено в нескольких странах Европы (Великобритании, Германии, Италии), США, Китае и Японии [1]. Такая высокая концентрация потребления МПГ в ряде государств главным образом обусловлена присутствием в этих странах крупных производств по серийному выпуску автомобильных катализаторов, а также развитой химической и стекольной промышленности [2].

Среди других стран мира, на которые приходится оставшееся потребление, выделяется Южная Корея, где значимый уровень потребления достигается за счет крупных производств электроники и изготовления автомобильных катализаторов [3]. В отдельные годы ощутимую роль в потреблении стран остального мира занимали Индия и ЮАР, где металлы платиновой группы применяются в ювелирной отрасли и находят инвестиционный спрос [4].

Что касается потребления в России, то оно составляет менее 1% от мирового и в основном приходится на химическую отрасль¹. При этом важно отметить, что, имея незначительную долю в мировом потреблении металлов платиновой группы, на Россию приходится около 40% первичной добычи палладия (первое место в мире), 12–15% первичной платины (второе место в мире) и 7% первичного родия (второе место в мире) [5]. Такой внушительный перекоп в сторону добычи металлов платиновой группы относительно их внутреннего применения, начиная с 1990-х гг. сформировал экспортную ориентацию российских МПГ на рынки стран с высоким уровнем потребления².

Однако с 2022 г. российские экспортеры металлов платиновой группы столкнулись с тем, что несколько важных рынков потребления металлов платиновой группы, среди которых рынок США³ и Великобритании⁴, ввели заградительные импортные пошлины в размере от 35 до 70%. Импортные пошлины затрагивают не только российские горно-металлургические компании, добывающие и поставляющие МПГ напрямую, но и компании, экспортирующие российские металлы на рынки США и Великобритании из третьих стран. Фактически высокий уровень ввозных таможенных пошлин делает экономически невозможными поставки российских металлов платиновой группы на два ключевых рынка. Если рассмотреть объемы национального потребления, то на США и Великобританию суммарно приходится до 2–2,5 млн тройских унций (Toz) палладия и 1,3–1,5 млн Toz платины [6]. Из этого следует, что российские горно-металлургические компании не могут конкурировать за 20–25% мирового потребления МПГ. Для сравнения – по данным публикуемой

¹ Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2021 году. URL: <https://gd2021.data-geo.ru/>

² Боярко Г.Ю. Место России в мировом производстве платиноидов // Горный журнал. 2002. № 2. С. 8–16.

³ A Proclamation on Increasing Duties on Certain Articles from the Russian Federation. URL: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2023/02/24/a-proclamation-on-increasing-duties-on-certain-articles-from-the-russian-federation/>

⁴ Britain to increase tariffs on Russian platinum, palladium in new sanctions. URL: <https://www.reuters.com/world/uk/britain-increase-tariffs-russian-platinum-palladium-new-sanctions-2022-05-08/>

отчетности⁵ за последнее десятилетие среднегодовое производство ПАО «ГМК «Норильский никель» составило 2,74 млн Тоz палладия и 0,664 млн Тоz платины [5]. Эти объемы производства крупнейшей горно-металлургической компании, добывающей российские МПГ, сопоставимы с объемами потребления палладия и более чем в два раза меньше объема потребления платины.

Такие дискриминационные меры в отношении российских металлов платиновой группы на некоторых региональных рынках вызывают следующие изменения конъюнктуры рынков МПГ.

На рынках стран, которые ввели импортные пошлины, из-за сократившегося объема предложения произошло снижение уровня конкуренции между продавцами. Металл российского происхождения полностью перестал поступать на такие рынки, а его место заняли африканские производители, для которых рынок США и Великобритании стал премиальным. Предложений добывающих компаний в Африке и Северной Америке достаточно, чтобы полностью удовлетворить спрос на рынках, однако покупатели оказались вынуждены приобретать металл с премией. Компании, добывающие и поставляющие нероссийские металлы, используют свое доминирующее положение и включают в контракты премию, размер которой может достигать 0,5–1,5% от биржевой цены. На *рис. 1* представлен общий вид изменения кривой предложения на рынках промышленного потребления металлов платиновой группы, где введена импортная пошлина на российский металл. На нем отражены два состояния равновесия на потребительских рынках США и Великобритании: до введения импортных пошлин (E_0) и после введения пошлин (E_T). Ситуация, которая сложилась на рынках (*рис. 1*), несколько отличается от случаев, рассматриваемых в основополагающих трудах по макроэкономике и экономической теории. Обычно доход государства от введения импортных пошлин в случае с металлами платиновой группы не возникает, поскольку поставки российских товаров полностью прекратились. По результатам введенной пошлины кривая предложения S_T стала еще более неэластичной по цене, однако объема по-прежнему достаточно, чтобы удовлетворять местных потребителей. Важно отметить, что из-за особенностей кривой спроса потребление МПГ осталось практически на том же уровне, что и до введения пошлин. Однако именно на покупателя легло дополнительное бремя в виде так называемой премии за происхождение.

На остальных рынках, где импортные пошлины отсутствуют, обострилась конкуренция между поставщиками, в том числе с применением ценовых методов борьбы за сохранение или увеличение доли присутствия. Часть объемов российских металлов платиновой группы, которые оказались вытеснены с рынков США и Великобритании, переориентировались на беспошлинные рынки, создав дополнительное давление, в том числе на цену. Покупатели на этих рынках, в особенности на китайском, понимая безальтернативность по крайней мере российской части предложения

⁵ Годовой отчет ПАО «ГМК «Норильский никель» за 2013–2022 г.
URL: <https://www.nornickel.ru/investors/reports-and-results/annual-reports/>

и получив удачную переговорную позицию, начали договариваться о дисконтах. На рис. 2 отражено изменение рыночного равновесия под влиянием динамики спроса и предложения на беспошлинных рынках. Из графика видно как изменилась кривая спроса D_0 на беспошлинных рынках под влиянием мер, принятых в отношении металлов российского происхождения на рынках США и Великобритании. В частности, изгиб зоны C_0 , который позволял добывающим компаниям в периоды дефицита включать премию в формулу ценообразования на металлы и тем самым извлекать ренту Хотеллинга (горную ренту) [7], видоизменился в более пологую зону C_N , которая отражает обострившуюся конкуренцию продавцов и рыночное доминирование, которое получили покупатели в результате этой конкуренции.

