DOI:10.47765/0869-7175-2023-10011

УДК 553.41/.82.04(043.2)
© Коллектив авторов, 2023

Алмазы, благородные и цветные металлы Российской Федерации – прогноз развития минерально-сырьевой базы и добычи

Рассмотрено современное состояние минерально-сырьевой базы алмазов, благородных (золота, металлов платиновой группы, серебра) и цветных (никель, кобальт, медь, свинец, цинк) металлов (АБЦМ). Выполнен прогноз её развития по 2040 г. Обоснована необходимость усиления геологоразведочных работ ранних стадий за счёт средств федерального бюджета для подготовки прогнозных ресурсов и создания «поискового задела» для АБЦМ.

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

ИВАНОВ АНАТОЛИЙ ИННОКЕНТЬЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, научный руководитель, tsnigri@tsnigri.ru

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

ЧЕРНЫХ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, генеральный директор, tsnigri@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

ГОЛУБЕВА ЮЛИЯ ЮРЬЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, golubeva@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

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

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

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

Diamonds, precious and base metals of the Russian Federation: forecast for the development of the mineral resource base and mine production

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

Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow

The actual state of the mineral resource base of diamonds, precious (gold, platinum group metals, silver) and base (nickel, cobalt, copper, lead, zinc) metals (DPBM) is considered. A forecast of its development until 2040 is provided. The necessity is substantiated of intensifying the early phase geological exploration at the expense of the federal budget to prepare the DPBM forecasted resources and to create the "exploration targets fund".

Key words: diamonds, gold, platinum group metals, silver, nickel, cobalt, copper, lead, zinc, mineral resource base, mine production, forecast.

Введение. ФГБУ ЦНИГРИ (далее – ЦНИГРИ) в системе Роснедр является головным предприятием по группе твёрдых полезных ископаемых – алмазам, благородным (золото, металлы платиновой группы, серебро) и цветным (никель, кобальт, медь, свинец, цинк) металлам (АБЦМ).

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 30.08.2022 № 2473-р «Об основных видах стратегического минерального сырья» алмазы, золото, серебро, платиноиды, никель, кобальт, медь, свинец, цинк отнесены к таким видам.

Таким образом, вся группа полезных ископаемых (АБЦМ), курируемых ЦНИГРИ, входит в число наиболее важных для экономики России твёрдых полезных ископаемых. Поэтому анализ состояния минерально-сырьевой базы этих полезных ископаемых и прогноз её развития на ближайшие десятилетия является важным в свете обеспечения минерально-сырьевой безопасности РФ.

В «Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года», утверждённой Распоряжением Правительства Российской Федерации № 2914-р от 22 декабря 2018 г., в зависимости от обеспеченности добычи имеющимися балансовыми запасами выделены три группы полезных ископаемых. В первую группу входят полезные ископаемые, «запасы которых при любых сценариях развития экономики удовлетворят необходимые потребности до 2035 года и в последующий период». К этой группе отнесены в том числе медь, никель, кобальт и металлы платиновой группы (МПГ), а целевое значение показателя воспроизводства запасов в результате геологоразведочных работ устанавливается на уровне не ниже 50 %, что должно позволить поддерживать достигнутые уровни добычи на протяжении многих десятилетий.

Ко второй группе отнесены полезные ископаемые, достигнутые уровни добычи которых недостаточно обеспечены запасами разрабатываемых месторождений на период до 2035 г. К этой группе относятся в том числе алмазы, золото, серебро, свинец, цинк – для них целевое значение показателя воспроизводства запасов установлено на уровне 100 %, а предельно допустимое – на уровне 75 %, что позволит поддержать достигнутые уровни добычи на протяжении многих десятилетий.

В рамках своих задач ЦНИГРИ занимается анализом изменения и прогнозом развития минерально-сырьевой базы АБЦМ, которая характеризуется различным состоянием для тех или иных полезных ископаемых. В последние годы нами публиковались материалы по отдельным аспектам и проблемам минерально-сырьевой базы (МСБ) АБЦМ [1–8], но в связи с изменением ситуации с минерально-сырьевой безопасностью России, назрела необходимость более глубокого анализа устойчивости развития и разработки сценарного прогноза освоения МСБ этих полезных ископаемых. Кроме того, за прошедшие с момента утверждения «Стратегии…» 5 лет в определённой степени изменилась конъюнктура минерального сырья, в том числе в связи со значительным наращиванием добычи в РФ в целом по АБЦМ. Поэтому ЦНИГРИ выполнен специальный анализ развития МСБ АБЦМ с увеличением срока по сравнению со «Стратегией…» по 2040 г., результаты которого представлены в настоящей статье. При этом использована информация, находящаяся в открытом доступе – в Государственном балансе запасов

(ГБЗ), протоколах Центральной комиссии по разработке (ЦКР), опубликованных производственных планах предприятий. При прогнозе объёма добычи АБЦМ по 2040 г. рассчитаны три сценария развития ситуации – *базовый, консервативный (негативный)* и *прогрессивный*. В целом в *базовом* сценарии учитываются календарные планы добычных работ (технических проектов отработки) разрабатываемых и подготавливаемых (и разведываемых) месторождений. В *консервативном* – ввод новых месторождений отсутствует. В *прогрессивном* – в добычу будут вовлечены запасы, подготовленные по результатам геологоразведочных работ (ГРР) из прогнозных ресурсов (ПР) высоких категорий, а также учтено возможное вовлечение объектов, по которым не приняты инвестиционные решения, и отработка которых в настоящее время нерентабельна, и объекты нераспределённого фонда недр (НРФН). Прогноз изменения запасов АБЦМ в распределённом фонде отражает их погашение при базовом сценарии добычи.

Алмазы. Россия по запасам и добыче алмазов занимает одно из ведущих мест в мире (соответственно первое место по запасам и первое место по добыче), экспорт алмазов является важной статьёй дохода государственного бюджета. Поэтому рассмотрение дальнейших перспектив восполнения МСБ алмазов и их добычи является необходимым элементом планирования экономического развития Российской Федерации.

При анализе развития МСБ алмазов (рис. 1) все месторождения разделены на три группы.

Группа 1. Вовлечённые в эксплуатацию и находящиеся в инвестиционной стадии (имеются проектные решения): все разрабатываемые месторождения, включая подготавливаемое тело Майское (протоколы ЦКР-ТПИ). По количеству запасов эта группа месторождений занимает 51 % от всех балансовых запасов РФ на 01.01.2022 г. (рис. 2).

Группа 2. Находящиеся в предынвестиционной фазе и обладающие коммерческим потенциалом (ведётся проектирование): запасы глубоких горизонтов трубок Айхал, Юбилейная, Мир и др. (по данным АК «АЛРОСА» (ПАО)). По количеству запасов эта группа месторождений занимает 26 % от всех балансовых запасов РФ на 01.01.2022 г. (см. рис. 2).

