

Минерально-сырьевая база алмазов, цветных и благородных металлов Российской Федерации в XXI веке

Аннотация. Рассмотрена динамика развития минерально-сырьевой базы алмазов, благородных (золота, металлов платиновой группы, серебра) и цветных (медь, свинец, цинк, никель, кобальт) металлов (АБЦМ) в первой четверти XXI в. Обоснована необходимость усиления геологоразведочных работ (ГРП) для выявления новых месторождений группы АБЦМ, в том числе крупнообъемных с низкими содержаниями полезных компонентов и значительными запасами.

Ключевые слова: алмазы, золото, металлы платиновой группы, серебро, медь, свинец, цинк, никель, кобальт, минерально-сырьевая база, запасы, добыча, средние содержания.

ИВАНОВ АНАТОЛИЙ ИННОКЕНТЬЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, и. о. генерального директора, tsnigri@tsnigri.ru

АЛЕКСЕЕВ ЯРОСЛАВ ВЛАДИМИРОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, начальник отдела, alekseev@tsnigri.ru

НАУМОВ ЕВГЕНИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, первый заместитель генерального директора, tsnigri@tsnigri.ru

КУЛИКОВ ДАНИЛА АЛЕКСЕЕВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель генерального директора, tsnigri@tsnigri.ru

КОРЧАГИНА ДАРЬЯ АЛЕКСАНДРОВНА, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель начальника отдела, korchagina@tsnigri.ru

МИГАЧЁВ ИГОРЬ ФЁДОРОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, советник, migatchev@tsnigri.ru

БАРЫШЕВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, baryshev@tsnigri.ru

ДОНЕЦ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, donets@tsnigri.ru

ЗВЕЗДОВ ВАДИМ СТАНИСЛАВОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, начальник отдела, zvezdov@tsnigri.ru

КОНКИН ВИКТОР ДМИТРИЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, konkin@tsnigri.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»), г. Москва

Mineral resource base of diamonds, base and precious metals of the Russian Federation in the 21st century

A. I. IVANOV, Ya. V. ALEKSEEV, E. A. NAUMOV, D. A. KULIKOV, D. A. KORCHAGINA, I. F. MIGACHEV, A. N. BARYSHEV, A. I. DONETS, V. S. ZVEZDOV, V. D. KONKIN

Federal State Budgetary Institution "Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals" (FSBI "TSNIGRI"), Moscow

Annotation. The article considers the dynamics of the mineral resource base of diamonds, precious (gold, platinum group metals, silver) and base (copper, lead, zinc, nickel, cobalt) metals (DPBM) of the Russian Federation in the first quarter of the 21st century. The need to intensify geological exploration to discover new deposits of the DPBM group, including large-volume ones with significant reserves but low grades of the useful components, is substantiated.

Key words: diamonds, gold, platinum group metals, silver, copper, lead, zinc, nickel, cobalt, mineral resource base, mineral reserves, mining, average grades.

Введение. В состоянии минерально-сырьевой базы (МСБ) алмазов, благородных (золото, металлы платиновой группы, серебро) и цветных (медь, свинец, цинк, никель, кобальт) металлов Российской Федерации в постсоветский период отчётливо выделяются два периода. В 1990-х годах МСБ почти всех полезных ископаемых в группе АБЦМ снижалась в связи с резким сокращением геологоразведочных работ и как следствие снижением числа новых месторождений, поставленных на государственный баланс, и подготовкой новых запасов на известных месторождениях. С начала 2000-х годов геологоразведочные работы в целом постепенно усиливались, что привело к изменению тенденций в развитии МСБ ряда полезных ископаемых.

Все полезные ископаемые группы АБЦМ включены в перечень стратегических видов минерального сырья, утверждённый распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 августа 2022 г. № 2473-р. Поэтому анализ состояния минерально-сырьевой базы полезных ископаемых группы АБЦМ и тенденций её развития в XXI в. является важным в свете понимания состояния минерально-сырьевой безопасности РФ.

Часть полезных ископаемых АБЦМ (медь, никель, кобальт и металлы платиновой группы (МПП)), согласно «Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2050 года» (Стратегия 2050), утверждённой распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.07.2024 г. № 1838-р, отнесены к пер-

вой группе, характеризующейся высокой обеспеченностью добычи балансовыми запасами, которые способны удовлетворить необходимые потребности национальной экономики до 2035 г. при любых сценариях её развития. Остальные полезные ископаемые группы АБЦМ (алмазы, золото, серебро, свинец, цинк) недостаточно обеспечены запасами месторождений на период до 2035 года.

В действующей редакции Государственной программы РФ «Воспроизводство и использование природных ресурсов» (ГП «ВИПР»), утверждённой постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 г. № 322, с изменениями на 23 ноября 2024 г., в задачах государственного управления и обеспечения национальной безопасности страны установлено, что «в результате реализации ГП «ВИПР» ежегодно воспроизводство запасов полезных ископаемых по группам будет осуществляться на уровне 50 процентов для первой группы, 100 процентов для второй группы».

Указанные уровни воспроизводства также предусматривались Стратегией развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 г., которая утратила силу с принятием в 2024 г. Стратегии 2050. Тем не менее эти характеристики воспроизводства для первой и второй групп полезных ископаемых, относящихся к АБЦМ, могут и далее рассматриваться в качестве минимально допустимых критериев восполнения запасов при анализе динамики их изменения, что следует из определённой Стратегией 2050 группировки

полезных ископаемых по степени обеспеченности потребности национальной экономики и необходимого экспорта.

Цель настоящей статьи – актуализация данных МСБ АБЦМ [1–7] и изучение тенденций её развития за последнюю четверть века (2000–2023 гг.). При формальном наращивании количества месторождений для каждого вида АБЦМ это увеличение имеет ряд особенностей, которые рассмотрены ниже.

Для каждого вида АБЦМ, помимо общих балансовых запасов и добычи, приведены удельные показатели – количество балансовых запасов компонента по сумме категорий ($ABC_1 + C_2$), приходящихся в среднем на одно месторождение, и среднее содержание компонента в рудах, для россыпных месторождений в песках. В оценку не включены месторождения, на которых учтены только забалансовые запасы, а также техногенные образования. Для алмазов и золота информация об удельных показателях представлена за 2005–2023 гг., по остальным видам – за 2000–2023 гг.

Алмазы. В начале XXI в. МСБ алмазов за счёт постановления на баланс (протокол «ГКЗ» № 645 от 25.04.2001 г.) запасов трубок Нюрбинская и Ботубинская, пространственно и генетически связанных с ними одноимённых россыпей, а также трубки Комсомольская (протокол РКЗ от 12.04.2001 г. № 543) в сумме по пяти объектам составила почти 167 млн кар, в Республике Саха (Якутия) общие запасы алмазов (на 01.01.2002 г.) значительно возросли (рис. 1). В дальнейшем и до настоящего времени почти непрерывно из года в год балансовые запасы алмазов в РФ снижа-

лись, хотя за этот период госбалансом после государственной экспертизы были впервые учтены как коренные месторождения (им. В. Гриба в Архангельской области, Верхне-Мунское, Майское, Заря, Дальняя в Республике Саха (Якутия)), так и россыпные объекты (34 месторождения). В целом это связано с сохраняющимся объёмом добычи в размере около 36–43 млн кар (см. рис. 1), которая не обеспечивается приростом балансовых запасов. По мере добычи снижаются и удельные показатели месторождений. Так, для коренных месторождений балансовые запасы по сумме категорий ($ABC_1 + C_2$), приходящиеся в среднем на одно месторождение, непрерывно уменьшались в течение всего рассматриваемого периода времени (рис. 2). Также снижалось и среднее содержание алмазов в рудах, хотя дважды (в 2016 и 2022 гг.) средние удельные содержания скачкообразно увеличивались. В 2016 г. это произошло за счёт повышения средних содержаний алмазов Верхне-Мунского месторождения в результате его переоценки (протокол «ГКЗ» от 29.04.2016 г. № 4629), в котором при незначительных изменениях объёма руды запасы алмазов возросли с 24 726,5 до 40 750,2 тыс. кар. В 2022 г. на динамику повлиял прирост запасов на глубоких горизонтах трубки Мир в Республике Саха (Якутия) (протокол «ГКЗ» от 27.12.2022 г. № 7244). Запасы алмазов месторождения увеличились с 133 072,4 до 194 106,7 тыс. кар, как и их доля от коренных объектов РФ – с 14 до 20,3 %, среднее содержание алмазов в руде в целом по месторождению, напротив, уменьшилось с 3,59 до 3,48 кар на 1 т. Несмотря на это снижение, на объекте Мир