Возросшая конкуренция российских горно-металлургических компаний как с производителями африканского МПГ, так и с местными переработчиками вторичного сырья в совокупности с сокращением числа открытых для поставок рынков формирует новые вызовы по обеспечению эффективной реализации МПГ, разработке методики, состоящей из комплекса оперативно-тактических методов управления сбытом и реагирования на рыночную динамику.

Эмпирическая часть исследования проводилась на примере горно-металлургической компании ПАО «ГМК «Норильский никель», поскольку на нее приходится 99% всего российского первичного производства металлов платиновой группы, которые попутно извлекаются при разработке медно-никелевых руд Норильского промышленного района. Как было отмечено в публикациях [5, 6], за последние тридцать лет для российских производителей характерно ежегодное снижение доли первичного предложения на рынках платины, палладия и родия, в том числе, за счет недостаточных инвестиций в развитие минерально-сырьевой базы, а также роста доли предложения вторичных металлов [8]. В сложившихся для российских горно-металлургических компаний условиях сбыта металлов платиновой группы важно обеспечить достижение максимальной прибыли за счет 100%-ной реализации годового объема производимого МПГ и использования гибкой ценовой политики, предполагающей предоставление дисконтов для достижения следующих стратегических задач:

- занять лидирующие позиции на ключевых дружественных рынках потребления, довести долю до максимума;
- сохранить присутствие на ключевых рынках Европы и Японии, стремиться удерживать долю рынка и тех покупателей, которые готовы рассматривать приобретение российских МПГ;
- развивать присутствие на рынках остального мира, полностью обеспечивать внутренний спрос и спрос соседних дружественных стран [9].

Чтобы добиться поставленных задач на фоне возросшей конкуренции, предлагается сегментировать потребителей российских металлов платиновой группы на три части:

- крупные и средние потребители, которые применяют металлы платиновой группы при производстве собственной продукции в качестве составных компонентов или полноценных изделий. К ним в первую очередь относятся автомобильные концерны, производители электроники, ювелирные заводы и др. Такие потребители обычно осуществляют регулярные объемы закупок МПГ исходя из собственных производственных планов;
- крупные и средние потребители, использующие металлы платиновой группы при производстве собственной продукции в качестве средств производства. К этой группе относятся некоторые химические производства, нефтехимические предприятия, производители азотных удобрений, стекловолоконной продукции и др. Спрос на МПГ со стороны этой группы исходит по мере необходимости замены или обновления средств производства, а также при строительстве новых мощностей;
- трейдеры, приобретающие МПГ в моменты падения цены для дальнейшей перепродажи промышленным компаниям вне зависимости от размера.

Каждая группа потребителей имеет свои особенности приобретения металлов. Первая группа обычно заключает длинные контракты на периодичную поставку фиксированного объема с возможностью покупателя заявить дополнительный количественный опцион. Таким покупателям важны надежность и стабильность поставок, поскольку от этого зависит производственный процесс. В качестве продавца обычно выступают крупнейшие производители МПГ. Во взаимоотношениях с покупателями из первой группы положительным фактором для продавца является второстепенная роль дисконтов при ценообразовании. В то же время продавец сталкивается и с негативной тенденцией – стремлением покупателя к сокращению сроков контрактов (для более частого пересмотра условий) и снижению размера фиксированного объема в пользу увеличения размера части, находящейся в опционе. На первую группу покупателей приходится 50–60% потребления.

Вторая группа покупателей приобретает металл, заключая крупного и среднего размера разовые сделки с поставщиками, которые предложат наилучшую цену и располагают требуемым объемом. Продавцами в данном случае могут выступать как производители первичных металлов, так и аффинажные предприятия, располагающие вторичными металлами в результате переработки ломов и отходов. Важно отметить, что покупателям из второй группы помимо самих МПГ нужна услуга по изготовлению изделия (катализатор, сетка и пр.), которую предоставляют аффинажные предприятия. Однако возможности ценовой конкуренции у аффи-

нажных предприятий ограничены дисконтом, с которым лом и отходы приобретаются у коллекторов, и собственными издержками на переаффинаж [10]. Резюмируя, отметим, что цена для таких потребителей выходит на первый план и конкуренцию между поставщиками в данном случае можно считать ценовой с неценовыми элементами. На вторую группу покупателей приходится около 20% потребления.

Что касается третьей группы потребителей, то на первый взгляд может показаться, что она не имеет самостоятельного характера, поскольку приобретает металлы платиновой группы для перепродажи. Однако эта группа потребителей может аккумулировать спрос со стороны мелких предприятий, выполняя функцию розницы. Для этой группы потребителей имеет значение исключительно ценовой аспект конкурентной борьбы между продавцами. На третью группу покупателей приходится 20–30% потребления.

Таким образом, чтобы российским горно-металлургическим компаниям достичь обозначенных задач по позиционированию на рынках металлов платиновой группы и обеспечить в сложившихся условиях максимизацию прибыли, нами сформулирована и обоснована методика сбыта платины, палладия и родия, предполагающая разделение подхода к реализации металлов на две части:

- сохранить и приумножить объем продаж платины, палладия и родия первой группе потребителей по долгосрочным контрактам; развивать так называемые *customer relations* для улучшения условий контрактов в части сроков (увеличение продолжительности действия контрактов) и объемов фиксированной части поставок; стремиться использовать прогрессивную шкалу ценообразования *take more – pay less*, которая позволит стимулировать крупных покупателей выбирать больший объем из опционной части;
- обеспечить максимальный уровень охвата и конверсии потребителей второй и третьей групп за счет предоставления дисконтов.

Обе части так или иначе предполагают предоставление дисконтов, для определения размера которых приводится и обосновывается оптимизационная модель. Для построения модели по расчету скидок на палладий, платину и родий необходимо поэтапно выполнить все элементы алгоритма, представленные на *рис. 3*. В первую очередь следует проанализировать факторы, оказывающие влияние на цены каждого из металлов платиновой группы, в том числе с учетом регионального аспекта. Эффективным инструментом подбора факторов для построения регрессионной модели может выступить корреляционная матрица, которая показывает степень зависимости каждого фактора друг от друга и от цены на металл. Важно отметить, что полученные в результате факторного анализа регрессионные модели следует актуализировать по мере выхода свежей рыночной статистики. Данное исследование не фокусируется на подробном обосновании результатов факторного анализа,

а использует опубликованные в статье [5] регрессионные модели по платине и палладию.

