

## «Старые» материалы для новой экономики

В.Б. Кондратьев

Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений  
им. Е.М. Примакова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация

✉v.b.kondr@imemo.ru

**Резюме:** Растущая потребность в хранении энергии в электрических средствах передвижения повышает интерес к использованию аккумуляторных батарей. Это отражается в резком увеличении производства и спроса на важнейшие сырьевые материалы, которые используются в производстве батарей: литий, кобальт, никель и др. В статье сделан обзор динамики производства, структуры потребления и структуры запасов лития, кобальта, никеля, природного графита, кремния. Представлена структура использования этих полезных ископаемых в автомобиле и электромобиле. Недавние скачки цен на материалы для аккумуляторных батарей вызвали у основных игроков добывающей отрасли обеспокоенность по поводу долгосрочной доступности данных товаров и высветили разную динамику предложения. Будущее этой товарной динамики будет зависеть от нескольких факторов. Наиболее значимыми из них являются скорость внедрения электромобилей и географический сдвиг в производстве аккумуляторов. В современных рыночных условиях добывающие компании стараются переходить от достижения краткосрочной прибыли к выстраиванию долгосрочной стратегии. Эта стратегия включает в себя партнерство с производителями и поставщиками аккумуляторных батарей, автопроизводителями и финансовыми игроками. Цель такого партнерства – формирование более широкого рынка для добываемых материалов. В обзоре показано, что уже в настоящее время происходит процесс формирования глобальных цепочек стоимости, обеспечивающих прозрачность и надежность поставок материалов от шахты, в которой они добываются до производства и установки аккумуляторных батарей на электромобили.

**Ключевые слова:** электромобили, аккумуляторные батареи, литий, кобальт, никель

**Для цитирования:** Кондратьев В.Б. «Старые» материалы для новой экономики. *Горная промышленность*. 2020;(4):109–119. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-4-109-119.

## The «traditional» materials for new economy

V.B. Kondratiev

Institute of World Economy and International Relations of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

✉v.b.kondr@imemo.ru

**Abstract:** The growing need to store energy in electric vehicles is boosting interest in using rechargeable batteries. This translates into a sharp increase in demand and production of the most important raw materials used in battery production, i.e. lithium, cobalt, nickel and others. The paper provides an overview of the production dynamics, consumption patterns and reserve structure of lithium, cobalt, nickel, natural graphite and silicon. The utilization patterns of these minerals are presented for conventional and electric vehicles. Recent price hikes for the battery materials have raised concerns among the key players in the mining industry about the long-term availability of these commodities and have highlighted different supply dynamics. The future dynamics for these commodities will be controlled by several factors. The most critical of these are the rate of electric vehicles introduction and the geographical shift in the battery production. In the current market conditions, mining companies are trying to move from short-term profits to building long-term strategies. This strategy includes partnerships with battery manufacturers and suppliers, carmakers and financial players. The aim of this partnership is to create a wider market for the commodities produced. The review shows that the global value chains are already evolving to ensure a transparent and reliable supply of materials from the mine where they are extracted to the production facilities and installation of batteries on electric vehicles.

**Keywords:** electric vehicles, batteries, lithium, cobalt, nickel

**For citation:** Kondratiev V.B. The «traditional» materials for new economy. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2020;(4):109–119. (In Russ.) DOI 10.30686/1609-9192-2020-4-109-119.

### Введение

Революция в области электромобилей открывает золотой век для аккумуляторного сырья, что лучше всего отражается в резком увеличении производства и спроса на литий, кобальт, никель и другие материалы. Кроме того, растущая потребность в хранении энергии, в электрических средствах передвижения, велосипедах, электрификации инструментов и в других сферах использования аккумуляторов

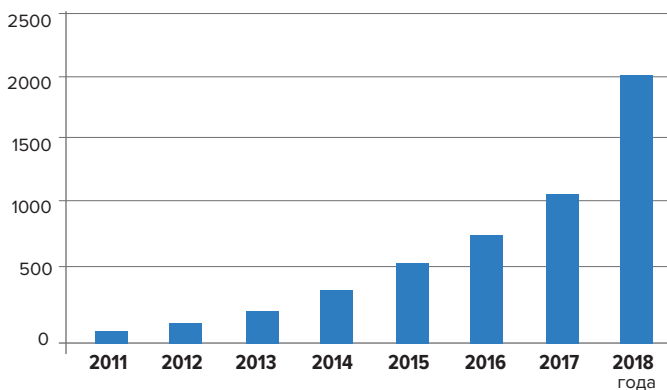
еще больше повышает интерес к этим товарам. Стратегические решения в отношении этих материалов различаются в зависимости от игроков отрасли, таких как автомобильные компании, производители аккумуляторов, компании по добыче и переработке материалов и финансовые инвесторы. Всем игрокам необходимо понять сложности и динамику этого быстроменяющегося рынка. Недавние скачки цен на материалы для батарей вызвали

обеспокоенность по поводу долгосрочной доступности данных товаров и высветили разную динамику предложения.

**Новые драйверы роста**

В настоящее время в мире наблюдается взрывной характер производства электромобилей, которые могут в значительной степени изменить сложившуюся структуру потребления материалов в автомобильной промышленности.

Рынок электромобилей в последние годы развивается исключительно высокими темпами благодаря государственным субсидиям, увеличению пробега электромобилей, снижению стоимости батарей и ужесточению экологических требований. Ежегодный объем продаж вырос с 50 тыс. ед. в 2011 г. до 2 млн ед. в 2018 г. (рис. 1).