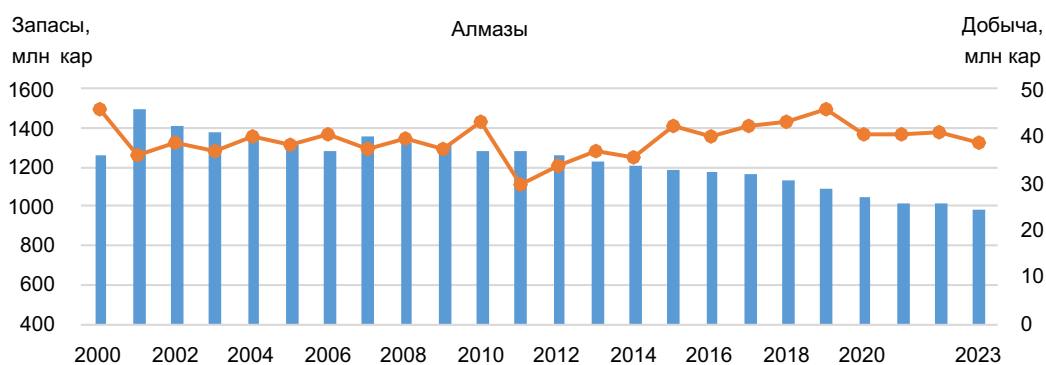


Рис. 1. Динамика запасов и добычи алмазов в 2000–2023 гг. в РФ

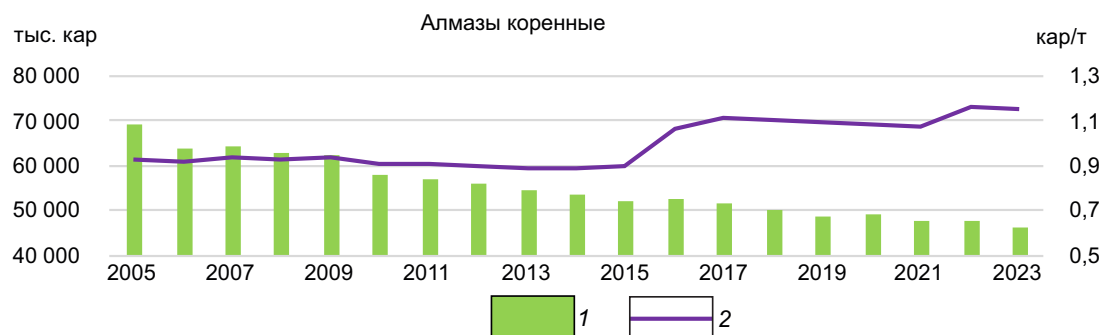


Рис. 2. Изменение среднего размера месторождений по запасам и средних содержаний алмазов в коренных месторождениях алмазов в 2005–2023 гг. в РФ:

1 – запасы ABC_1C_2 на одно месторождение; 2 – среднее содержание в запасах руды кат. ABC_1C_2

оно существенно выше в сравнении со средним по РФ на остальных коренных месторождениях – 0,99 кар алмазов на 1 т.

Аналогичный тренд к снижению среднего размера и средних содержаний алмазов, «нарушенный» в 2011 и 2017 гг., наблюдается для россыпных месторождений, что обусловлено результатами ГРР на Нюрбинской россыпи, которая характеризуется более высокими содержаниями алмазов в песках (рис. 3). В 2011 г. по итогам разведки «2-й очереди отработки» запасы этого месторождения (протокол «ГКЗ» от 27.12.2011 г. № 2650) увеличились относительно запасов годом ранее с 2664,8 до 25 797,3 тыс. кар, доля от россыпей

в РФ соответственно с 3,9 до 29,4 %. В 2017 г. за счёт разведочных работ на «3-й очереди отработки» (протокол «ГКЗ» от 22.11.2017 г. № 5213-оп) на государственный учёт были поставлены ещё 6764,8 тыс. кар алмазов.

Приведённые данные свидетельствуют о том, что геологоразведочные работы на алмазы, за исключением единичных значимых объектов, в целом малоэффективны и не могут восполнить убыль балансовых запасов. Это означает, во-первых, необходимо нарастить оценочные и разведочные работы на объектах с оценёнными прогнозными ресурсами категорий P_1 и P_2 . Во-вторых, необходимо активизировать геологоразведочные работы



Рис. 3. Изменение среднего размера месторождений по запасам и средних содержаний в них алмазов в россыпных месторождениях алмазов в 2005–2023 гг. в РФ:

1 – запасы ABC_1C_2 на одно месторождение; 2 – среднее содержание в запасах песков кат. ABC_1C_2

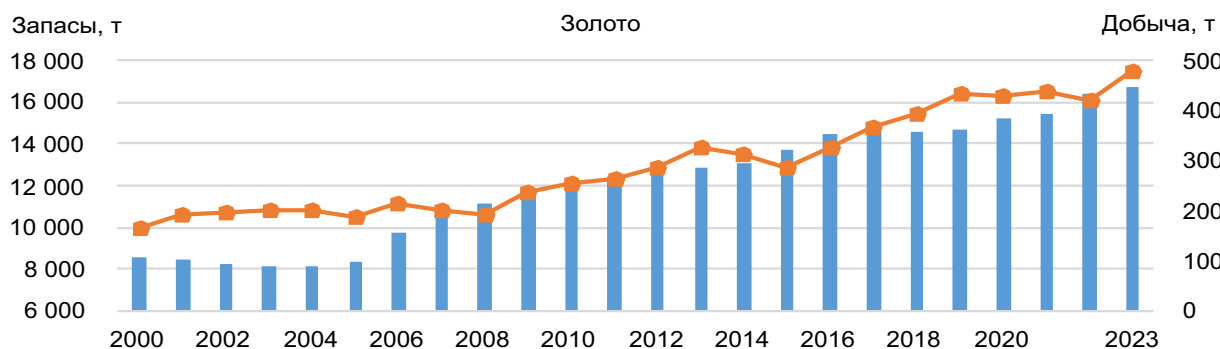


Рис. 4. Динамика запасов и добычи золота в 2000–2023 гг. в РФ

ранних стадий для выявления новых перспективных площадей. Таким образом, для обеспечения полной компенсации выбывающих месторождений необходимо в ближайшее время открыть новые крупные коренные месторождения, содержащие не менее 300 млн кар алмазов.

Золото. Месторождения золота в РФ представлены тремя типами – собственно золоторудными, комплексными и россыпными. В начале 2000-х годов (по 2004 год) продолжалось после 1990-х годов «проедание» запасов золота, созданных в советский период (рис. 4). С 2005 г. ситуация изменилась – снижение балансовых запасов сменилось их ростом, который практически непрерывно продолжается по настоящее время.

Особенностью МСБ золота РФ является наличие трёх уникальных по запасам собственно зо-

лоторудных месторождений [3, 7] – Сухоложского, Олимпиадинского и Наталкинского, балансовые запасы каждого из которых значительно превышают 1000 т. Переоценка и доразведка этих месторождений в значительной степени обеспечили положительную динамику запасов золота с 2005 г., кроме того, существенно повлияли и на средние удельные показатели по собственно золоторудным месторождениям. Это наглядно видно при рассмотрении изменения среднего размера по запасам и средних содержаний собственно золоторудных месторождений: с учётом Сухоложского, Олимпиадинского и Наталкинского месторождений средние запасы на одно месторождение составляют 19–28 т, а без их учёта – 12–16 т (рисунки 5, 6). Соответственно, значительно их влияние и на средние содержания золота в собственно

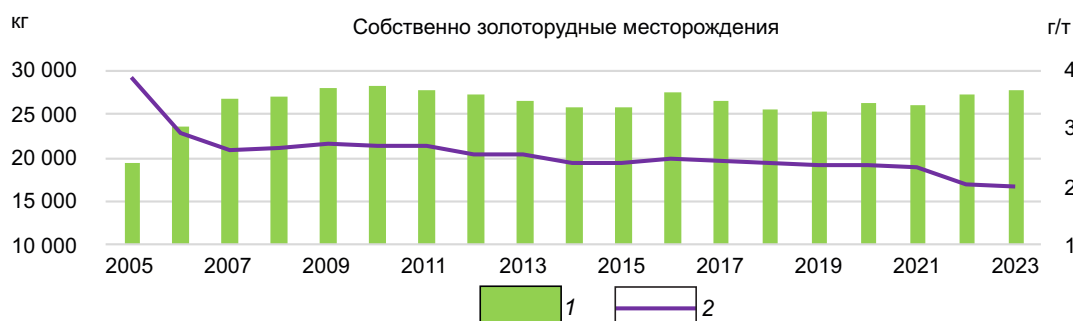


Рис. 5. Изменение среднего размера по запасам и средних содержаний собственно золоторудных месторождений в 2005–2023 гг. в РФ:

1 – запасы ABC_1C_2 на одно месторождение; 2 – среднее содержание в запасах руды кат. ABC_1C_2