Регрессионная модель логарифма цены на платину имеет следующий вид:

$$\ln Y_{Pt} = 0,00143 X_1 - 0,0000002 X_1^2 + 0,00092 X_2 - 0,001359 X_3 + 4,476,$$

где X_1 – спрос автомобильной промышленности, тыс. Тоз;

X_2 – вторичное предложение из ювелирной отрасли, тыс. Тоз;

X_3 – производство в Северной Америке, тыс. Тоз.

Регрессионная модель цены на палладий имеет вид:

$$Y_{pd} = 0,38 \times X_1^{0,32} \times X_2^{0,59},$$

где X_1 – вторичное предложение автомобильной промышленности, тыс. Тоз;

X_2 – спрос со стороны автомобильной промышленности, тыс. Тоз.

В качестве источника прогнозной цены на родий взят прогноз от Heraeus Precious Metals на 2023 г.⁶

В рамках моделирования выполнен расчет оптимальной величины дисконта при реализации в течение одного месяца исходя из смоделированных прогнозных цен на металлы платиновой группы и средних за последние 10 лет объемах их производства (табл. 1).

Модель совокупных годовых расходов построена по данным публичной консолидированной отчетности и имеет следующий вид:

$$TC = 1\,999 + 0,2025 \times TR,$$

где TR – совокупная выручка от продажи металлов.

Постоянные среднемесячные расходы компании составляют 167 млн долл., удельные расходы на единицу выручки равны 0,2025 долл.

К неизменяемым параметрам модели также относятся показатели выручки от продаж никеля, меди и прочих металлов. Поскольку данная работа направлена на оптимизацию сбыта палладия, платины и родия, в исследовании принято, что выручка от металлов, не входящих в периметр оптимизационного моделирования (никель, медь, кобальт и пр.), формируется исходя из реализации 100% производства по среднемировым ценам за 2022 г.

⁶ Heraeus Precious Metals Forecast 2023: Gold remains in the focus of investors – Palladium will be under pressure. URL: https://www.heraeus.com/en/hpm/company/hpm_news/2022_hpm_news/precious_forecast_2023.html

В качестве критерия оптимизации определена операционная прибыль. Также для поиска решения приняты следующие ограничительные значения, в рамках которых модель будет рассчитывать оптимальный размер дисконта:

- дисконт реализации платины в течение месяца может быть равен, но не должен превышать 10% от прогнозной цены на платину;
- дисконт реализации палладия в течение месяца может быть равен, но не должен превышать 15% от прогнозной цены на палладий;
- дисконт реализации родия в течение месяца может быть равен, но не должен превышать 5% от прогнозной цены на родий.

В сложившихся для российских металлов платиновой группы условиях принято решение не рассматривать реализацию с премией, поэтому минимальный размер дисконта ограничен его отсутствием (реализация без дисконта и без премии).

На следующем шаге важно определить и обосновать значения эластичности спроса по цене платины, палладия и родия. В ходе проведенного анализа литературы были обнаружены хоть и противоречивые, но попытки качественно охарактеризовать эластичность спроса по цене на металлы платиновой группы, подкрепляя позицию логическими выводами. Так, С.А. Шумовский, исследуя особенности ценообразования на рынках платины и палладия, пришел к выводу, что рынкам этих металлов свойственна низкая ценовая эластичность предложения и высокая ценовая эластичность спроса [11]. Данный вывод применим и к цветным недрагоценным металлам, эластичность спроса по цене которых изучала В. Фернандес [12]. Напротив, рассматривая бизнес-циклы изменения цен на драгоценные металлы, Г.Ю. Боярко пришел к выводам, что всплески цен приводят к потрясениям на рынках платины и палладия ввиду неэластичности их спроса [13]. Исследуя ресурсный потенциал стран БРИКС и рассматривая перспективы сотрудничества стран-участниц, А.Л. Дергачев пришел к выводу, что в отличие от большинства видов минеральных ресурсов, дополнительное предложение, спрос и цены на МПГ не эластичны [14]. Группа экспертов CDMR – единственного фонда в мире, который управляет портфелем из 10–30 редких металлов, считает, что промышленные потребители обычно не могут позволить себе заменить критически важные редкие металлы в краткосрочной перспективе, поэтому редкие металлы имеют низкую эластичность спроса по цене⁷. Такая противоречивость взглядов подтверждается *рис. 1, 2*, где кривые спроса на разных отрезках имеют разную эластичность.

Поднимая вопросы конкурентной политики в российской металлургии за последние десятилетия, Д.В. Корнеева отметила более низкую эластичность спроса по цене на внутреннем рынке относительно зарубежных [15]. Действительно, отечественный спрос на рынке металлов платиновой группы составляет менее 1% от общемирового

⁷ Substitutability: Low price elasticity of demand. URL: <https://cdmr.ch/investing-in-rare-metals/?lang=en#substitutability-low-price-elasticity-of-demand>

уровня и не является целевым, в том числе для российских компаний, объемы производства которых многократно превышают внутренние потребности. Однако важно отметить, что в условиях сложной внешнеэкономической обстановки и закрытия доступа российским потребителям к закупке металлов платиновой группы на мировом рынке, отечественные производители удовлетворяют спрос на внутреннем рынке в полном объеме по конкурентным рыночным ценам и способствуют развитию внутреннего потребления [16].