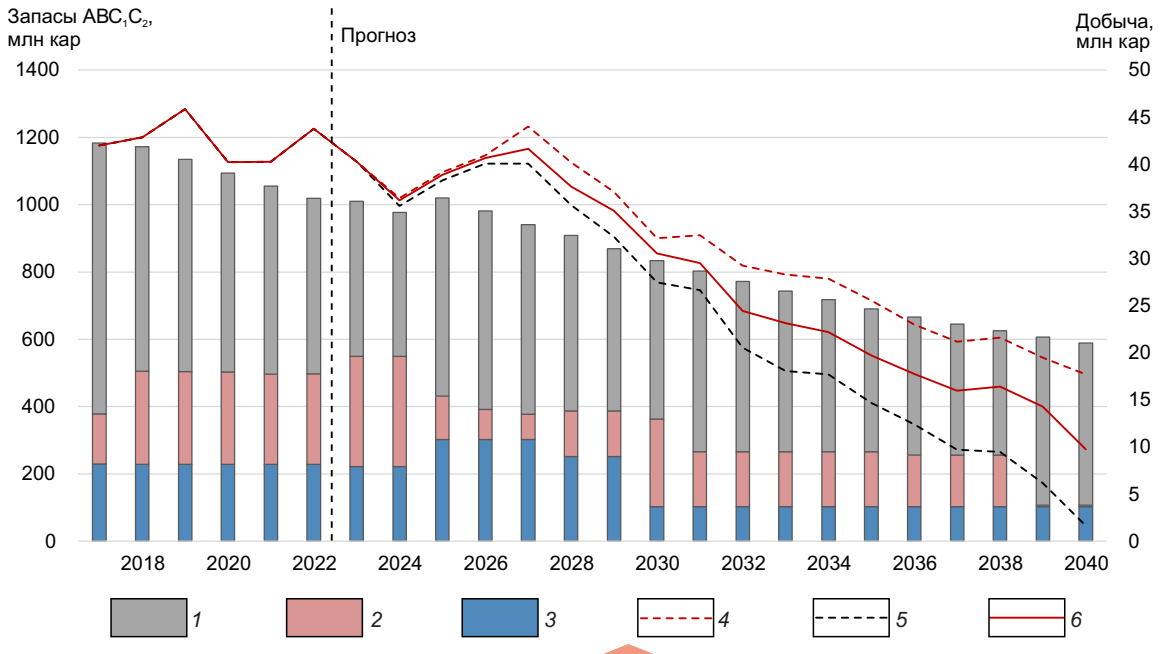


Рис. 1. Прогноз развития МСБ алмазов по 2040 г.:

прогнозируемое изменение запасов: *1* – группа 1 (запасы, вовлечённые в эксплуатацию, и запасы в инвестиционной стадии), *2* – группа 2 (запасы, находящиеся в предынвестиционной фазе, ведётся проектирование), *3* – группа 3 (запасы, по которым не приняты инвестиционные решения); добыча, сценарий: *4* – прогрессивный, *5* – консервативный, *6* – базовый

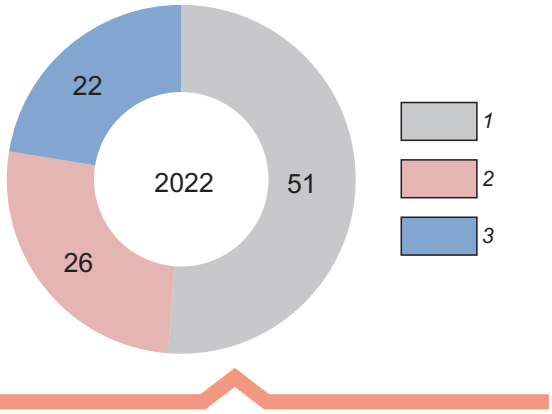


Рис. 2. Соотношение запасов месторождений различных инвестиционных групп:

1 – группа 1 (запасы, вовлечённые в эксплуатацию, и запасы в инвестиционной стадии (имеются проектные решения): все разрабатываемые месторождения, включая подготавливаемое тело Майское (протоколы ЦКР-ТПИ)); *2* – группа 2 (запасы, находящиеся в предынвестиционной фазе и обладающие коммерческим потенциалом (ведётся проектирование)): запасы глубоких горизонтов трубок Айхал, Юбилейная, Мир и др. (по данным АК «АЛРОСА» (ПАО)); *3* – группа 3 (запасы, по которым не приняты инвестиционные решения, отработка которых малоперспективна либо требует экономической оценки: НРФН, глубокие горизонты разрабатываемых месторождений)

Группа 3. Находящиеся в резерве – по ним не приняты инвестиционные решения, их отработка малоперспективна или требует экономической оценки: объекты НРФН, глубокие горизонты разрабатываемых месторождений. По количеству запасов эта группа месторождений занимает 22% от всех балансовых запасов РФ на 01.01.2022 г. (см. рис. 2).

Базовый сценарий (см. рис. 1) предполагает введение в эксплуатацию месторождений с уже существующими балансовыми запасами (Карпинского-2, Пионерская), переход на подземную отработку действующих (подземные рудники «Юбилейный», «Мир-Глубокий», глубокие горизонты трубок Удачная и Айхал). Суммарная добыча на этих объектах после 2035 г. вместе с действующими месторождениями составит 10–20 млн кар.

Согласно *консервативному (негативному) сценарию,* запасы отрабатываемых в настоящее время месторождений позволят поддерживать годовую добычу на текущем уровне 38–41 млн кар до 2027 г. с последующим снижением до 27 млн кар к 2031 г. и 9 млн кар к 2038 г., завершением добычи после 2040 г.

Прогрессивный сценарий предполагает ввод в эксплуатацию объектов, находящихся на балансе, для которых в данный момент нет планов по отработке и новых объектов с оценёнными ПР кат. P_1–P_2. Для поддержания текущего уровня добычи эти объекты должны увеличить добычу после 2035 г. примерно на 9–10 млн кар в год. *Таким образом, для полной компенсации выбывающих месторождений необходимо в ближайшее время открытие новых коренных месторождений алмазов.*

Золото. Золото не только используется в промышленности, но и является важной статьёй экспорта в Российской Федерации. По запасам золота РФ занимает первое место в мире, а по добыче – третье место.

Месторождения золота представлены тремя типами – собственно золоторудными, комплексными и россыпными. В последние десятилетия существовала отчётливая тенденция увеличения МСБ в целом за счёт собственно золоторудных и комплексных месторождений, несмотря на снижение балансовых запасов россыпных месторождений, которые составляли 7% от общих запасов (данные на 01.01.2022 г.) (рис. 3, А). Также почти непрерывно возрастала добыча золота из всех трёх типов месторождений (см. рис. 3, Б), причём доля россыпного золота в добыче составила 20% в 2022 г.

Прогноз изменения запасов золота по 2040 г. (рис. 4) учитывает несколько моментов. Во-первых, изменение запасов россыпного золота принимается относительно незначительным, исходя из отчётливой тенденции последних лет об их постоянном наращивании в результате проведения геологоразведочных работ и последующей быстрой отработки. Поэтому такой ежегодный прирост запасов и их списание в результате отработки не отражаются в ГБЗ, хотя реально добыча россыпного золота увеличивается. При отсутствии постоянных ГРР запасы россыпного золота распределённого фонда недр были бы полностью отработаны ещё до 2030 г. Во всех приведённых на рис. 4 сценариях добычи золота из россыпных месторождений учитывается именно факт постоянного наращивания в течение календарного года запасов в результате ГРР с последующей отработкой и списанием с баланса в этот же период времени.

Объём добычи золота по всем трём сценариям, как и изменение балансовых запасов во времени

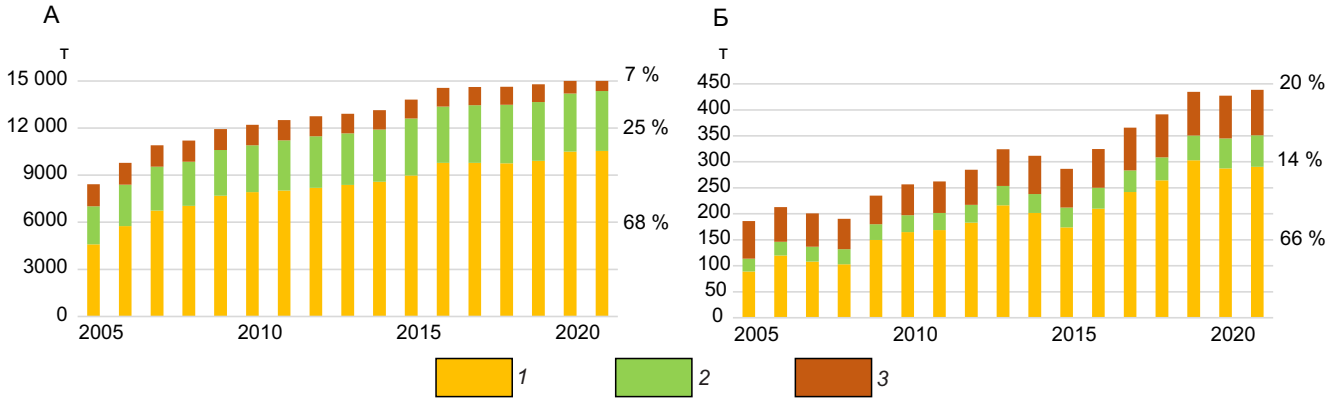


Рис. 3. Динамика запасов ABC_1C_2 золота по типам месторождений на 01.01.2022 (А) и динамика добычи золота в России по типам месторождений на 01.01.2022 (Б):