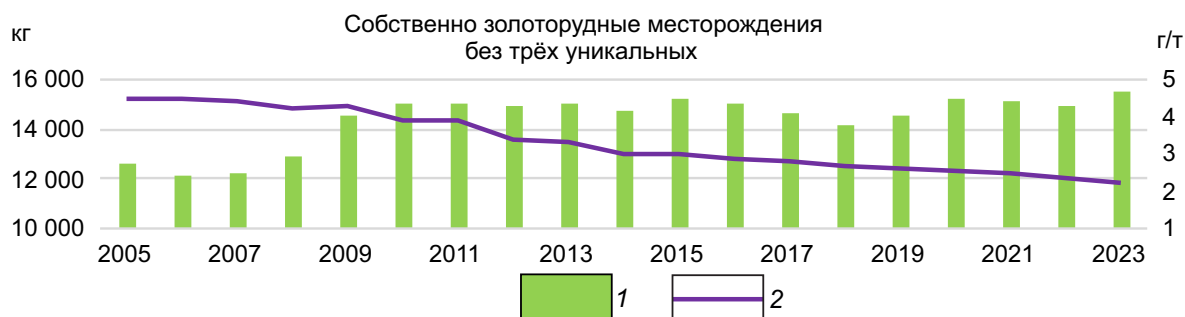


Рис. 6. Изменение среднего размера по запасам и средних содержаний собственно золоторудных месторождений (без месторождений Сухой Лог, Олимпиадинское и Наталкинское) в 2005–2023 гг. в РФ:

1 – запасы ABC_1C_2 на одно месторождение; 2 – среднее содержание в запасах руды кат. ABC_1C_2

золоторудных объектах – с учётом Сухоложского, Олимпиадинского и Наталкинского месторождений оно заметно ниже, чем без их учёта (см. рисунки 5, 6). В целом же отчётливо наблюдается снижение средних содержаний во времени, что объясняется постановкой по итогам ГРР на государственный учёт и вовлечением в разработку более бедных месторождений вследствие экономических (возрастание цены на золото) и технологических (использование более производительной техники, расширение применения различных методов извлечения золота из руд (кучное выщелачивание и др.)) факторов. А так как более бедные месторождения становятся экономически рентабельными при достаточно крупных запасах, это и обуславливает относительную «стабильность» средних размеров месторождений в 2009–2023 гг. (см. рисунки 5, 6). Этот же экономический фактор является важным при наращивании запасов уже стоящих на госбалансе месторождений в результате доразведки флангов и глубоких горизонтов и (или) переоценки ранее разведанных блоков. А наряду с фактором «готовой инфраструктуры» (ГОКа и ЗИФ) рентабельной становится и добыча на месторождениях, находящихся в транспортной доступности от действующих предприятий.

Для собственно золоторудных примером является месторождение Гросс. В 2012 г., по результатам ГРР, запасы золота 22 250 кг при среднем содержании в рудах 0,84 г/т, подсчитанные на основе временных кондиций, были впервые поставлены на госбаланс (протокол «ГКЗ» от 06.04.2012 г. № 2746-оп). В 2014 г. после проведения допол-

нительных разведочных работ недропользователь подготовил ТЭО постоянных разведочных кондиций и нарастил запасы золота упомянутого объекта до 134 580 кг, средние содержания при этом снизились до 0,79 г/т (протокол «ГКЗ» от 31.10.2014 г. № 3906). В 2024 г., по результатам ГРР, на флангах месторождения (протокол «ГКЗ» от 22.03.2024 г. № Э003–00174–77/01109463) запасы золота вновь увеличились до 281 294 кг, а содержания составили 0,61 г/т.

В целом близкая ситуация со средним размером месторождений по запасам и средними содержаниями золота отмечена в комплексных золотосодержащих месторождениях – в связи с постановкой на баланс месторождений с бедными рудами, но значительными запасами происходит снижение во времени средних содержаний, но средний размер месторождений от года к году сохраняется приблизительно на одном уровне (рис. 7). Для комплексных золотосодержащих месторождений, такими объектами служат месторождения медно-порфировых руд, поставленные на учёт в рассматриваемый период (Михеевское и Томинское в Челябинской области, Песчанка в Чукотском АО, Малмыжское в Хабаровском крае и др.). При этом наиболее крупные из них (Песчанка, Малмыжское) пока не вовлечены в эксплуатацию, что способствует поддержанию стабильного уровня удельных значений балансовых запасов золота, приходящихся на одно месторождение.

Что касается россыпных месторождений золота, то в 2005–2023 гг. наблюдается отчётливая тенденция к снижению во времени как средних содержаний золота, так и среднего размера

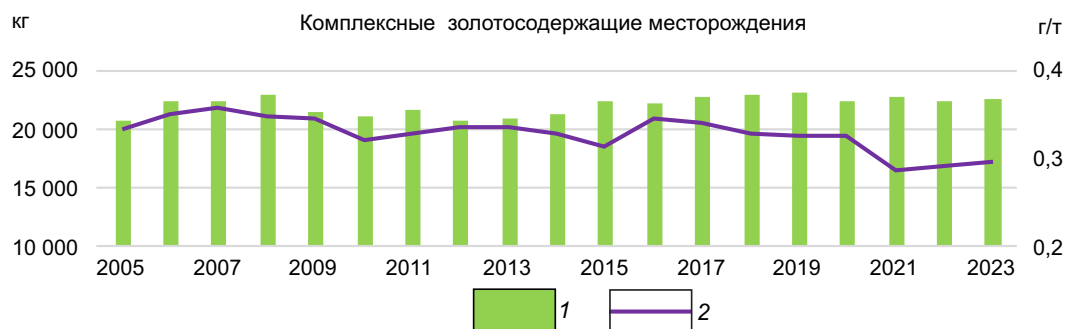


Рис. 7. Изменение среднего размера по запасам и средних содержаний комплексных золоторудных месторождений в 2005–2023 гг. в РФ:

1 – запасы ABC_1C_2 на одно месторождение; 2 – среднее содержание в запасах руды кат. ABC_1C_2

месторождений по запасам (рис. 8). Это говорит о постепенном исчерпании запасов россыпных объектов, которое не компенсируется даже вовлечением в добычу месторождений с низкими содержаниями золота и техногенных объектов, после их доразведки.

Металлы платиновой группы характеризуются устойчивой минерально-сырьевой базой для обеспечения потребностей экономики в долгосрочной перспективе, хотя до 2007 г. продолжалось «проедание» запасов советского периода (рис. 9). За период с 2007 г. по 2023 г. прирост запасов, несмотря на накопленную добычу с учётом эксплуатационных потерь 2574,5 т [1, 6], со-

ставил 5338,4 т. Большая часть этого наращивания запасов – 3953,9 т (74,1 %) – связана с сульфидными медно-никелевыми месторождениями Норильского промышленного района. В 2009 г. в результате ГРП были постановлены на учёт 1468,4 т запасов МПГ Масловского месторождения (протокол «ГКЗ» от 30.09.2009 г. № 2028), позже в 2018 г. при переутверждении ТЭО постоянных кондиций (протокол «ГКЗ» от 12.10.2018 г. № 5561) запасы платиноидов этого месторождения ещё возросли на 53,1 т. В 2010 г. после доразведки на Черногорском месторождении получен прирост балансовых запасов МПГ 530,4 т (протокол «ГКЗ» от 15.12.2010 г. № 2362), ранее с 1961 г. на нём

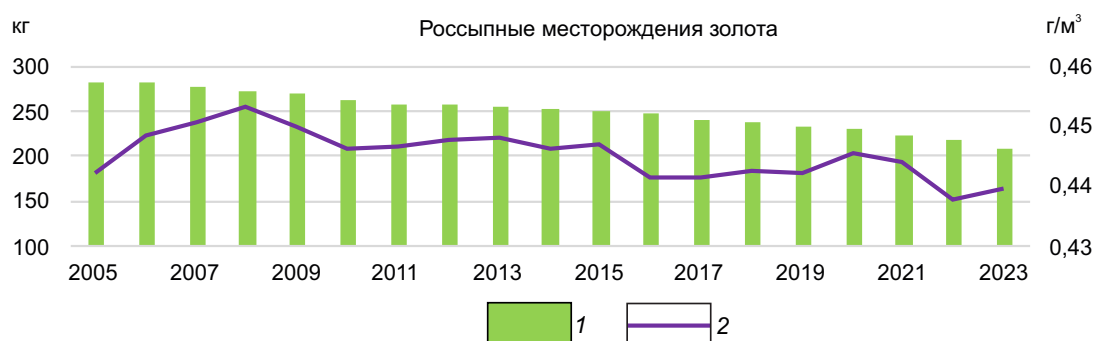


Рис. 8. Изменение среднего размера по запасам и средних содержаний россыпных месторождений золота в 2005–2023 гг. в РФ:

1 – запасы ABC_1C_2 на одно месторождение; 2 – среднее содержание в запасах песков кат. ABC_1C_2