По результатам анализа литературы важно отметить, что каких-либо количественных исследований по расчету эластичности спроса по цене на металлы платиновой группы не было обнаружено. Исследуя рыночную статистику и формируя практические рекомендации для инвестирования на рынке драгоценных металлов, И.А. Карачун и В.С. Шашевский обнаружили, что в отличие от золота и серебра цена на платину не зависит от динамики ставки Федеральной резервной системы США, что говорит об ограниченности ее роли как защитного актива и позволяет судить о преимущественно промышленном спросе на нее [17]. Такие выводы подкрепляют легитимность использования биржевых данных на платину и палладий для расчета эластичности, поскольку фактор изменения ставки ФРС на эти металлы не оказывает существенного воздействия на изменение спроса. Поэтому в данной работе предпринята попытка на основе открытых данных Нью-Йоркской биржи NYMEX⁸ рассчитать показатели эластичности спроса по цене на платину и палладий. В качестве данных о величине были взяты еженедельные объемы открытых длинных позиций и цены на бирже за период с января 2000 г. по декабрь 2022 г. Искомая формула расчета эластичности имеет следующий вид:

$$E_{\text{МПГ}} = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} E_t}{N-1} = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} \left(\frac{(Q_{t+1} - Q_t)(P_{t+1} + P_t)}{(Q_{t+1} + Q_t)(P_{t+1} - P_t)} \right)}{N-1},$$

где E_t – недельная эластичность спроса по цене;

t – номер наблюдения;

N – количество наблюдений с января 2000 г. по декабрь 2022 г.;

Q_t – объем открытых длинных позиций на бирже, тыс. Toz;

P_t – биржевая цена на металл, долл./Toz.

В общем виде формула не обеспечит необходимой точности расчетов, поскольку на изменение спроса может влиять множество факторов, в том числе неценовых. Поэтому предлагается ввести следующие критерии отбора для значений E_t :

⁸ Daily Metals Volume and Open Interest. URL: <https://www.cmegroup.com/market-data/browse-data/metals-volume.html>

- значение должно быть неположительным ($E_t < 0$). Случаи, при которых происходит рост цены и спроса на металл, вызваны неценовыми факторами, и поэтому такие наблюдения следует исключить из общей выборки;
- значение по модулю не должно превышать 5 ($|E_t| < 5$). Данное ограничение исключает аномальные наблюдения сверхвысокой эластичности, которые искажают общий результат и, как правило, вызваны неценовыми факторами (неравномерность и непредсказуемость поступления металлов из вторичного сырья, регуляторная, налоговая и ограничительная политика основных стран-экспортеров и стран-потребителей);
- следует исключить E_t из выборки, если недельное изменение цены ($\Delta P\%$) превысило 10%. Поскольку расчет базируется на биржевой статистике и рассматриваются недельные данные, такая аномально высокая волатильность цены может быть связана не столько с реальным изменением спроса, сколько с рядом характерных для биржевой торговли случаев, к которым можно отнести входы и выходы крупных инвестфондов, хеджирование крупных сделок и др.

На основе значений E_t , удовлетворяющих всем трем критериям, рассчитываются показатели эластичности спроса по цене на платину и палладий, которые будут применены в оптимизационном моделировании.

Показатель эластичности спроса по цене на палладий (рис. 4) составил $-1,14$ и был получен как среднеарифметическое 335 наблюдений, удовлетворяющих заданным ограничениям.

Эластичность спроса по цене на платину (рис. 5) оказалась выше эластичности спроса по цене на палладий и составила $-1,23$. Результат был получен на основе 323 наблюдений, которые попали в финальную выборку. Расчеты подтвердили гипотезу о том, что спрос на платину и палладий эластичен по цене. Поскольку рынок родия в натуральном выражении несопоставимо мал относительно рынков платины и палладия, а также ввиду отсутствия открытых данных для расчета эластичности спроса по цене на родий, решено на основе экспертных оценок исходить из следующих тезисов:

- спрос на родий эластичен по цене, как и на другие металлы платиновой группы;
- спрос на родий менее эластичен, чем спрос на палладий из-за большей редкости.

Для построения оптимизационной модели, принимая во внимание результаты анализа качественных наработок, фокус которых направлен на эластичность драгоценных и редкоземельных металлов, сделаем экспертное предположение, что показатель эластичности спроса по цене на родий составляет $1,05$.

После того, как определены показатели эластичности на палладий, платину и родий, осталось рассчитать доверительный интервал для каждого металла, в пределах которого будет использован имитационный метод Монте-Карло. В *табл. 2* представлены результаты расчета интервального минимума и максимума цены, которые были получены посредством анализа ежемесячных данных о средних, максимальных и минимальных ценах на платину, палладий и родий с января 2013 г. по декабрь 2022 г.

Для запуска имитационного расчета сделаем предположение о размере текущих дисконтов для каждого металла платиновой группы: дисконт на платину определен в размере 3%, на палладий – 5%, на родий – 1%. Отметим, что результатом моделирования как раз будет замена предполагаемых (базовых) дисконтов на расчетные дисконты, реализация с которыми позволит горно-металлургической компании максимизировать свою прибыль и обеспечить достижение стратегических сбытовых целей.

После того, как будет обеспечена полнота входных параметров модели, осуществим имитацию методом Монте-Карло (*табл. 3*) [18]. По результатам имитации получены следующие вероятностные характеристики: максимальная операционная прибыль равна 664 млн долл., минимальная – 569 млн долл., а ее среднеарифметическое и медианное значения равны 617 млн долл. Стандартное отклонение составило 22%, коэффициент вариации равен 0,04. Таким образом, доверительный интервал по прибыли (с вероятностью 95%) составил 43 млн долл., прибыль под риском равна 6,9%.

На следующем этапе с помощью инструмента Excel «Поиск решения» методом ОПГ рассчитаем оптимальный размер дисконта на платину, палладий и родий (*табл. 4*). В процессе оптимизации вероятностные характеристики модели преобразовались следующим образом:

- максимальная операционная прибыль составила 669 млн долл., что на 5 млн долл. больше значения до оптимизации;
- показатель минимальной операционной прибыли вырос на 4 млн долл. и составил 573 млн долл.;
- значения среднеарифметической и медианной прибыли увеличились на 4 млн долл. и составили 621 млн долл.

В результате моделирования параметров сбыта металлов платиновой группы оптимизация дисконтов вызвала рост на 1 млн долл. величины доверительного интервала по прибыли, которое оказалось равным 44 млн долл. и повлекло увеличение прибыли под риском (VaR) до 7,01%.