1 – собственно золоторудные; *2* – комплексные; *3* – россыпные

при базовом сценарии (см. рис. 4), рассчитан с учётом начала эксплуатации месторождения рудного золота Сухой Лог в 2026 г., доля которого в балансовых запасах составляет около 13 %. Соответственно, доля этого месторождения в добыче золота (среднегодовое значение в прогнозируемый период) превысит 17 %, что и должно привести к значительному возрастанию объёма добычи золота. Колебание же на графике общего объёма добычи золота по 2040 г. связано с планируемой в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций месторождения Сухой Лог её неравномерностью во времени в зависимости от производительности будущей золотоизвлекательной фабрики (ЗИФ).

При *прогрессивном* сценарии учитывается добыча из месторождений, подготовленных из объектов с прогнозными ресурсами золота (значимым примером является месторождение «имени Б. К. Михайлова», в июне 2023 г. выдана совмещённая лицензия после состоявшегося аукциона), а также из месторождений нераспределённого фонда недр и разведанных в перспективе. К этой же категории отнесено крупное Перекатное месторождение (Магаданское область), балансовые запасы золота которого составляют 108,2 т (при средних содержаниях 0,615 г/т) и серебра – 443,1 т (при средних содержаниях 2,519 г/т). Оно перешло в августе 2022 г. в нераспределённый фонд недр из-за отзыва лицензии по причине невыполнения условий лицензионного соглашения.

В связи со сложной международной обстановкой и возможными осложнениями при приобретении оборудования начало эксплуатации месторождения Сухой Лог может быть перенесено на более поздний срок, и тогда прогноз как добычи золота, так и состояния балансовых запасов может значительно скорректироваться.

В целом при базовом сценарии добычи запасы распределённого фонда недр (РФН), учтённые на коренных месторождениях (на 01.01.2022 г.), к 2040 г. сократятся почти в 2,3 раза: с 12 969 до 5737 т. При успешности ГРР на объектах с подготовленными прогнозными ресурсами к 2040 г. запасы новых месторождений могут составить более 2000 т.

Металлы платиновой группы (МПГ). МСБ этой группы металлов в РФ устойчива, по запасам мы занимаем второе место в мире, по добыче – также второе место.

В соответствии со «Стратегией…» МПГ относятся к полезным ископаемым первой группы, минерально-сырьевая база которых достаточна для обеспечения потребностей экономики в долгосрочной перспективе, и целевое воспроизводство запасов определено выше 50 % от погашения. Поэтому для МПГ геологоразведочные работы за средства федерального бюджета проводятся в ограниченном объёме, и основной прирост запасов обеспечивается недропользователями. За период с 2005 по 2021 г. ими подготовлено более 5000 т балансовых запасов – в основном в результате

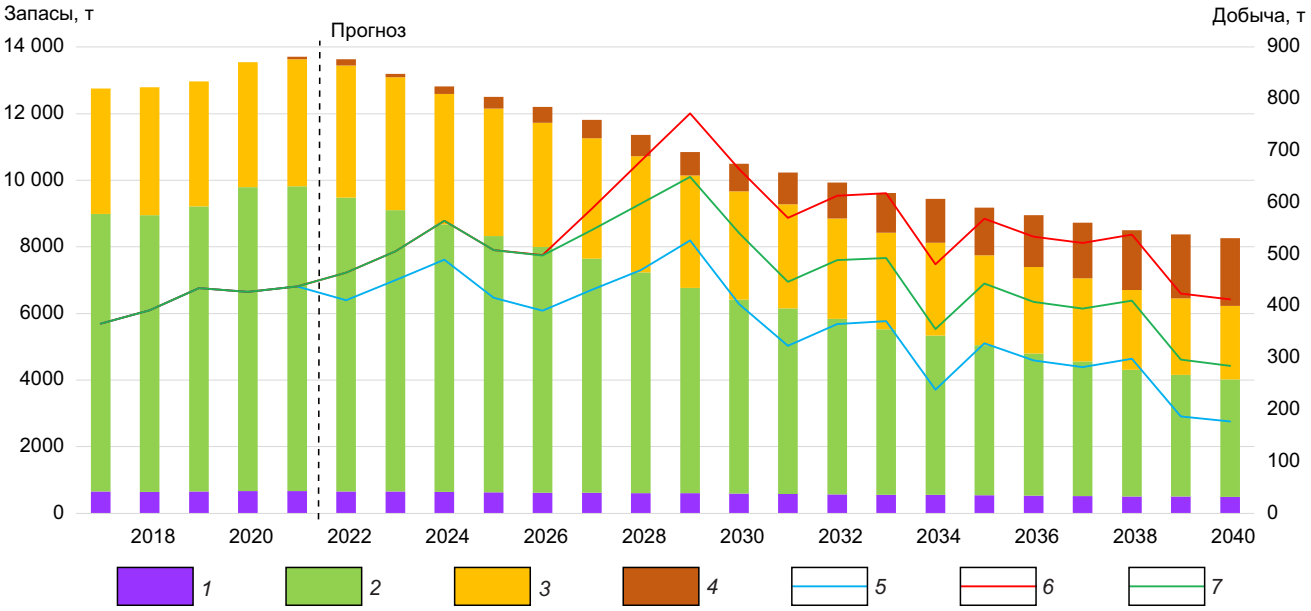


Рис. 4. Динамика запасов золота и добычи золота в 2017–2021 гг. и прогноз развития МСБ и добычи золота по 2040 г.:

запасы: *1* – россыпей, *2* – разрабатываемых месторождений, *3* – разведанных и подготавливаемых месторождений, *4* – нераспределённого фонда и из ПР; добыча, сценарий: *5* – консервативный, *6* – прогрессивный, *7* – базовый

доразведки известных месторождений Норильского промышленного района (Масловское, Черногорское, Норильск-1 (Северная и Южная часть)), а накопленная добыча за этот период составила 2600 т [1, 4]. Но потенциал дальнейшего наращивания запасов за счёт доразведки является ограниченным.

Объекты с апробированными прогнозными ресурсами, относящиеся в основном к малосульфидному платинометалльному геолого-промышленному типу, за счёт выявления новых месторождений не могут обеспечить значительного прироста запасов. Соответственно, вклад в добычу МПГ из этих месторождений будет также относительно небольшим. На современном уровне изученности территории РФ единственным регионом, обладающим необходимыми условиями для образования этого типа месторождений МПГ, является Карело-Кольский, где располагаются все разведанные месторождения и рудопроявления с локализованными прогнозными ресурсами.

Таким образом, при *базовом* сценарии добычи в обозримом будущем прогнозируется снижение балансовых запасов МПГ (рис. 5) на фоне возрастающей добычи. При этом запасы распределённого фонда недр (на 01.01.2022 г.) к 2040 г. сократятся в 1,4 раза с 15,9 до 11,0 тыс. т.

Серебро. Состояние МСБ серебра в РФ в целом устойчиво, по его запасам мы занимаем второе место в мире, по добыче – четвёртое место.