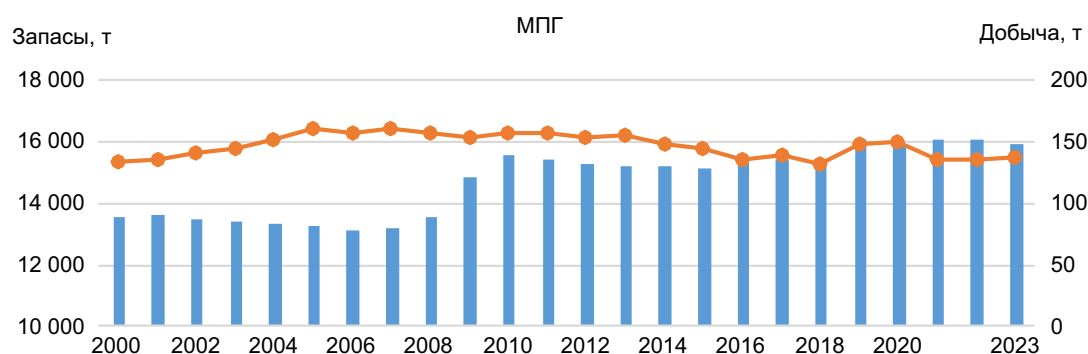


Рис. 9. Динамика запасов и добычи МПП в 2000–2023 гг. в РФ

числились забалансовые запасы этих металлов и никеля, считавшиеся резервной базой Норильского комбината, работающего на использовании балансовых запасов Октябрьского и Талнахского месторождений. В северной части месторождения Норильск-1 прирост запасов МПП составил 352,6 т, из них 326,3 т были получены в 2016 г. при переоценке запасов Северной части месторождения Норильск-1 – участки «Охранный целик и Прирезка к руднику № 7 Заполярный» (протокол «ГКЗ» от 31.08.2016 г. № 4732а). В 2019 г. после доразведки южной части месторождения Норильск-1 на учёт дополнительно были поставлены 845,6 т МПП (протокол «ГКЗ» от 23.10.2019 г. № 6054). Кроме того, при эксплуатационной разведке на Октябрьском и Талнахском месторожде-

ниях в 2007–2023 г. дополнительно были выявлены 703,8 т балансовых запасов платиноидов.

В период «проедания» запасов (2000–2006 гг.) средний размер и коренных, и россыпных месторождений снижался (рисунки 10, 11). В дальнейшем в результате проведения геологоразведочных работ этот показатель был «стабилизирован». Снижение средних содержаний МПП в рудах, наблюдавшееся в период 2007–2018 гг., значительно замедлилось после доразведки южной части месторождения Норильск-1 в Красноярском крае с вкрапленными рудами, но с высоким средним содержанием платиноидов (6,6 г/т).

Россыпные месторождения МПП по запасам и добыче играют относительно небольшую роль в общей минерально-сырьевой базе МПП в РФ

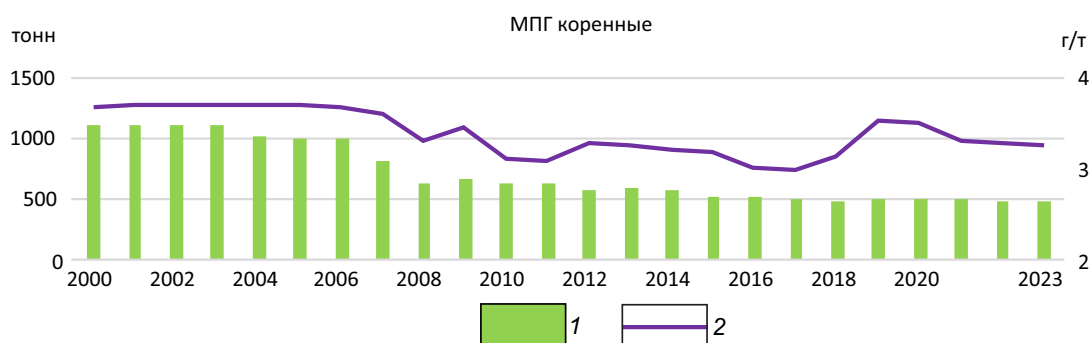


Рис. 10. Изменение среднего размера по запасам и средних содержаний коренных месторождений МПП в 2005–2023 гг. в РФ:

1 – запасы ABC_1C_2 на одно месторождение; 2 – среднее содержание в запасах руды кат. ABC_1C_2

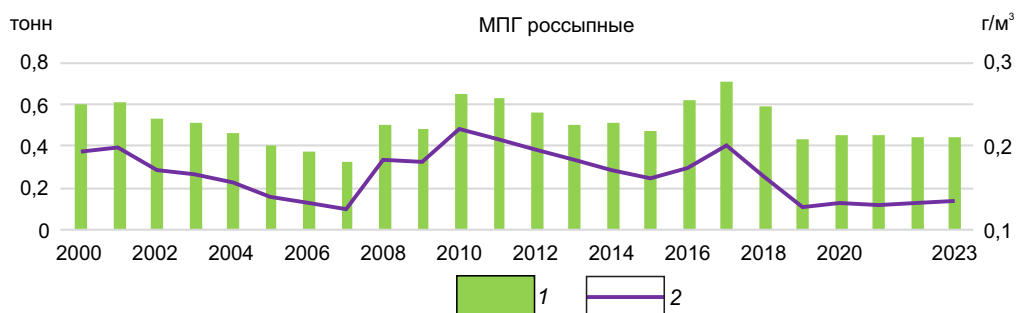


Рис. 11. Изменение среднего размера по запасам и средних содержаний россыпных месторождений МПП в 2005–2023 гг. в РФ:

1 – запасы ABC_1C_2 на одно месторождение; 2 – среднее содержание в запасах песков кат. ABC_1C_2

(см. рис. 11). В связи со сравнительно малым числом россыпных объектов (максимум 101 в 2013 г.) средние удельные показатели (средний размер месторождений и средние содержания МПП в них) характеризуются «скачкообразными» изменениями, связанными с постановкой на баланс запасов отдельных месторождений.

Объекты с апробированными прогнозными ресурсами МПП относятся в основном к малосульфидному платинометалльному геолого-промышленному типу. Потенциальные месторождения, которые могут быть выявлены в результате геологоразведочных работ, по объёму запасов будут существенно меньше медно-никелевых объектов Норильского района и не смогут обеспечить значительного прироста запасов. Соответственно, вклад в добычу МПП этих месторождений будет также относительно небольшим. На современном

уровне изученности территории РФ единственным регионом, обладающим необходимыми условиями для образования этого типа месторождений МПП, является Карело-Кольский, где располагаются все разведанные месторождения и рудопроявления с локализованными прогнозными ресурсами.

Серебро. Минерально-сырьевая база серебра в РФ достаточно устойчива, почти все запасы сосредоточены в коренных месторождениях, содержание учтённого попутно металла в россыпях крайне мало и влияния на её развитие не оказывает. По динамике запасов в 2000–2023 гг. (рис. 12) для серебра после крупного прироста запасов в 2001 г., главным образом обеспеченного постановкой по итогам ГРР на учёт запасов собственно серебряного месторождения Прогноз в Республике Саха (Якутия), содержащего 4368 т серебра,

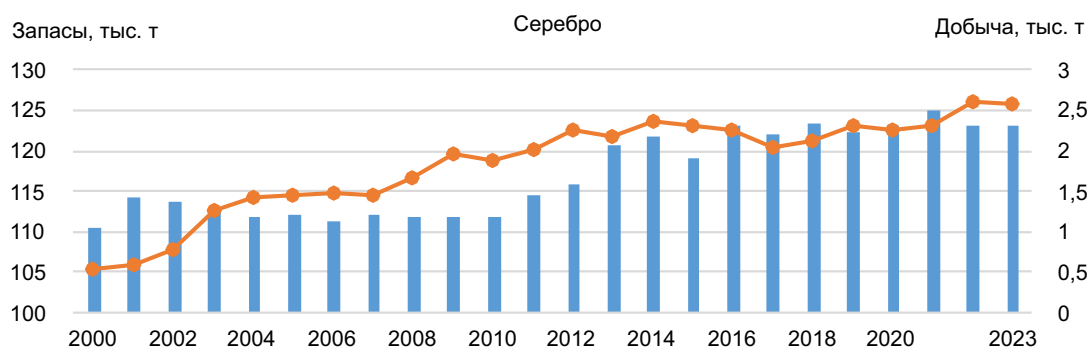


Рис. 12. Динамика запасов и добычи серебра в 2000–2023 гг. в РФ



Рис. 13. Изменение среднего размера по запасам и средних содержаний коренных месторождений серебра в 2000–2023 гг. в РФ:

1 – запасы ABC_1C_2 на одно месторождение; 2 – среднее содержание в запасах руды кат. ABC_1C_2