Для применения результатов моделирования в процессе сбыта важно интерпретировать их применимость с учетом ранее проведенного сегментирования потребителей. Рассчитанный размер дисконтов предлагается применять как нижний предельно допустимый уровень при переговорах с покупателями. При этом на практике для каждой из трех групп потребителей в силу особенностей спроса (величины, регулярности, причины потребности) размер дисконтов будет различаться и определяться исходя из следующих обстоятельств:

- для первой группы потребителей, применяющих металлы платиновой группы в качестве составных компонентов или полноценных изделий и осуществляющих крупные регулярные объемы закупок, размер дисконта будет принимать наименьшее значение (а в некоторых случаях даже отсутствовать) относительно других групп потребителей, поскольку обеспечить надежность поставок в необходимых объемах способно ограниченное количество компаний, которые используют свое положение на рынке и извлекают горную ренту;
- для второй группы потребителей, использующих металлы платиновой группы в качестве средств производства, размер дисконта может колебаться в диапазоне сверху, ограниченном дисконтами конкурентов, и снизу – смоделированными в исследовании расчетными дисконтами;
- для третьей группы потребителей характерен более широкий диапазон значений дисконтов, которые предлагается ограничивать рассчитанными оптимальными уровнями снизу и которые будут зависеть от оперативно-тактических задач сбыта горно-металлургической компании, динамики спроса со стороны первых двух групп потребителей, степени конкурентной борьбы со стороны других поставщиков и некоторых второстепенных факторов.

По итогам проведенного исследования были сформулированы следующие выводы. В результате анализа динамики изменения спроса на платину и палладий в зависимости от изменения цены в период с января 2000 г. по декабрь 2022 г., было установлено, что спрос на эти промышленные металлы эластичен по цене, причем коэффициент эластичности на платину, сфера применения которой более диверсифицирована, выше, чем на палладий, более 80% потребления которого приходится на автомобильную промышленность. Высокий показатель (более 30%) наблюдений, исключенных из анализируемой выборки, позволяет судить о значительной роли неценовых факторов, оказывающих влияние на ценовую динамику, а высокий уровень чувствительности участников рынка к новостной повестке приводит к волатильности на рынках металлов платиновой группы и склонности к образованию на них ценовых пузырей.

Введенные импортные пошлины на двух ключевых рынках потребления и обращения металлов платиновой группы вынудили российские горно-металлургические компании пересмотреть подход к сбыту, поскольку параболическая кривая

прибыли, как и совокупность методов для достижения ее экстремума, в новых для компаний условиях изменилась. Необходимость переориентации части поставок на беспощинные рынки усилило конкурентную борьбу между продавцами, в том числе с использованием ценовых инструментов, что привело к появлению дисконтов на этих рынках. Графически проиллюстрированные дисбалансы, вызванные дискриминационной политикой, обуславливают потребность российских горно-металлургических компаний в пересмотре стратегического целеполагания. Для устойчивого развития компаний в трансформирующейся рыночной среде важно сегментарно переосмыслить портфель потребителей в соответствии с предложенным делением на три группы, для каждой из которых стоит применять особый комплекс методов оперативно-тактического взаимодействия и ценового стимулирования. Кумулятивный эффект от применения оптимизационного моделирования предельной (максимальной) величины дисконтов и сегментирования потребителей способен обеспечить успешное решение сбытовых задач за счет переориентации продаж на рынки, не вводившие заградительных пошлин на российские металлы платиновой группы.

Таблица 1

Прогнозные показатели цен и объемов производства металлов платиновой группы

Table 1

Platinum group metals prices and production volume forecasts

Металл	Прогнозная цена, долл./Toz	Прогнозный объем производства, тыс. Toz
Платина	1 100	232,5
Палладий	950	54,3
Родий	12 500	4,7

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2

Доверительный интервал колебаний цен на металлы платиновой группы

Table 2

Confidence interval of price fluctuations for platinum group metals

Металл	Интервал колебаний цены	
	минимум	максимум
Палладий	850	1 250
Платина	820	1 020
Родий	10 650	13 850

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 3**Имитационная матрица месячного прогноза****Table 3****Monthly forecast simulation matrix**

№ п/п	Имитация цены, долл./Toz			Выручка от продаж металлов, млн долл. США				Операци онные расходы, млн долл.	Операцион ная прибыль, млн долл.
	Pd	Pt	Rh	Pd	Pt	Rh	всего (включая цветные металлы)		
1	1 141	1 025	3 858	250,2	53,5	17,9	989,9	367	623
2	1 083	903	4 864	237,3	47,2	22,6	975,3	364	611,3
3	1 019	904	6 776	223,3	47,3	31,4	970,2	363	607,3
...
10 000	1 258	854	6 558	275,8	44,6	30,4	1 019,1	372,9	646,2

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 4**Результаты оптимизационного моделирования****Table 4****Optimization modeling results**

Металл	Величина дисконта, %
Платина	9,35
Палладий	6,14
Родий	2,38

Источник: авторская разработка

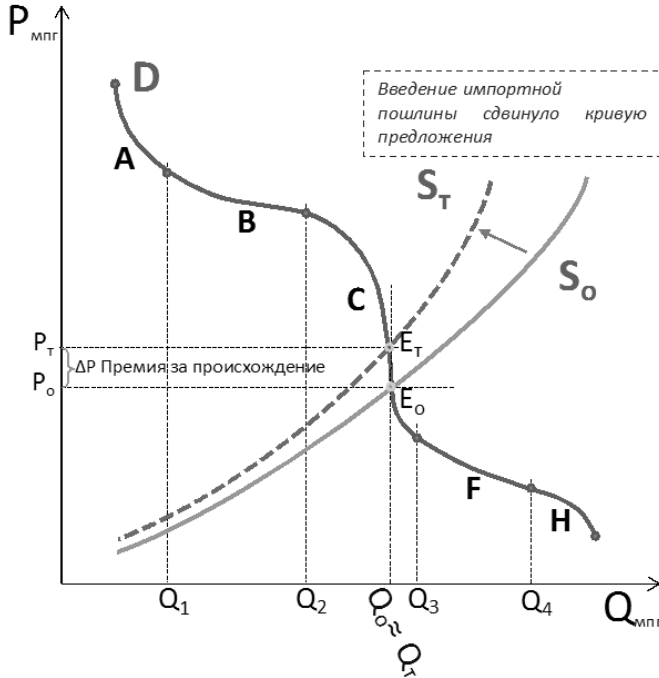
Source: Authoring

Рисунок 1

Изменение рыночного равновесия под влиянием динамики предложения металлов платиновой группы в США и Великобритании

Figure 1

Market rebalancing affected by platinum group metals supply dynamics in the USA and the United Kingdom



Примечание

E_0 – точка равновесия спроса (D) и предложения (S_0) до введения импортных пошлин;

E_T – точка равновесия спроса (D) и предложения (S_T) после введения импортных пошлин;

P_0 – средняя цена реализации МПГ до введения импортных пошлин (биржевая цена);

P_T – средняя цена реализации МПГ после введения импортных пошлин;

ΔP – премия к цене реализации МПГ, которую доплачивает покупатель продавцу за происхождение.