МСБ серебра представлена 552 месторождениями, в том числе 499 коренными и 53 россыпными [4], причём более 50 % запасов сосредоточены в девяти крупных месторождениях: Удоканское, Нойон-Тологой, Быстринское, Прогноз, Верхне-Менкече, Вертикальное, Дукатское, Озерное и Холоднинское (разработка последнего невозможна из-за нахождения в Центральной экологической зоне оз. Байкал). Серебро, по «Стратегии…», относится к той же группе, что и золото – для них необходимо обеспечить 100 %-ное воспроизводство запасов.

При *базовом* сценарии добычи (рис. 6) запасы распределённого фонда недр (на 01.01.2022 г.) к 2040 г. сократятся в 2,0 раза с 107,7 до 53,4 тыс. т. При успешности ГРР и с учётом возможного

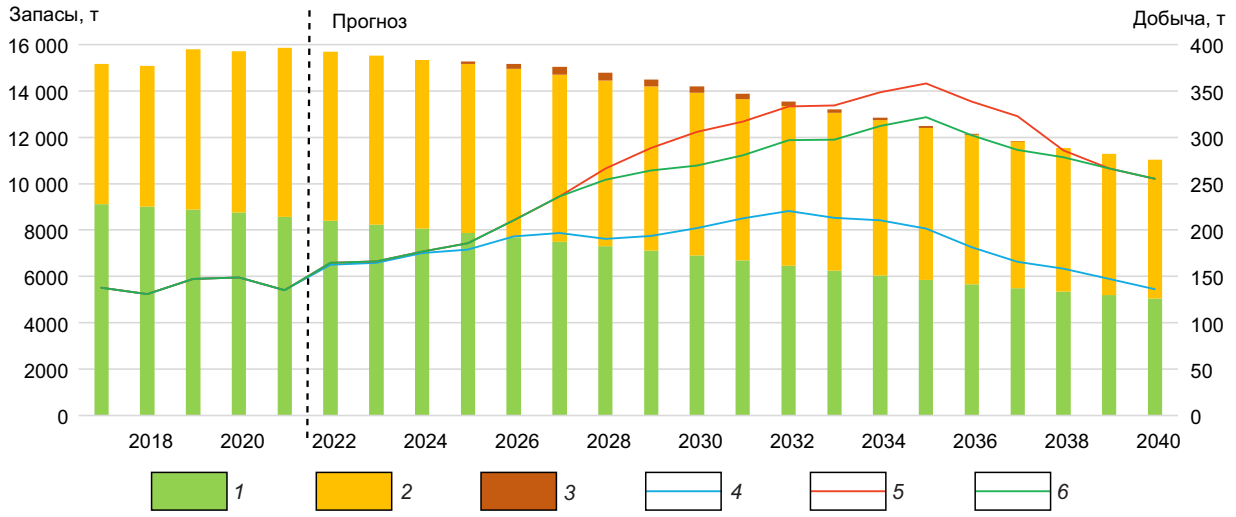


Рис. 5. Динамика запасов и добычи МПГ в 2017–2021 гг. и прогноз развития МСБ и добычи МПГ по 2040 г.:

запасы: *1* – разрабатываемых месторождений, *2* – разведанных и подготавливаемых месторождений, *3* – подготавливаемых из ПР; добыча, сценарии: *4* – консервативный, *5* – прогрессивный, *6* – базовый

начала добычи на объектах, подготовленных из ПР к 2040 г., количество новых запасов может составить чуть менее 6,6 тыс. т.

Никель. По запасам никеля Российская Федерация занимает первое место в мире, по добыче – третье место.

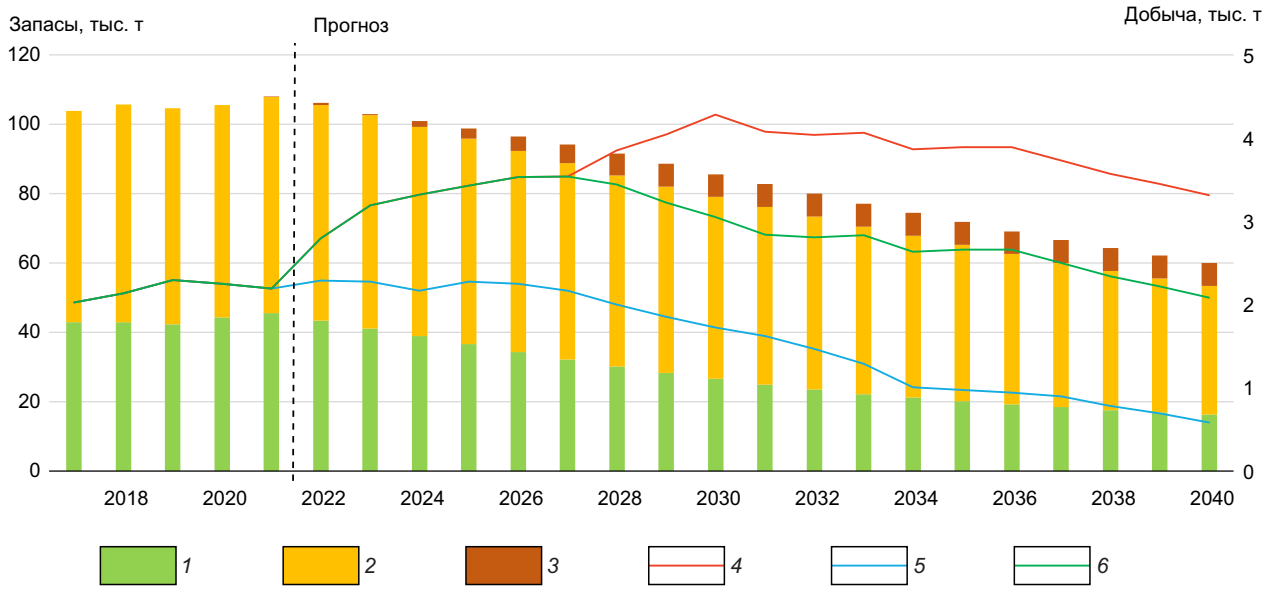


Рис. 6. Динамика запасов и добычи серебра в 2017–2021 гг. и прогноз развития МСБ и добычи серебра по 2040 г.:

запасы: *1* – разрабатываемых месторождений, *2* – разведанных и подготавливаемых месторождений, *3* – нераспределённого фонда и из ПР; добыча, сценарий: *4* – консервативный, *5* – прогрессивный, *6* – базовый