подсчитанных на основе временных разведочных кондиций (протокол «РКЗ» при Госкомгеологии РС (Я) от 03.05.2001 г. № 548), далее последовал период «проедания» запасов в 2002–2006 гг. После чего, несмотря на увеличивающуюся добычу, балансовые запасы почти непрерывно стали возрастать (наиболее интенсивно в 2011 г.) за счёт постановки на учёт по итогам ГРП месторождения Песчанка в Чукотском АО (при протоколе «ГКЗ» от 28.03.2012 г. № 2738-оп, объект отражён госбалансом по состоянию на 01.01.2012 г.), в 2013 г. при переоценке запасов месторождения Прогноз по постоянным разведочным кондициям (протокол «ГКЗ» от 29.11.2013 г. № 3409) и в 2016 г. при переутверждении постоянных разведочных кондиций Удоканского месторождения в Забайкальском крае (протокол «ГКЗ» от 26.02.2016 г. № 4551). Удельные (средний размер месторождения и среднее содержание серебра в них), напротив, демонстрировали нисходящую динамику. Это вызвано снижением доли в структуре запасов РФ собственно серебряных месторождений с высокими содержаниями металла при росте запасов в комплексных объектах цветных металлов (меди, никеля, свинца, цинка) и собственно золоторудных месторождениях, в которых оно учтено попутно и характеризуется более низкими содержаниями в рудах. В 2000 г. на собственно серебряные месторождения приходилось 22,4 % всех балансовых запасов страны, в 2023 г. их доля снизилась до 16,2 %.

Никель, кобальт. Основные запасы никеля и кобальта (учтён попутно) находятся в комплекс-

ных сульфидных медно-никелевых месторождениях Норильского промышленного района, на которых ведётся их основная добыча с получением товарных металлов в различных формах (концентраты и др.). Поэтому динамика запасов этих металлов в 2000–2023 гг. очень сходна с типичным для постсоветской России периодом «проедания» запасов (2000–2007 гг. в никеле выражено более явно), и дальнейшей их относительной стабилизации (рисунки 14, 15) при возрастающей добыче до 2010 г., и её снижением в последующий период. Последнее во многом обусловлено постепенным прекращением разработки месторождений силикатных руд Урала из-за отсутствия эффективной технологии их переработки. Резкое сокращение запасов обоих металлов в 2012 г. вызвано их списанием по переоценке на Ждановском, Быстринском и Тундровом месторождениях в Мурманской области (протокол «ГКЗ» от 23.11.2012 г. № 2904) после переутверждения постоянных разведочных кондиций.

Месторождения сульфидного медно-никелевого типа руд установлены также в пределах Красноярского края (южная часть, Саянский район), Мурманской, Воронежской и Амурской областей, формируют резервную сырьевую базу, интенсивность освоения которой, как ожидается, возрастёт в ближайшие десять лет с началом эксплуатации Кингашского и Верхнекингашского, Кунманьё и других месторождений.

Значимые балансовые запасы никеля и кобальта (также учтён попутно) имеются и в месторождениях силикатного геолого-промышленного типа

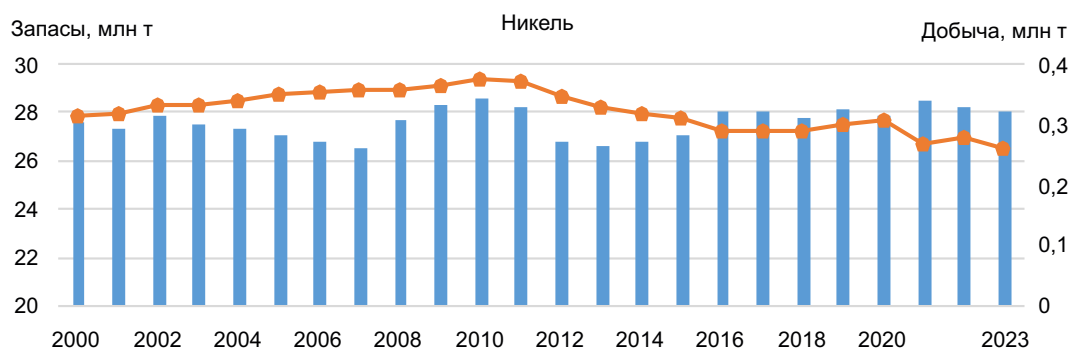


Рис. 14. Динамика запасов и добычи никеля в 2000–2023 гг. в РФ

в пределах трёх регионов Уральского и Приволжского федеральных округов.

В то же время в РФ выявлено и учтено единственное значимое собственное месторождение кобальта сульфидного типа – Кара-Кульское в Республике Алтай (Со 25,656 тыс. т), которое находится в нераспределённом фонде недр.

Кроме того, запасы кобальта учтены в различных кобальтсодержащих рудах (магнетитовые, медноколчеданные и др.). При их добыче (списании балансовых запасов) на ряде месторождений (Гайское и др.) далее в процессе переработки этот металл полностью теряется в «хвостах» обогащения или в отвальных шлаках металлургического передела. По-видимому, целесообразно или совершенствовать технологию переработки руд для получения кобальтового продукта, или в случае невозможности этого провести корректировку госбаланса на предмет учёта кобальта в рудах.

Для никеля и кобальта характерно уменьшение среднего размера месторождений по запасам и средних содержаний в 2000–2023 гг. (рисунки 16, 17). Это обусловлено постановкой на баланс месторождений с относительно бедными вкрапленными сульфидными медно-никелевыми рудами – Кингашского (2002 г.), Верникингашского (2008 г.), Масловского (2009 г.) в Красноярском крае, Кун-Маньё (2008 г.) в Амурской области. Последующая доразведка этих объектов положительно отразилась на росте балансовых запасов металлов, исключая Масловское (снижение Ni на 16,6 тыс. т до 711,4 тыс. т, Со на 7,39 тыс. т до 26,3 тыс. т). Содержания металлов в рудах после переутверждения запасов на Кингашском месторождении снизились, на остальных объектах, кроме Масловского (кобальт), незначительно выросли.

На динамику удельных показателей повлиял результат разведочных работ на Серовском место-

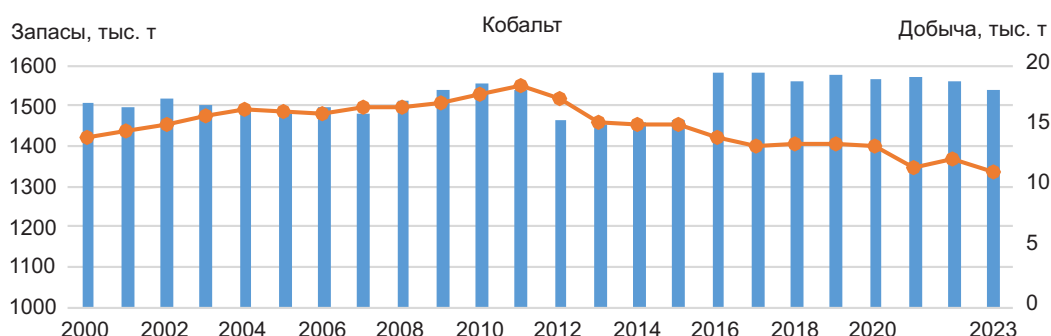


Рис. 15. Динамика запасов и добычи кобальта в 2000–2023 гг. в РФ

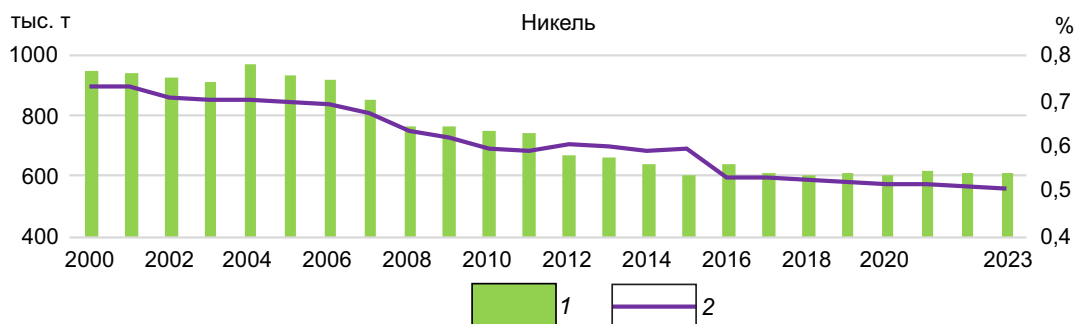


Рис. 16. Изменение среднего размера по запасам и средних содержаний месторождений никеля в 2000–2023 гг. в РФ:

1 – запасы ABC_1C_2 на одно месторождение; 2 – среднее содержание в запасах руды кат. ABC_1C_2

рождении в Свердловской области, где были поставлены на баланс запасы никеля 881 тыс. т и кобальта 107,1 тыс. т в осадочных железных рудах (бобово-конгломератовые руды, приуроченные к верхней части коры выветривания). Их отработка (протоколы «ГКЗ» от 23.03.2016 г. № 4578 и от 12.05.2017 г. № 5034-доп) в перспективе возможна одновременно и совместно с расположенными ниже силикатными никелевыми рудами, в рамках одного горно-металлургического производства. Также в этом году значимый прирост был зафиксирован при переоценке запасов вкрапленных руд на северной части месторождения Норильск-1 (отмеченные выше участки «Охранный целик и Прирезка к руднику № 7 Заполяр-

ный»), обеспечивших дополнительные 446,7 тыс. т никеля и 21,7 тыс. т кобальта.