Зоны спроса

Зона А – МПГ покупается по «любой цене», полное замещение МПГ невозможно;

Зона В – МПГ активно замещается;

Зона С – МПГ потребляется по околобиржевым ценам в плановых объемах;

Зона F – рост потребления МПГ за счет предоставления дисконтов, формирование запасов;

Зона H – предел формирования запасов.

Источник: авторская разработка

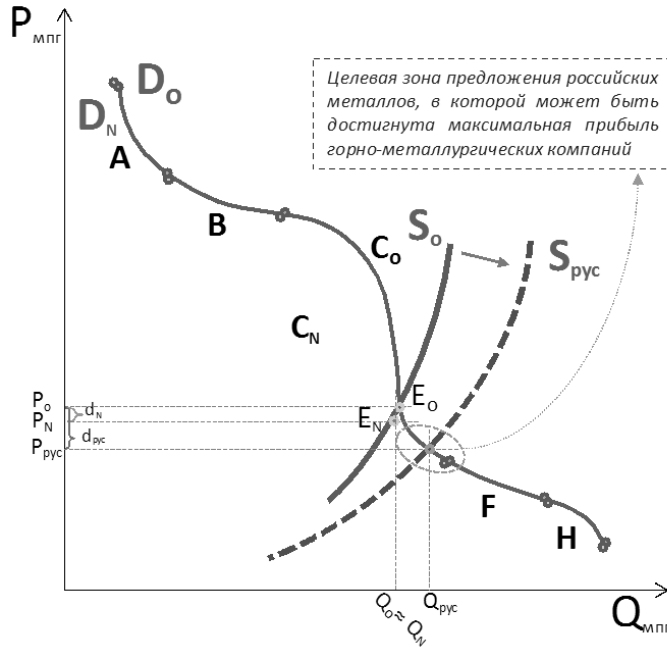
Source: Authoring

Рисунок 2

Изменение рыночного равновесия под влиянием динамики спроса и предложения металлов платиновой группы на беспошлинных рынках

Figure 2

Market rebalancing affected by platinum group metals demand and supply dynamics on duty-free markets



Примечание

E_0 – точка равновесия спроса (D_0) и предложения (S_0) до введения импортных пошлин на российские МПГ;
 E_N – точка равновесия спроса (D_N) и предложения (S_0) после введения импортных пошлин;
 $S_{рус}$ – потенциальная кривая предложения, включающая переориентированный с рынков США и Великобритании объем МПГ;
 P_0 – средняя цена реализации МПГ до введения импортных пошлин (биржевая цена);
 P_N – средняя цена реализации МПГ после введения импортных пошлин;
 $P_{рус}$ – целевая цена реализации МПГ после введения импортных пошлин;
 d_N – базовый дисконт к цене реализации МПГ, который предлагает покупатель продавцу за сохранение рыночной доли.
 $d_{рус}$ – минимальный целевой дисконт к цене, реализация с которым обеспечит реализацию переориентированного российского МПГ.

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 3
Алгоритм построения оптимизационной модели

Figure 3
Optimization model creation algorithm

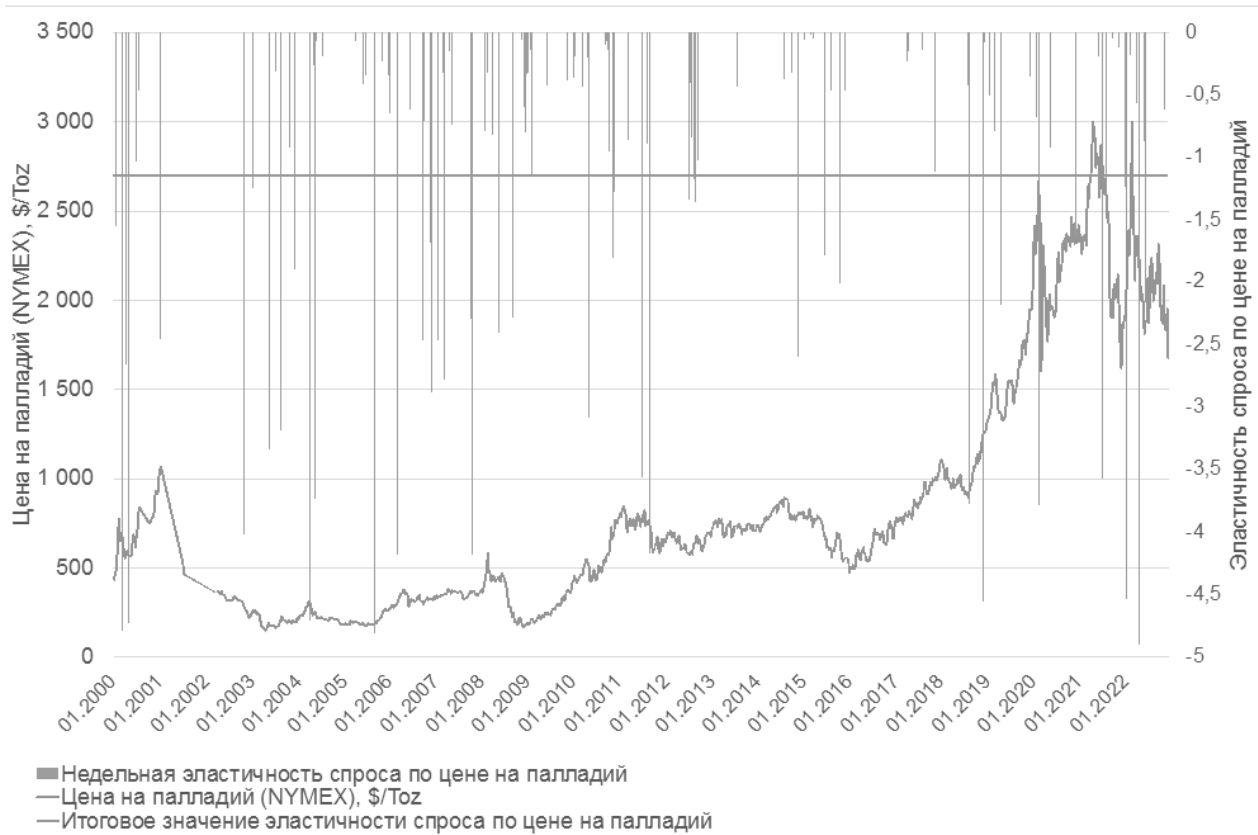


Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 4
Расчет эластичности спроса по цене на палладий