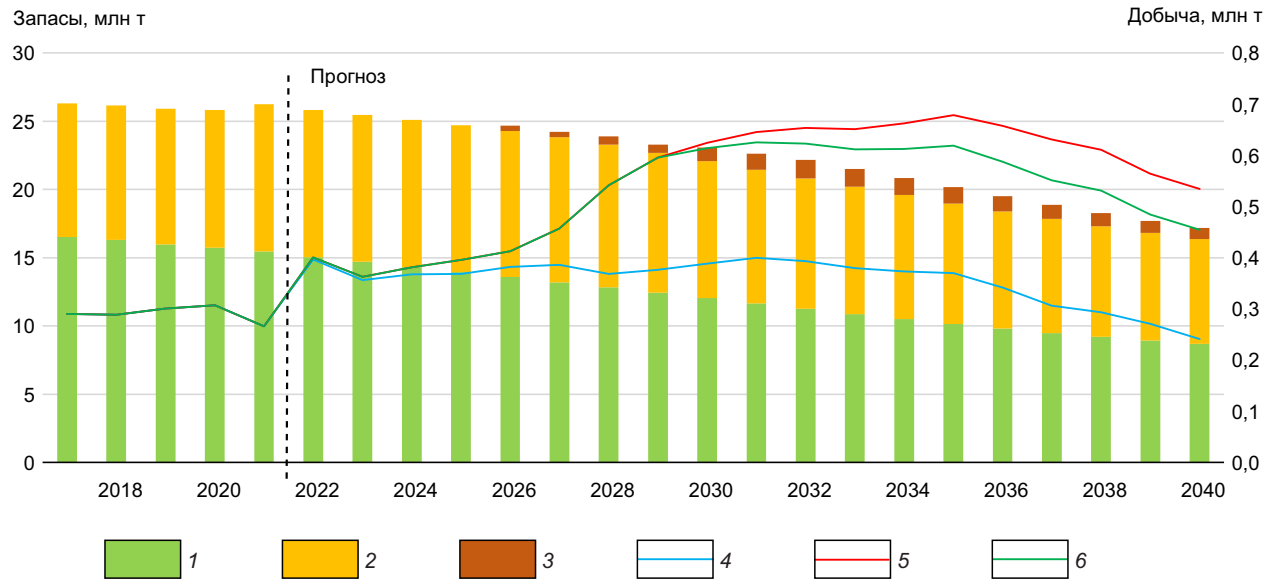


Рис. 7. Динамика запасов и добычи никеля в 2017–2021 гг. и прогноз развития МСБ и добычи никеля по 2040 г.:

запасы: *1* – разрабатываемых месторождений, *2* – разведанных и подготавливаемых месторождений, *3* – подготавливаемых из ПР; добыча, сценарий: *4* – консервативный, *5* – прогрессивный, *6* – базовый

Основные запасы никеля находятся в комплексных медно-никелевых месторождениях Норильского промышленного района, Красноярского края, Мурманской, Воронежской и Амурской областей. Балансовые запасы никеля также имеются в месторождениях силикатного геолого-промышленного типа в пределах трёх регионов Уральского и Приволжского федеральных округов.

В настоящее время добычу никеля в значимом масштабе осуществляет только ПАО «ГМК “Норильский никель”», действующие мощности которого в Норильском рудном районе и Мурманской области обеспечены собственным сырьём на длительный срок. Готовятся к реализации новые проекты освоения месторождений Норильского рудного района (Черногорское, южная часть Норильск-I – Холдинг ООО «Русская платина»; Масловское – ПАО «ГМК “Норильский никель”»), на юге Красноярского края (Кингашское и Верхнекингашское – ООО «Кингашская ГРК»), в Воронежской области (Еланское и Ёлкинское – ОАО «УГМК») и в Амурской области (Кун-Манье – АО «Кун-Манье»). В перспективе возможно возобновление добычи на силикатных никелевых месторождениях при успешности результатов технологических испытаний ПАО «Комбинат “Южуралникель”» по получению гранулированного ферроникеля и чугуна из руд Буруктальского месторождения.

Введение в строй этих объектов позволит в ближайшие годы нарастить добычу никеля в РФ (рис. 7).

В то же время степень разведанности и поисковой изученности известных рудных районов территории России достаточно высока, поэтому вероятность обнаружения новых крупных месторождений никеля с запасами более миллиона тонн, которые могли бы дать ощутимый прирост МСБ, незначительна. Возможные приросты связаны с доразведкой известных месторождений. А ресурсный потенциал никеля РФ является ограниченным, апробированные прогнозные ресурсы высоких категорий P_1 и P_2, локализованные на флангах и глубоких горизонтах известных месторождений, составляют соответственно 2027,6 и 5674 тыс. т. При успешности ГРР на объектах с подготовленными ПР к 2040 г. количество новых запасов может составить около 0,8 млн т.

Поэтому, несмотря на значительную МСБ никеля, при базовом сценарии добычи запасы распределённого (на 01.01.2022 г.) фонда недр к 2040 г. сократятся в 1,6 раза с 26,2 до 16,4 млн т. В случае

реализации *консервативного* сценария развития добычи это снижение может быть меньше.

Кобальт. По запасам кобальта РФ занимает второе место в мире, по добыче – также второе место.

Кобальт с получением товарного продукта (концентрата или металла) в РФ добывается из комплексных медно-никелевых месторождений, поэтому и состояние, и МСБ, и добыча во многом аналогичны, как и прогноз их развития по 2040 г. (рис. 8). При анализе МСБ и добычи никеля и кобальта необходимо учитывать три момента. Во-первых, отсутствие эффективной и рентабельной промышленной технологии переработки руд месторождений силикатного никеля; во-вторых, прогнозные ресурсы кобальта в РФ не учитываются; в-третьих, для кобальта возможно наращивание добычи при лицензировании и освоении единственного значимого собственного месторождения сульфидного типа – Кара-Кульского в Республике Алтай (Со 25,656 тыс. т), которое находится в нераспределённом фонде недр. Лицензирование и освоение этого объекта сдерживается недостаточной исследовательностью технологии извлечения из руд кобальта и сопутствующих элементов.

Но эти моменты могут лишь незначительно повлиять на прогноз развития МСБ и добычи кобальта. При *базовом* сценарии добычи она в ближайшие годы, как и у никеля, будет возрастать, в связи с чем товарные запасы распределённого (на 01.01.2022 г.) фонда недр к 2040 г. сократятся в 1,5 раза с 1114 до 736 тыс. т.

Медь. Масштаб балансовых запасов и действующего производства меди, включая полный производственный цикл последнего «руда–концентрат–металл–изделие», позволяет РФ занимать одно из ключевых мест в мире по следующим показателям (второе место в мире по запасам и шестое место по добыче) [2]. В структуре сырьевой базы меди РФ определяющую позицию занимают сульфидные медно-никелевые (34,4%), медно-порфировые (23,9%), медистых песчаников и сланцев (19,6%) и медноколчеданные (14,5%) месторождения, заключающие в целом 92,3% балансовых запасов страны. Свыше 94% балансовых запасов меди страны переданы в недропользование.

Главными регионами добычи меди в России являются Красноярский край (Норильский рудный район), Южный и Средний Урал (Челябинская, Оренбургская и Свердловская области и Республика Башкортостан), Забайкальский край

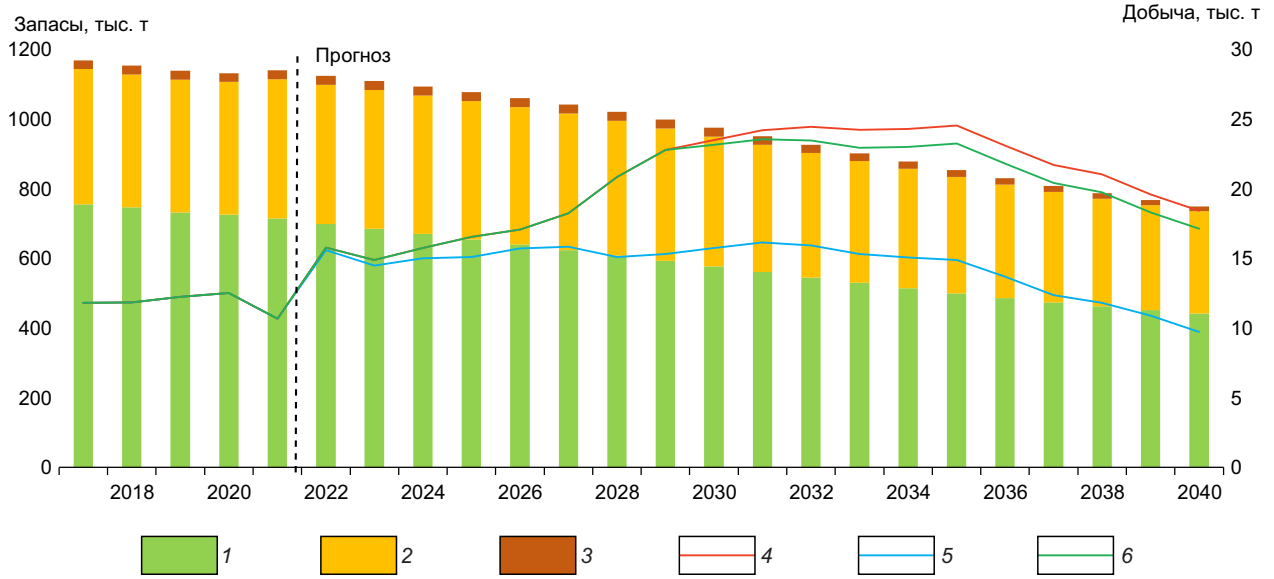


Рис. 8. Динамика запасов и добычи кобальта в 2017–2021 гг. и прогноз развития МСБ и добычи кобальта по 2040 г.:

запасы: *1* – товарные разрабатываемые, *2* – товарные подготавливаемые и разведанные, *3* – товарные нераспределённого фонда; добыча товарная, сценарий: *4* – консервативный, *5* – прогрессивный, *6* – базовый

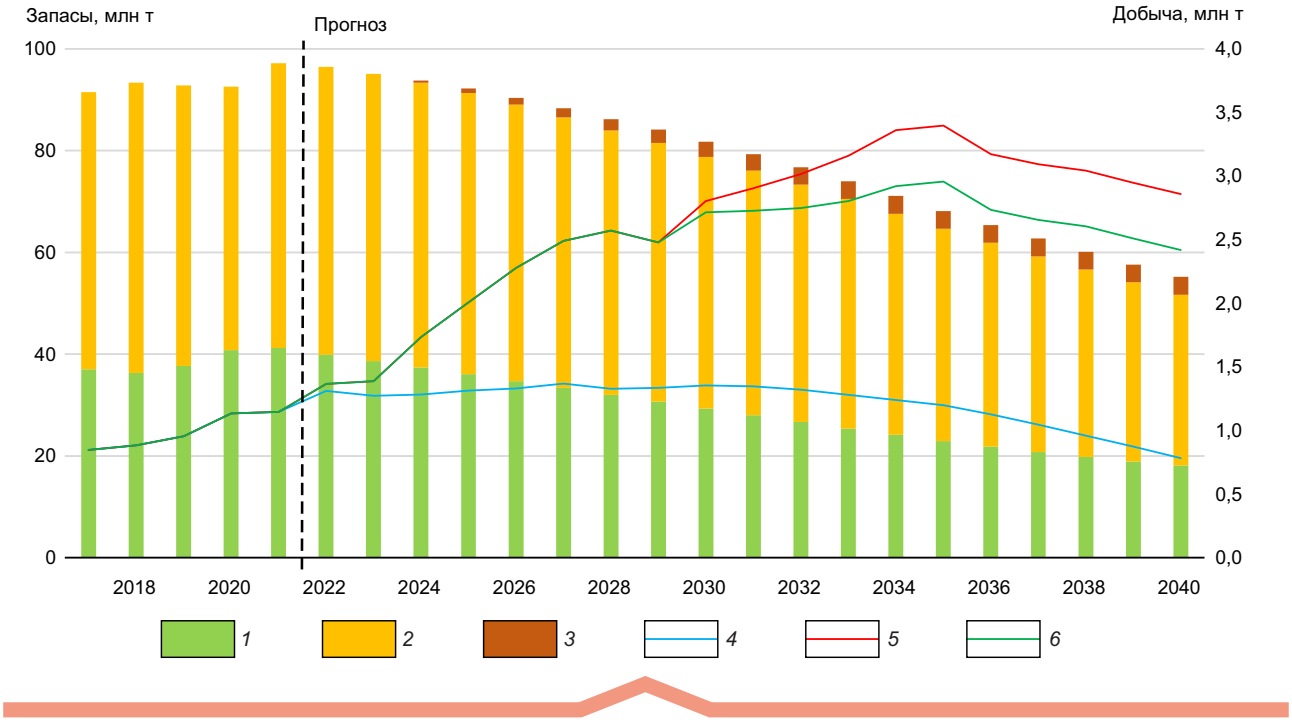


Рис. 9. Динамика запасов и добычи меди в 2017–2021 гг. и прогноз развития МСБ и добычи меди по 2040 г.:

запасы: *1* – разрабатываемых месторождений, *2* – разведанных и подготавливаемых месторождений, *3* – подготавливаемых из ПР; добыча, сценарий: *4* – консервативный, *5* – прогрессивный, *6* – базовый

и Мурманская область (Печенгский район). Основной объём добычи меди в России обеспечивают предприятия трёх вертикально-интегрированных холдингов: ПАО «ГМК “Норильский никель”», АО «Русская медная компания» (АО «РМК»), ОАО «Уральская горно-металлургическая компания» (ОАО «УГМК»). Добываемые руды перерабатываются на собственных обогатительных фабриках (ОФ) компаний, а получаемые концентраты в основном направляются на принадлежащие им же металлургические предприятия. По мере ввода новых мощностей число значимых продуцентов возрастет.

Апробированные прогнозные ресурсы (АПР) высоких категорий меди по состоянию на 01.01.2022 г. составляют (в тыс. т): по кат. P_1 – 10 624,6, кат. P_2 – 22 217,6. Из этих ресурсов могут быть подготовлены при проведении ГРР около 13,5 тыс. т запасов [2]. Основная часть АПР меди РФ кат. P_1 находится в Республике Башкортостан (20,3 %), Челябинской (15,6 %) и Оренбургской областях (12 %); кат. P_2 – локализованы в Чукотском АО (20 %), Челябинской области (19,8 %) и в Красноярском крае (14 %). Объекты с АПР меди указанных регионов представлены медно-цинково-колчеданным, медно-порфировым и сульфидным медно-никелевым оруденением. В результате проведения ГРР на объектах с прогнозными ресурсами могут быть подготовлены балансовые запасы меди в количестве около 3,5 млн т. (рис. 9), которые к 2040 г. могут быть вовлечены в эксплуатацию.

В последние годы запасы меди возрастали (рис. 9), что связано с разведкой медно-порфировых (Малмыжское, Песчанка и др.), медно-никелевых (Норильск-1 (Южная часть), Кун-Манье и др.), скарновых (Быстринское, Култуминское) месторождений. На ряде объектов медно-цинково-колчеданных руд ГРР в настоящее время продолжаются, их положительное завершение внесёт вклад в укрепление МСБ меди. В связи с подготовкой к эксплуатации целой группы месторождений различных промышленных типов в ближайшие годы планируется значительный рост добычи (см. рис. 9), вследствие чего начнётся снижение балансовых запасов.

При *базовом* сценарии добычи запасы распределённого фонда к 2040 г. сократятся в 1,9 раза с 97,2 до 51,7 млн т.