Медь. Динамика балансовых запасов меди характеризуется относительно небольшим периодом постепенного «проедания» (2000–2004 гг.), сменившимся почти непрерывным ростом несмотря на возрастающую добычу (рис. 18). В МСБ меди РФ в настоящее время основные балансовые запасы (92,4 %) сосредоточены в месторождениях следующих типов руд: сульфидных медно-никелевых (33,8 %), медно-порфириновых (24,1 %), медистых песчаников (19,6 %) и медноколчеданных (14,9 %) [2]. Скачкообразное возрастание запасов меди обусловлено постановкой на учёт (прим.: отражение в госбалансе может отличаться от фактического года

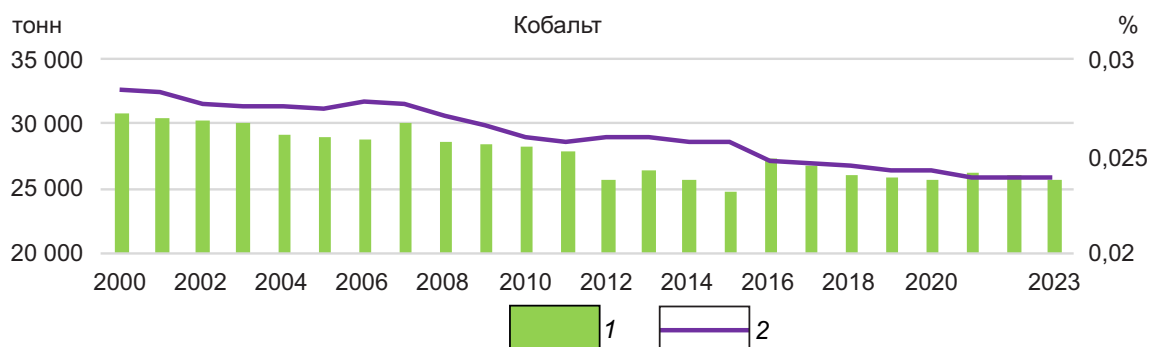


Рис. 17. Изменение среднего размера по запасам и средних содержаний месторождений кобальта в 2000–2023 гг. в РФ:

1 – запасы ABC_1C_2 на одно месторождение; 2 – среднее содержание в запасах руды кат. ABC_1C_2

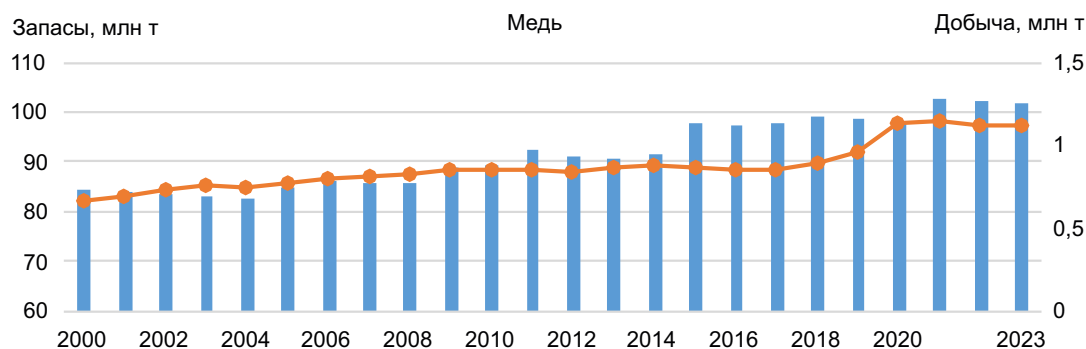


Рис. 18. Динамика запасов и добычи меди в 2000–2023 гг. в РФ

протокола «ГКЗ») по итогам ГРР крупных месторождений меди, включая их последующую доразведку, – Ак-Сугское в Республике Тыва (2009 и 2014 гг.), Песчанка (2012 и 2018 гг.), Малмыжское (2015 и 2021 гг.) и др. На Малмыжском месторождении этот прирост запасов меди весьма существенен. В 2015 г. были впервые учтены 5,6 млн т запасов меди, подсчитанные на основе временных разведочных кондиций (протокол «ГКЗ» от 10.04.2015 г. № 4163-оп), в 2021 г. после доразведки и утверждения постоянных разведочных кондиций последовало их увеличение до 8,3 млн т (протокол «ГКЗ» от 22.09.2021 г. № 6749), что вывело это месторождение на четвертое место по крупности запасов в стране после Удоканского, Октябрьского и Талнахского.

Для меди характерно уменьшение среднего размера месторождений по запасам и средних содержаний в 2000–2023 гг. (рис. 19). Это обусловлено тем, что в XXI в. основное увеличение запасов обеспечили месторождения медно-порфировых руд, качественные характеристики которых ниже по сравнению с другими типами руд (медно-колчеданные, скарновые и др.). Одновременно в этот период росло количество месторождений со средними и малыми запасами меди – Лобаш-1 (2010 г.), Еланское и Ёлкинское (2015 г.) и др., что отразилось на снижении средних содержаний этого металла, приходящегося на одно месторождение.

При этом месторождения с богатыми медно-порфировыми рудами (среднее содержание меди

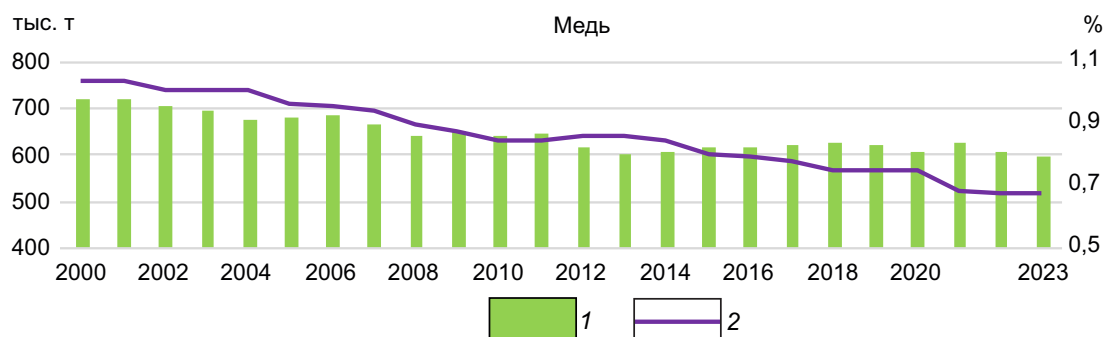


Рис. 19. Изменение среднего размера по запасам и средних содержаний месторождений меди в 2000–2023 гг. в РФ:

1 – запасы ABC_1C_2 на одно месторождение; 2 – среднее содержание в запасах руды кат. ABC_1C_2

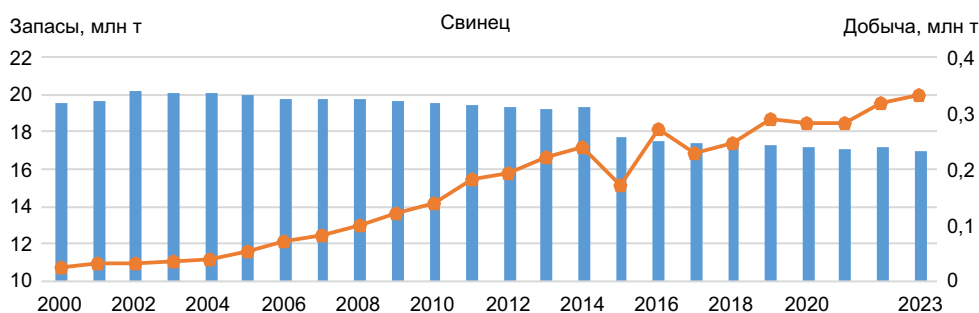


Рис. 20. Динамика запасов и добычи свинца в 2000–2023 гг. в РФ

составляет более 1 % Cu) в РФ пока не выявлены, разведанные месторождения характеризуются либо рядовыми рудами (содержания Cu 0,4–1,0 %) – Песчанка 0,51 % (прим.: все балансовые запасы) и др., либо бедными (Cu < 0,4 %) – Малмыжское 0,35 % и др.