Figure 4
Calculation of demand elasticity by palladium price



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 5**Расчет эластичности спроса по цене на платину****Figure 5****Calculation of demand elasticity by platinum price**

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Ларичкин Ф.Д., Новосельцева В.Д., Глущенко Ю.Г., Наумова М.В. Платиноиды: ресурсы, производство, рынки, перспективы // Записки Горного института. 2013. Т. 201. С. 39–42. URL: <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/5717>
2. Kohnert D. Prospects and challenges for EU rare earth imports from Russia: The case of Germany, France and Italy. Working paper. Hamburg, 2024, 20 p. URL: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-91724-7>
3. Jeong Gon Kim. Material flow and industrial demand for palladium in Korea. Resources, Conservation and Recycling, 2013, vol. 77, pp. 22–28. URL: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.04.009>
4. Hughes A.E., Nawshad Haque, Northey S., Sarbjit Giddey. Platinum group metals: A review of resources, production and usage with a focus on catalysts. Resources, 2021, vol. 10, iss. 9. URL: <https://doi.org/10.3390/resources10090093>

5. Степанов И.А. Факторный анализ рынка металлов платиновой группы и моделирование направлений его развития // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. 2024. Т. 24. Вып. 1. С. 37–51.
URL: <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2024-24-1-37-51>
6. Степанов И.А. Развитие бизнес-планирования сбыта российских драгоценных металлов в условиях макроэкономической и геополитической нестабильности // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Экономика. Управление. Право. 2023. Т. 23. Вып. 2. С. 174–179.
URL: <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2023-23-2-174-179>
7. Боярко Г.Ю. Экономика минерального сырья. Томск: Аудит-Информ, 2000. 365 с.
8. Katsuhiko Nose, Toru H. Okabe. Platinum group metals production. In: Treatise on process metallurgy, vol. 3: Industrial Processes. Elsevier, 2024, pp. 751–770.
URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85373-6.00029-6>
9. Андропова И.В., Тинькова А.А. Евразийский экономический союз на рынках нетопливных полезных ископаемых // Научные труды Вольного экономического общества России. 2022. Т. 235. № 3. С. 337–343.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/evraziyskiy-ekonomicheskiy-soyuz-na-rynках-netoplivnyh-poleznyh-iskopaemyh>
10. Александрова Т.Н., О’Коннор С. Переработка платинометалльных руд в России и Южной Африке: состояние и перспективы // Записки Горного института. 2020. Т. 244. С. 462–473. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pererabotka-platinometallnyh-rud-v-rossii-i-yuzhnoy-afrike-sostoyanie-i-perspektivy>
11. Шумовский С.А. Особенности ценообразования на мировом рынке платины и палладия // Дайджест-Финансы. 2004. № 10. С. 45–56.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-tsenoobrazovaniya-na-mirovom-rynke-platiny-i-palladiya>
12. Fernandez V. Price and income elasticity of demand for mineral commodities. Resources Policy, 2018, vol. 59, pp. 160–183.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.06.013>
13. Боярко Г.Ю. Динамика цен на драгоценные металлы // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2005. Т. 308. № 2. С. 160–166. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-tsen-na-dragotsennye-metally>
14. Дергачев А.Л. Минерально-сырьевые комплексы стран БРИКС – взаимные поставки и регулирование мирового рынка минерального сырья // Вестник

Московского университета. Серия 4. Геология. 2021. № 4. С. 3–13.

URL: <https://doi.org/10.33623/0579-9406-2021-4-3-13>

15. Корнеева Д.В. Задачи и инструменты конкурентной политики в российской металлургии за прошедшие четверть века // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2016. № 3. С. 35–67.
URL: <https://doi.org/10.38050/01300105201633>
16. Кузнецов М.В. Возможности оптимизации российского рынка палладия за счет перехода от экспорта сырого металла к производству отечественных палладий-содержащих катализаторов для различных отраслей промышленности // Символ науки. 2021. № 8-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-optimizatsii-rossiyskogo-rynka-palladiya-za-schet-perehoda-ot-eksporta-syrogo-metalla-k-proizvodstvu-otechestvennyh>
17. Карачун И.А., Сташевский В.С. Инвестиции на рынке драгоценных металлов: перспективы и практические рекомендации // Экономика, моделирование, прогнозирование: сборник научных трудов. Вып. 12. Минск: НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь, 2018. С. 73–83.
URL: <https://niei.by/uploads/files/Sbornik-ekonomika-modelirovanie-prognozirovanie/soderzhaniye-vypusk-12.pdf>
18. Когденко В.Г. Стратегическое моделирование прибыли компании методом Монте-Карло // Экономический анализ: теория и практика. 2018. Т. 17. Вып. 9. С. 1622–1641. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.17.9.1622>

Информация о конфликте интересов

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

SALES PLANNING FOR PLATINUM GROUP METALS: SEGMENTATION AND OPTIMIZATION

Il'ya A. STEPANOV

National Research Nuclear University MEPhI,
Moscow, Russian Federation
stepanovilya13@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8507-5401>

Article history:

Article No. 271/2024
Received 18 Apr 2024
Received in revised form
11 May 2024
Accepted 3 Jun 2024
Available online
28 Jun 2024

JEL classification: L1,
L61

Keywords: sales,
planning, optimization,
platinum, palladium

Abstract

Subject. The article considers sales of platinum group metals on the case of a Russian mining and metallurgical company in the context of tariff barriers in some key markets and increased competition.