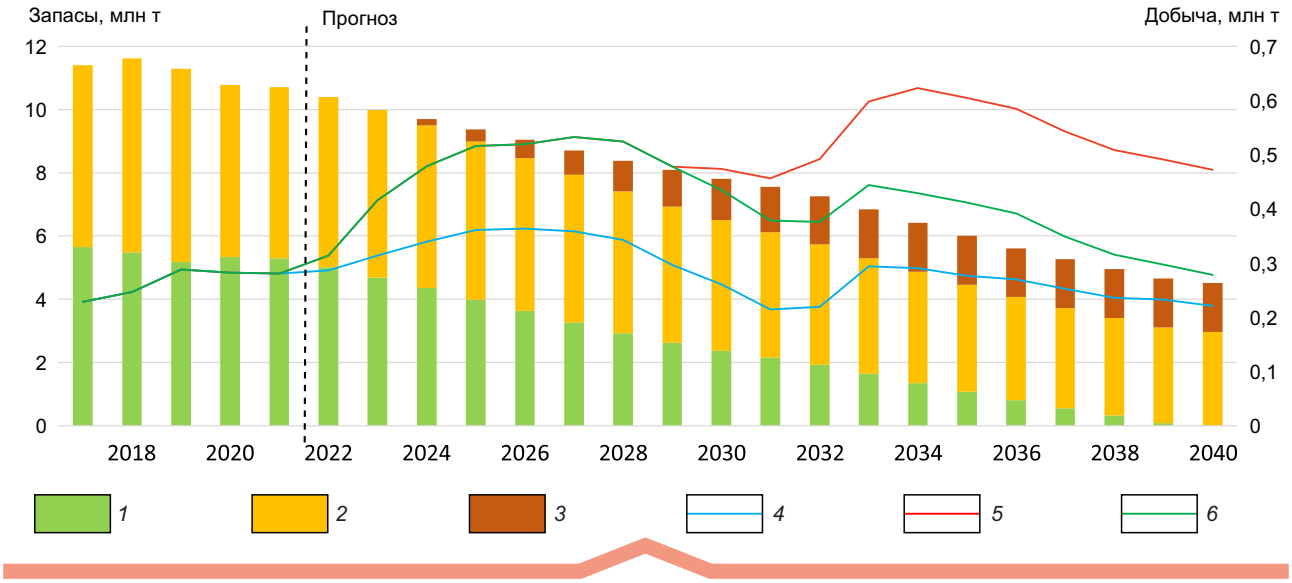


Рис. 10. Динамика запасов и добычи свинца в 2017–2021 гг. и прогноз развития МСБ и добычи свинца по 2040 г.:

запасы: *1* – разрабатываемых месторождений, *2* – разведанных и подготавливаемых месторождений, *3* – подготавливаемых из ПР; добыча, сценарий: *4* – консервативный, *5* – прогрессивный, *6* – базовый

Свинец. Россия располагает значительной сырьевой базой свинца (третье место в мире по запасам и шестое место по добыче) и входит в десятку крупнейших продуцентов металла в концентратах. При этом из-за отсутствия в РФ предприятий по переработке концентратов все они экспортируются, и Россия занимает второе (после Перу) место в мире по их экспортным поставкам. Основным сырьевым источником металла в стране являются свинцово-цинковые руды; полиметаллические и другие руды имеют подчинённое значение.

Особенностью минерально-сырьевой базы свинца в РФ (рис. 10) является наличие значительных «замороженных» запасов в Холоднинском месторождении (3358,9 тыс. т или 19,6% от балансовых запасов РФ и 52,4% от запасов в нераспределённом фонде недр), которое расположено в центральной экологической зоне оз. Байкал, где запрещена добычная деятельность. Поэтому в РФН находятся (на 01.01.2022 г.) лишь 62,6% балансовых запасов свинца. Почти 89% из них распределены между 7 компаниями: АО «Горевский ГОК», Группа Highland Gold и АО «ОзГРК», ОАО «УГМК», ООО «Байкалруд», ООО «Якутский газоперерабатывающий комплекс» (ООО «ЯГПК»), АО «Первая горнорудная компания», АО «ГМК “Дальполиметалл”». Без учёта Холоднинского месторождения сырьевая база свинца имеет высокий уровень лицензирования – 77,8%.

Апробированные прогнозные ресурсы (АПР) высоких категорий свинца по состоянию на 01.01.2022 г. составляют (в тыс. т): по кат. P_1 – 4068,1, кат. P_2 – 9664 и локализованы на колчеданно-полиметаллических и свинцово-цинковых месторождениях. АПР категории P_1 приурочены в основном к флангам и глубоким горизонтам разрабатываемых месторождений.

Основным центром добычи свинца является Красноярский край, где АО «Горевский ГОК», разрабатывает свинцово-цинковое месторождение Горевское – 184,3 тыс.т в год (65,6% от РФ). Вторым по размеру добычи является месторождение Нойон-Тологой (ООО «Байкалруд») в Забайкальском крае (35,8 тыс. т или 12,7%). Остальной объём обеспечивается попутной добычей свинца на месторождениях различных геолого-промышленных типов Приморского, Алтайского и Забайкальского краёв, Республик Тыва, Саха (Якутия), Бурятия, Башкортостан, Магаданской, Оренбургской и Челябинской областей.

Балансовые запасы свинца в последние годы непрерывно снижаются, и это снижение будет продолжаться в обозримой перспективе, в том числе за счёт планово возрастающей добычи (см. рис. 10). При *базовом* сценарии добычи запасы

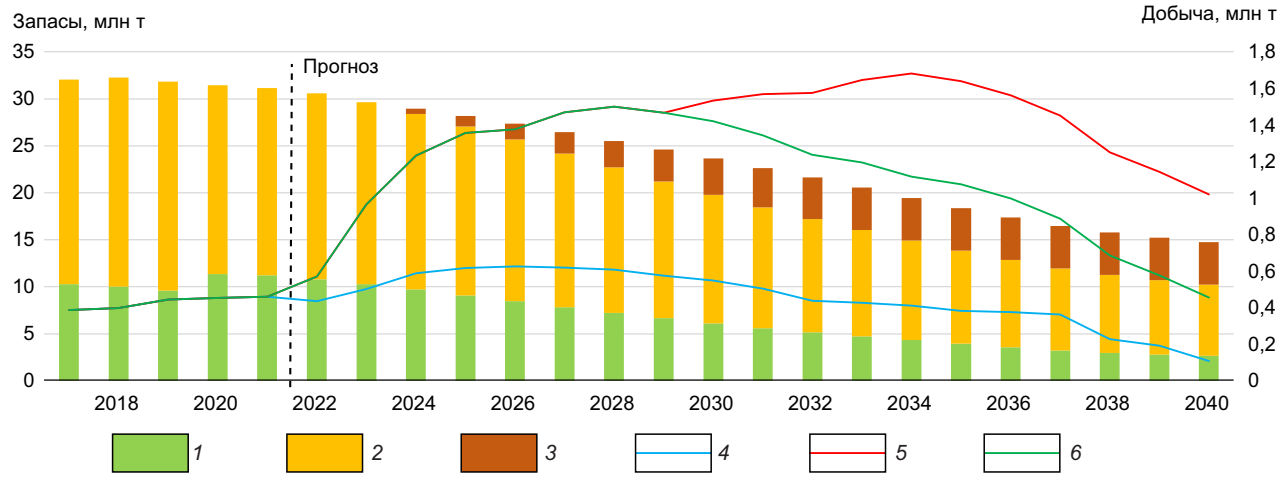


Рис. 11. Динамика запасов и добычи цинка в 2017–2021 гг. и прогноз развития МСБ и добычи цинка по 2040 г.:

запасы: *1* – разрабатываемых месторождений, *2* – разведанных и подготавливаемых месторождений, *3* – подготавливаемых из ПР; добыча, сценарий: *4* – консервативный, *5* – прогрессивный, *6* – базовый

распределённого фонда к 2040 г. сократятся в 3,6 раза с 10,7 до 3,0 млн т. При этом все запасы разрабатываемых месторождений будут погашены к 2039 г., а добыча на таких объектах будет обеспечиваться за счёт участков, находящихся на начало 2022 г. в подготовительной или разведываемой стадии, но и её продолжительность не превысит 6 лет (2045 г.). При положительных результатах ГРР и с учётом возможного начала добычи на объектах, подготовленных из ПР к 2040 г., количество новых запасов может составить около 1,5 млн т.

Цинк. Россия по запасам цинка занимает второе место в мире, уступая только Китаю, по добыче – девятое место. Качество руд отечественных объектов в целом сопоставимо с зарубежными аналогами, однако главным источником цинка являются медно-цинково-колчеданные месторождения со сравнительно невысоким содержанием металла в рудах.

По производству цинка в концентратах и металлического цинка Россия входит в десятку основных мировых продуцентов. В структуре сырьевой базы цинка РФ преобладают полиметаллические (46,9 %), свинцово-цинковые (29,7 %) и медно-цинково-колчеданные (20,5 %) месторождения, заключающие 97,1 % балансовых запасов страны.