На снижение удельных показателей месторождений меди дополнительно повлияла постановка на баланс по результатам ГРР двух скарновых медно-магнетитовых месторождений в Забайкальском крае – крупного Быстринского с содержанием Cu 0,7 % (относится к бедным рудам, содержание Cu от 0,7 до 1 %), среднеразмерного Култуминского с содержанием Cu 0,3 % (убогие руды).

Свинец и цинк. Россия располагает значительной сырьевой базой свинца и цинка (3-е место в мире). Эти металлы образуют совместные месторождения – свинцово-цинковые и полиметал-

лические, для цинка существенное значение имеют также медно-цинково-колчеданные месторождения. Динамика запасов свинца и цинка после 2002 г. (постановка по итогам ГРР на баланс крупного Павловского месторождения, 453,4 тыс. т Pb и 1967,2 тыс. т Zn, протокол «ГКЗ» от 17.05.2022 г. № 731) на фоне возрастающей добычи характеризуется одинаковыми снижающимися трендами (рисунки 20, 21). Скачкообразное снижение балансовых запасов обоих металлов, для свинца наиболее интенсивно, происходило из-за списания их запасов на ряде месторождений: Дукатском (2005 г.), Николаевском (2006 и 2015 годы), Весенне-Аралчинском, только Zn (2006 г.), Горевском (2015 г.). При этом в 2007 г., несмотря на списание запасов свинца (452,5 тыс. т) и цинка (631,8 тыс. т) на Бугдаинском месторождении в Забайкальском крае, нисходящая динамика была временно замедлена по причине отражения в госбалансе этого

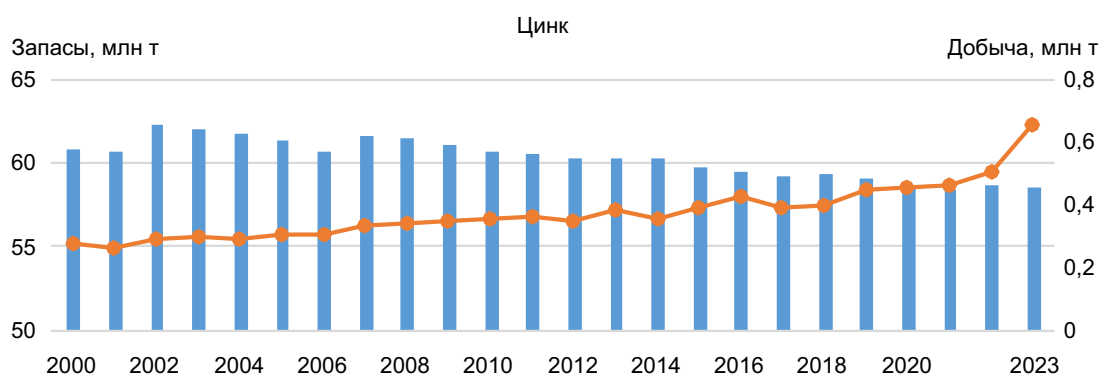


Рис. 21. Динамика запасов и добычи цинка в 2000–2023 гг. в РФ

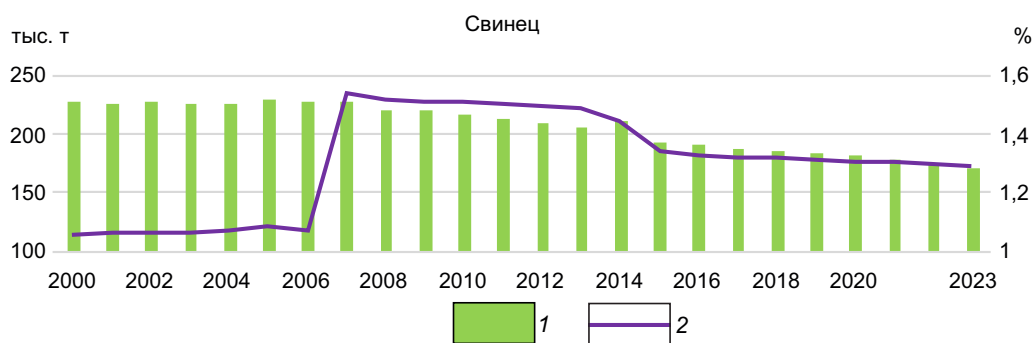


Рис. 22. Изменение среднего размера по запасам и средних содержаний месторождений свинца в 2000–2023 гг. в РФ:

1 – запасы ABC_1C_2 на одно месторождение; 2 – среднее содержание в запасах руды кат. ABC_1C_2

года сведений протокола «РКЗ» от 2001 г. № 555 о постановленном на учёт по результатам ГРП месторождении Сардана в Республике Саха (Якутия), содержащего 592,2 тыс. т свинца и 1926,4 тыс. т цинка.

Резкое увеличение добычи цинка в 2023 г. обусловлено её плановым наращиванием на крупном Озёрном месторождении в Республике Бурятия в соответствии с согласованным в ЦКР-ТПИ Роснедр техническим проектом его разработки. Динамика добычи цинка на этом месторождении в ближайшие годы будет определять и общероссийские показатели.

Особенностью минерально-сырьевой базы свинца и цинка в РФ является наличие значительных «замороженных» запасов свинца (3358,9 тыс. т

или 19,6 % от балансовых запасов РФ) и цинка (21 195,2 тыс. т, или 36,3 % от всех запасов РФ) в Холоднинском месторождении, которое расположено в центральной экологической зоне оз. Байкал, где запрещена добычная деятельность. Месторождение находится в нераспределённом фонде недр, перспективы его освоения неясны.

В течение первой четверти XXI в. происходило снижение средних удельных размеров месторождений свинца и цинка (рисунки 22, 23). Это указывает на то, что месторождения, которые ставятся на учёт по результатам ГРП и государственной экспертизы, по крупности запасов в основном являются малыми и средними, а крупные по запасам объекты ставятся на учёт реже. При этом на уже учтённых крупных месторождениях

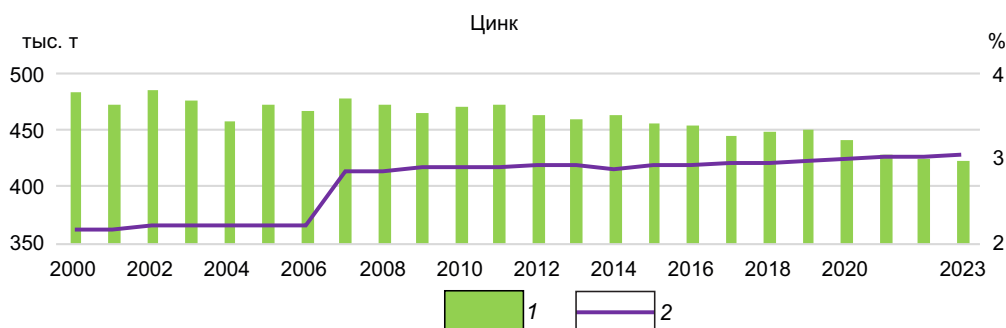


Рис. 23. Изменение среднего размера по запасам и средних содержаний месторождений цинка в 2000–2023 гг. в РФ:

1 – запасы ABC_1C_2 на одно месторождение; 2 – среднее содержание в запасах руды кат. ABC_1C_2

снижение запасов происходит при эксплуатации и переоценке при их неподтверждении в результате доразведки.

Более сложная ситуация наблюдается по изменению в этот период средних содержаний свинца и цинка в рудах. Так, рост средних содержаний для свинца и цинка в 2007 г. обусловлен списанием из-за крайне низких содержаний их запасов на Бугдаинском молибденовом месторождении в Забайкальском крае. В результате переоценки (протокол «ГКЗ» от 14.12.2007 г. № 1525) запасы свинца сократились с 493,9 до 41,4 тыс. т, а запасы цинка в количестве 631,8 тыс. т были полностью сняты с учёта. Из-за очень низких содержаний свинца и цинка в рудах этого месторождения учёт их крупных запасов приводил к снижению удельных средних содержаний месторождений РФ. Списание же запасов привело к росту этого показателя, более объективно отражающему ситуацию.