Objectives. The purpose is to develop a set of methods to ensure the full sale of platinum group metals produced by the company and maximize profits from their sale under the introduction of import duties discriminating against metals of Russian origin and increased competition among suppliers for consumers due to redistribution of commodity flows.

Methods. The study employs methods of logical, statistical analysis, and optimization.

Results. The paper formulates a methodology for the sale of Russian platinum group metals in the duty-free markets of Europe, China, Japan and the rest of the world, presents a monthly optimization model enabling to calculate the discount rate for the sale of platinum, palladium and rhodium in full. For the Russian mining and metallurgical company, I developed individual recommendations on cooperation tactics and pricing policy for each group of consumers.

Conclusions. The demand for platinum and palladium is price elastic. Depending on the degree of market changes, the sales methodology and its tools should provide necessary flexibility, including price, based on the optimality of solving operational and tactical tasks.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2024

Please cite this article as: Stepanov I.A. Sales Planning for Platinum Group Metals: Segmentation and Optimization. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2024, vol. 23, iss. 6, pp. 1109–1132
<https://doi.org/10.24891/ea.23.6.1109>

References

1. Larichkin F.D., Novosel'tseva V.D., Glushchenko Yu.G., Naumova M.V. [Platinoids: Resources, production, markets and perspectives]. *Zapiski Gornogo instituta = Journal of Mining Institute*, 2013, vol. 201, pp. 39–42.
URL: <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/5717> (In Russ.)
2. Kohnert D. Prospects and challenges for EU rare earth imports from Russia: The case of Germany, France and Italy. *Working Paper*. Hamburg, 2024, 20 p.
URL: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-91724-7>

3. Jeong Gon Kim. Material flow and industrial demand for palladium in Korea. *Resources, Conservation and Recycling*, 2013, vol. 77, pp. 22–28.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.04.009>
4. Hughes A.E., Nawshad Haque, Northey S., Sarbjit Giddey. Platinum group metals: A review of resources, production and usage with a focus on catalysts. *Resources*, 2021, vol. 10, iss. 9. URL: <https://doi.org/10.3390/resources10090093>
5. Stepanov I.A. [Platinum group metals market factor analysis and modeling of its development directions]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Ekonomika. Upravlenie. Pravo = Izvestiya of Saratov University. Economics. Management. Law*, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 37–51. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2024-24-1-37-51>
6. Stepanov I.A. [Development of Russian precious metals sales planning under the conditions of macroeconomic and geopolitical instability]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya Ekonomika. Upravlenie. Pravo = Izvestiya of Saratov University. Economics. Management. Law*, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 174–179. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2023-23-2-174-179>
7. Boyarko G.Yu. *Ekonomika mineral'nogo syr'ya* [Economics of mineral raw materials]. Tomsk, Audit-Inform Publ., 2000, 365 p.
8. Katsuhiro Nose, Toru H. Okabe. Platinum group metals production. In: *Treatise on Process Metallurgy. Vol. 3: Industrial Processes*. Elsevier, 2024, pp. 751–770.
URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85373-6.00029-6>
9. Andronova I.V., Tin'kova A.A. [Eurasian economic union on the non-fuel mineral commodities' markets]. *Nauchnye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii = Scientific Works of the Free Economic Society of Russia*, 2022, vol. 235, no. 3, pp. 337–343. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/evraziyskiy-ekonomicheskii-soyuz-na-rynkah-netoplivnyh-poleznyh-iskopaemyh> (In Russ.)
10. Aleksandrova T.N., O'Konnor S. [Processing of platinum group metal ores in Russia and South Africa: Current state and prospects]. *Zapiski Gornogo instituta = Journal of Mining Institute*, 2020, vol. 244, pp. 462–473. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pererabotka-platinometallicheskikh-rud-v-rossii-i-yuzhnoy-afrike-sostoyanie-i-perspektivy> (In Russ.)
11. Shumovskii S.A. [Pricing features in the global platinum and palladium market]. *Daidzhest-finansy = Digest Finance*, 2004, no. 10, pp. 45–56.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-tsenoobrazovaniya-na-mirovom-rynke-platiny-i-palladiya> (In Russ.)
12. Fernandez V. Price and income elasticity of demand for mineral commodities, *Resources Policy*, 2018, vol. 59, pp. 160–183.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.06.013>

13. Boyarko G. Yu. [Dynamics of prices for precious metals]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2005, vol. 308, no. 2, pp. 160–166.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-tsen-na-dragotsennye-metally> (In Russ.)
14. Dergachev A. L. [Mineral and raw material complexes of BRICS countries — mutual supply of mineral commodities and joint regulation of international minerals market]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 4. Geologiya = Moscow University Bulletin. Series 4. Geology*, 2021, no. 4, pp. 3–13. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.33623/0579-9406-2021-4-3-13>
15. Korneeva D. V. [Aims and Tools of Competitive Policy in the Russian Metal Industry over the Past Quarter Century]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6. Ekonomika = Moscow University Economics Bulletin*, 2016, no. 3, pp. 35–67. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.38050/01300105201633>
16. Kuznetsov M. V. [Possibilities of optimizing the Russian palladium market due to the transition from the export of raw metal to the production of domestic palladium-containing catalysts for various industries]. *Simvol nauki*, 2021, no. 8-1.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-optimizatsii-rossiyskogo-rynka-palladiya-za-schet-perehoda-ot-eksporta-syrogo-metalla-k-proizvodstvu-otchestvennykh> (In Russ.)
17. Karachun I. A., Stashevskii V. S. *Investitsii na rynke dragotsennykh metallov: perspektivy i prakticheskie rekomendatsii. V kn.: Ekonomika, modelirovanie, prognozirovanie: sbornik nauchnykh trudov* [Investments in the precious metals market: Prospects and practical recommendations. In: Economics, modeling, forecasting: a collection of scientific papers. Iss. 12]. Minsk, Scientific Research Economic Institute of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus Publ., 2018, pp. 73–83.
URL: <https://niei.by/uploads/files/Sbornik-ekonomika-modelirovanie-prognozirovanie/soderzhaniye-vypusk-12.pdf>
18. Kogdenko V. G. [Strategic modeling of company profits under the Monte Carlo method]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2018, vol. 17, iss. 9, pp. 1622–1641. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.24891/ea.17.9.1622>

Conflict-of-interest notification

I, the author of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.