Особенностью минерально-сырьевой базы цинка, как и свинца, в РФ (рис. 11) является наличие значительных «замороженных» запасов в Холоднинском месторождении (21 195,2 тыс. т или 36,3 % от всех запасов РФ на 01.01.2022 г. или 77,7 % от НРФН), которое расположено в центральной экологической зоне оз. Байкал, где запрещена добычная деятельность. Поэтому в РФН находятся (на 01.01.2022 г.) лишь 53,3 % балансовых запасов цинка. Почти 93 % из них распределены между 8 компаниями: ОАО «УГМК», Группа Highland Gold и АО «ОзГРК», АО «Первая горнорудная компания», ООО «ЯГПК», АО «Горевский ГОК», ООО «Байкалруд», ООО «Лунсин» и АО «ГМК «Дальполиметалл». Без учёта Холоднинского месторождения сырьевая база цинка имеет высокий уровень лицензирования – 83,6 %. Остальные объекты нераспределённого фонда представлены мелкими (до 100 тыс. т – 45 объектов) и средними (102,9–712,4 тыс. т – 22 объекта) по балансовым запасам месторождениями, которые характеризуются низким инвестиционным интересом.

АПР высоких категорий цинка по состоянию на 01.01.2022 г. составляют (в тыс. т): по кат. P_1 – 17 166, кат. P_2 – 25 423,2. Большая часть АПР цинка РФ кат. P_1 находится в трёх регионах – Красноярском крае (25,6 %), Архангельской области (18,7 %), Республике Башкортостан (14,4 %), Алтайском крае (12,1 %). Прогнозные ресурсы категории P_2 локализованы в основном в Алтайском (20,5 %) и Красноярском (14,9 %) краях и в Челябинской области (14,8 %). Объекты с АПР цинка

указанных регионов представлены колчеданно-полиметаллическим, медно-цинково-колчеданным и свинцово-цинковым геолого-промышленными типами.

Балансовые запасы цинка в последние годы снижаются, и это снижение будет продолжаться в обозримой перспективе, в том числе за счёт планово возрастающей добычи (см. рис. 11). Основные центры добычи цинка расположены на Южном и Среднем Урале, в Республике Тыва, Красноярском, Забайкальском и Алтайском краях.

При *базовом* сценарии добычи запасы распределённого фонда к 2040 г. сократятся в 3,0 раза с 31,1 до 10,2 млн т. (см. рис. 11). При положительных результатах ГРР и с учётом возможного начала добычи на объектах, подготовленных из ПР к 2040 г., количество новых запасов может составить около 4,5 млн т.

Выводы. Представленные в настоящей статье материалы по минерально-сырьевой базе и рассмотрение сценариев её развития и добычи АБЦМ в РФ показали:

- согласно документам планирования недропользователей по вводу в строй новых мощностей по добыче АБЦМ, в ближайшие годы ожидается рост добычи по всей этой группе полезных ископаемых;
- несмотря на высокую обеспеченность запасами АБЦМ, на 01.01.2022 г. во временном интервале по 2040 г. в разные годы для разных полезных ископаемых прогнозируется снижение добычи из-за сокращения балансовых запасов в связи с истощением месторождений;
- тенденция на сокращение МСБ АБЦМ в обозримой перспективе свидетельствует о необходимости выявления новых, прежде всего крупных, месторождений и подготовки их к эксплуатации;
- в связи с исчерпанием «поискового задела» по АБЦМ необходимо усиление геологоразведочных работ ранних стадий – прогнозных, прогнозно-минерагенических и поисковых;
- необходимо в новой редакции «Стратегии…» провести корректировку первой группы полезных ископаемых с переводом части из них во вторую группу с плановым воспроизводством запасов в 100%.
- поддержание устойчивого состояния МСБ рассмотренных видов полезных ископаемых будет обеспечивать поступление платежей в бюджеты различных уровней, снижая их дефицитность, а полученный доход может быть перераспределён не только на воспроизводство МСБ АБЦМ, но и на финансирование работ на другие виды минерального сырья, являющихся дефицитными для экономического развития страны.

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., Барышев А. Н., Донец А. И., Конкин В. Д.* Российские золоторудные месторождения – аспекты открытия // Отечественная геология. – 2022. – № 3. – С. 3–21.
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.* Благородные металлы Российской Федерации – состояние минерально-сырьевой базы и перспективы ее развития // Отечественная геология. – 2022. – № 1. – С. 3–25.
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. 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. – № 1. – 2018. – С. 18–28.
8. *Михайлов Б. К., Иванов А. И., Вартанян С. С., Беневольский Б. И.* Проблемы минерально-сырьевой базы золота России // Руды и металлы. – 2015. – № 1. – С. 93–99.

REFERENCES

1. *Alekseyev Ya. V., Zaskind Ye. S., Konkina O. M.* Syr'yevaya baza metallov platinovoy gruppy Rossii: sostoyaniye, osvoyeniye i perspektivy razvitiya do 2040 g. [Raw materials base of platinum group metals in Russia: state, development and development prospects up to 2040] Otechestvennaya geologiya [Domestic geology], 2022, No. 2, pp. 3–11. (In Russ.)
2. *Alekseyev Ya. V., Korchagina D. A.* Syr'yevaya baza medi: sostoyaniye i perspektivy razvitiya [Raw material base of copper: state and development prospects]. Otechestvennaya geologiya [Domestic geology], 2023, No. 1, pp. 3–19. (In Russ.)
3. *Ivanov A. I., Alekseyev Ya. V., Chernykh A. I., Naumov Ye. A., Kulikov D. A., Baryshev A. N., Donets A. I., Konkin V. D.* Rossiyskiye zolotorudnyye mestorozhdeniya – aspekty otkrytiya [Russian gold deposits – opening aspects]. Otechestvennaya geologiya [Domestic geology], 2022, No. 3, pp. 3–21. (In Russ.)
4. *Ivanov A. I., Alekseyev YA. V., Chernykh A. I., Naumov Ye. A., Kulikov D. A., Tarasov A. S., Konkina O. M., Minkin K. M., Popov I. V.* Blagorodnyye metally Rossiyskoy Federatsii – sostoyaniye mineral'no-syr'yevoy bazy i perspektivy yeye razvitiya [Precious metals of the Russian Federation - the state of the mineral resource base and the prospects for its development]. Otechestvennaya geologiya [Domestic geology], 2022, No. 1, pp. 3–25. (In Russ.)
5. *Ivanov A. I., Vartanyan S. S., Chernykh A. I., Volchkov A. G., Golubev Yu. K., Zvezdov V. S.* Perspektivy razvitiya mineral'no-syr'yevoy bazy almazov i zolota Rossiyskoy Federatsii [Prospects for the development of the mineral resource base of diamonds and gold in the Russian Federation]. Mineral'nyye resursy. 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 mineral'no-syr'yevoy bazy zolota v Rossiyskoy Federatsii [Status and prospects for the development 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 mineral'no-syr'yevoy bazy zolota v Rossiyskoy Federatsii [Status, prospects for the development and development of the mineral resource base of gold in the Russian Federation]. Otechestvennaya geologiya [Domestic geology], No. 1, 2018, pp. 18–28. (In Russ.)
8. *Mikhaylov B. K., Ivanov A. I., Vartanyan S. S., Benevol'skiy B. I.* Problemy mineral'no-syr'yevoy bazy zolota Rossii [Problems of the mineral resource base of gold in Russia]. Rudy i metally [Ores and metals], 2015, No. 1, pp. 93–99. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 25.06.23; одобрена после рецензирования 01.07.23; принята к публикации 01.07.23.
The article was submitted 25.06.23; approved after reviewing 01.07.23; accepted for publication 01.07.23.