При этом для цинка в отличие от свинца в 2007–2023 гг. при сокращении удельных значений запасов металла на одном месторождении отмечен рост его средних содержаний в рудах. Это объясняется, с одной стороны, постановкой в результате ГРП на учёт среднеразмерных по запасам объектов с рядовыми (Zn 2,6–3,8 %) и богатыми (Zn от 4,1 %) рудами (Новопетровское в Республике Башкортостан, Zn 376,9 тыс. т при среднем содержании 3,6 %; Мичуринское в Челябинской области, Zn 309,6 тыс. т при среднем содержании 7,1 %, и др.). С другой стороны, такое возрастание содержаний связано с постепенной во времени отработкой эксплуатируемых месторождений и увеличением в общих балансовых запасах цинка в РФ доли Холоднинского месторождения с богатыми рудами, в которых средние содержания цинка составляют 4,1 %. Также на этот показатель влияют и другие восемь крупных месторождений (Zn от 1 млн т), по сумме запасов 21 250,6 тыс. т, сопоставимые с Холоднинским, которые пока не вовлечены в отработку: Сардана, среднее содержание Zn 10,5 %; Павловское – 5,2 %; исключением является Подольское – 1,3 %, а также находящиеся в начальной стадии эксплуатации Озёрное – 6,2 % и Ново-Учалинское – 2,7 %. На активно эксплуатируемых трёх остальных крупных объектах содержания цинка существенно варьируют: Гайском – 0,6 %, Горевском – 2,1 %, Корбалхинском – 10,1 %.

То есть наблюдающийся на рис. 23 тренд к повышению содержаний цинка от года к году является чисто «статистическим», без учёта Холоднинского и восьми остальных крупных объектов, содержание цинка на остальных месторождениях в среднем по РФ составляет 2,3 %.

Для преодоления имеющейся тенденции к исчерпанию МСБ свинца и цинка в среднесрочной перспективе (10–15 лет) необходимо усиление ГРП за счёт всех источников финансирования, направленных на выявление среднеразмерных (от 0,5 млн т каждого из этих металлов) и крупных (от 1 млн т) месторождений.

Выводы. В начале XXI в. (до 2005–2007 гг.) отмечается «проедание» запасов всех металлов из группы АБЦМ, кроме свинца. После периода «проедания» отчётливая положительная динамика запасов устанавливается для золота, МПП, серебра и меди. Относительно устойчивой МСБ в 2000–2023 гг. отличаются никель и кобальт. Снижаются балансовые запасы (добыча не компенсируется приростом запасов) алмазов, свинца и цинка.

Для большинства видов АБЦМ отмечено сокращение удельного показателя – среднего размера месторождения по запасам. Исключением являются рудные месторождения золота (собственные и комплексные), в которых этот удельный показатель характеризуется отсутствием какой-либо тенденции во времени. Для собственно золоторудных месторождений «очистка» удельных показателей от влияния трёх уникальных месторождений (Сухоложское, Олимпиадинское, Наталкинское) показывает отчётливую тенденцию к уменьшению средних содержаний в запасах руды кат. ABC_1C_2 в 2005–2023 гг. в остальных месторождениях при относительно слабых колебаниях показателя среднего размера месторождений по запасам (при его снижении после «очистки» приблизительно в два раза).

Одновременное снижение и удельных запасов, и средних содержаний (россыпное золото, МПП, серебро, никель, кобальт, медь) свидетельствует о тенденции постепенного изменения сырьевой базы – открываются из года в год всё более мелкие по запасам и более бедные месторождения. По-видимому, в долгосрочной перспективе тенденция к выявлению в основном малых и среднеразмерных по запасам месторождений с рядовыми и бедными рудами сохранится. Для изменения этой тенденции необходимо усиление геологоразведочных работ, в том числе в целях обнаружения крупнообъёмных месторождений с бедными комплексными рудами и значительными запасами. А долгосрочная возрастающая тенденция стоимости металлов группы АБЦМ на бирже должна способствовать поддержанию интереса инвесторов к выявлению и освоению крупных месторождений со сравнительно невысокими содержаниями компонентов в рудах.

Указанные аспекты длительного изменения МСБ АБЦМ необходимо учитывать при планировании и выполнении геологоразведочных работ ранних стадий, проводимых за счёт средств

федерального бюджета. Для повышения устойчивости развития МСБ АБЦМ требуются интенсификация подготовки прогнозных ресурсов и выполнение «поискового задела».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев Я. В., Заскинд Е. С., Конкина О. М.* Сырьевая база металлов платиновой группы России: состояние, освоение и перспективы развития до 2040 г. // Отечественная геология. – 2022. – № 2. – С. 3–11.
2. *Алексеев Я. В., Корчагина Д. А.* Сырьевая база меди: состояние и перспективы развития // Отечественная геология. – 2023. – № 1. – С. 3–19.
3. *Иванов А. И., Алексеев Я. В., Черных А. И., Наумов Е. А., Куликов Д. А., Голубева Ю. Ю., Корчагина Д. А., Мигачев И. Ф., Барышев А. Н., Донец А. И., Конкин В. Д., Звездов В. С.* Прогноз долгосрочного освоения минерально-сырьевой базы золота в Российской Федерации // Отечественная геология. – 2023. – № 6. – С. 3–12.
4. *Иванов А. И., Алексеев Я. В., Черных А. И., Наумов Е. А., Куликов Д. А., Тарасов А. С., Конкина О. М.,*

Минкин К. М., Попов И. В. Алмазы, благородные и цветные металлы Российской Федерации – прогноз развития минерально-сырьевой базы и добычи // Отечественная геология. – 2023. – № 3. – С. 3–16.

5. *Иванов А. И., Вартанян С. С., Черных А. И., Волчков А. Г., Голубев Ю. К., Звездов В. С.* Перспективы развития минерально-сырьевой базы алмазов и золота Российской Федерации // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2016. – № 3. – С. 15–23.
6. *Иванов А. И., Черных А. И., Вартанян С. С.* Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы золота в Российской Федерации // Смирновский сборник. – 2018. – С. 10–29.
7. *Иванов А. И., Черных А. И., Вартанян С. С.* Состояние, перспективы развития и освоения минерально-сырьевой базы золота в Российской Федерации // Отечественная геология. – 2018. – № 1. – С. 18–28.

REFERENCES

1. *Alekseyev Ya. V., Zaskind Ye. S., Konkina O. M.* Syryevaya baza metallov platinovoy gruppy Rossii: sostoyaniye, osvoyeniye i perspektivy razvitiya do 2040 [Raw material base of platinum group metals in Russia: status, development and development prospects up to 2040], *Otechestvennaya geologiya*, 2022, No. 2, pp. 3–11. (In Russ.)
2. *Alekseyev Ya. V., Korchagina D. A.* Syryevaya baza medi: sostoyaniye i perspektivy razvitiya [Copper raw material base: status and development prospects], *Otechestvennaya geologiya*, 2023, No. 1, pp. 3–19. (In Russ.)
3. *Ivanov A. I., Alekseyev Ya. V., Chernykh A. I., Naumov E. A., Kulikov D. A., Golubeva Yu. Yu., Korchagina D. A., Migachev I. F., Baryshev A. N., Donets A. I., Konkin V. D., Zvezdov V. S.* Prognoz dolgosrochnogo osvoyeniya mineralno-syryevoy bazy zolota v Rossiyskoy Federatsii [Forecast for the long-term development of the mineral resource base of gold in the Russian Federation], *Otechestvennaya geologiya*, 2023, No. 6, pp. 3–12. (In Russ.)
4. *Ivanov A. I., Alekseyev Ya. V., Chernykh A. I., Naumov E. A., Kulikov D. A., Tarasov A. S., Konkina O. M., Minkin K. M., Popov I. V.* Almazy, blagorodnyye i tsvetnyye metally Rossiyskoy Federatsii – prognos

razvitiya mineralno-syryevoy bazy i dobychi [Diamonds, precious and non-ferrous metals of the Russian Federation – forecast of development of mineral resource base and mining], *Otechestvennaya geologiya*, 2023, No. 3, pp. 3–16. (In Russ.)

5. *Ivanov A. I., Vartanyan S. S., Chernykh A. I., Volchkov A. G., Golubev Yu. K., Zvezdov V. S.* Perspektivy razvitiya mineralno-syryevoy bazyalmazov i zolota Rossiyskoy Federatsii [Prospects for the Development of the Mineral Resource Base of Diamonds and Gold in the Russian Federation], *Mineralnyye resursy Rossii. Ekonomika i upravleniye*, 2016, No. 3, pp. 15–23. (In Russ.)
6. *Ivanov A. I., Chernykh A. I., Vartanyan S. S.* Sostoyaniye i perspektivy razvitiya mineralno-syryevoy bazy zolota v Rossiyskoy Federatsii [State and development prospects of the mineral resource base of gold in the Russian Federation], *Smirnovskiy sbornik*, 2018, pp. 10–29. (In Russ.)
7. *Ivanov A. I., Chernykh A. I., Vartanyan S. S.* Sostoyaniye, perspektivy razvitiya i osvoyeniya mineralno-syryevoy bazy zolota v Rossiyskoy Federatsii [Status, Prospects for Development and Exploitation of the Mineral Resource Base of Gold in the Russian Federation], *Otechestvennaya geologiya*, 2018, No. 1, pp. 18–28. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 03.12.24; одобрена после рецензирования 18.12.24; принята к публикации 18.12.24.
The article was submitted 03.12.24; approved after reviewing 18.12.24; accepted for publication 18.12.24.