**Рис. 1**  
Динамика ежегодных объемов продаж электромобилей в мире, тыс. ед.  
Источник: [1; 2]

**Fig. 1**  
Dynamics of annual sales volumes of electric cars worldwide, thousand units  
Source: [1; 2]

За первое полугодие 2019 г. объем продаж электромобилей по сравнению с аналогичным периодом 2018 г. вырос в США на 23%, в Европе – на 34%, а в Китае – на 66%. В то же время уровень проникновения электромобилей на автомобильный рынок наиболее высок в Норвегии. Здесь на электромобили приходится почти 50% продаж всех автомобилей, в Китае он составляет 4%, в США – 2%, а в Японии – 1% (табл. 1).

**Таблица 1**  
Доля электромобилей в общих объемах продаж всех автомобилей в 2018 г., %

**Table 1**  
Share of electric vehicles in the total sales of all vehicles in 2018, %

Страна	Год	
	2013	2018
Норвегия	6,1	49,1
Исландия	0,9	19
Швеция	0,7	8,2
Нидерланды	5,5	6,5
Финляндия	–	4,7
Китай	0,08	4,2
Великобритания	0,16	2,5
Канада	0,18	2,2
Франция	2,1	0,8
США	0,6	2,1
Германия	0,3	2,1
Япония	0,9	1,0

Источник: [1; 2].  
Source: [1; 2].

Хотя глобальная стоимостная цепочка производства электромобилей еще полностью не сформирована, можно наметить ее характерные черты.

Во-первых, она проще и требует меньше составных элементов и запасных частей. Во-вторых, в ней нет традиционных коробок передач, топливных насосов, фильтров, инжекторов, радиаторов и генераторов. В-третьих, нет проблемы выхлопных газов. В результате издержки на ремонт электромобилей ниже, чем машин с двигателями внутреннего сгорания.

Кардинальные изменения, которых не видела столетняя эпоха двигателей внутреннего сгорания, ожидаются в сегментах поставок сырьевых материалов и производителей оригинального оборудования (ОЕМ).

В традиционных автомобилях 10–15% добавленной стоимости приходится на поставщиков сырья, 50–55% – на поставщиков компонентов и 30–35% – на производителей оригинального оборудования и конечных производителей (табл. 2).

**Таблица 2**  
Структура стоимости традиционного автомобиля и электромобиля, %

**Table 2**  
Cost structure of conventional and electric vehicles, %

Автомобиль	Поставщики сырья	Поставщики компонентов	Конечные производители или поставщики батарей и компонентов к ним
Традиционный автомобиль	10–15	50–55	30–35
Электромобиль	15–20	35–40	40–45

Источник: [3].  
Source: [3].

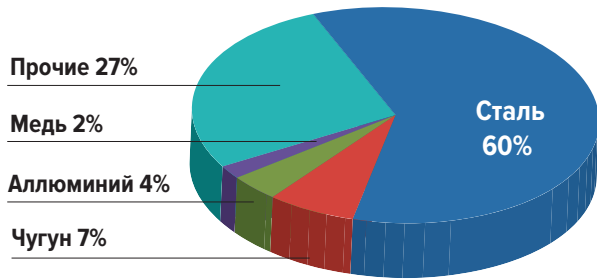
С изобретением электромобиля это соотношение заметно меняется. Главное изменение при переходе от двигателя внутреннего сгорания к электромоторам заключается в наборе материалов (Bill of Materials – BOM). Традиционная двигательная установка, состоящая из мотора, трансмиссии и ходовой части, в электромобиле превращается в систему батарей, моторов и прочих электронных компонентов, таких как система управления и контроля батарей и система терморегулирования. Изменения в структуре BOM связаны с увеличением использования таких материалов, как медь, полупроводники и редкоземельные металлы (литий, кобальт, ниобий). В новой стоимостной структуре электромобиля сырьевые материалы составляют 15–20% стоимости.

В настоящее время важнейшими сырьевыми материалами, используемыми в автомобиле, являются различные сплавы стали, алюминия, меди, пластика и драгоценных металлов. В новом электромобиле роль стали как важнейшего сырьевого материала снижается, а алюминия, меди и особенно лития – возрастает (рис. 2).

Другими важнейшими материалами становятся медь, использование которой увеличится до 8%, преимущественно в электродвигателях и электропроводке автомобиля, а также кобальт и графит, которые, помимо использования в батареях, составляют 7–8% электродвигателя.

Значительные потери от этого сдвига в наборе материалов понесут поставщики драгоценных металлов, которые используются для улавливания токсичных выбросов автомобилей и в электромобиле, оказывается, не нужны. Уже в настоящее время эти глобальные поставщики начали ди-

Традиционный автомобиль / Conventional vehicle



Электромобиль / Electric vehicle

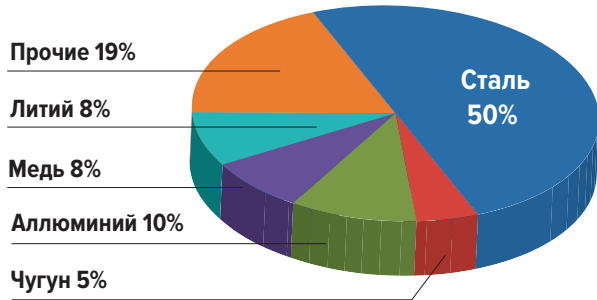


Рис. 2  
Структура использования материалов в автомобиле и электромобиле, %  
Источник: [3]

Fig. 2  
Structure of material usage in conventional and electric vehicles, %  
Source: [3]

версифицировать свой бизнес в направлении материалов для электромобилей.

Горная и химическая промышленность поставляет мириады сырьевых и обработанных материалов, используемых в производстве частей батарейных компонентов, включая аноды, катоды, электролиты и сепараторы. Эти части затем подвергаются сборке в отдельные батарейные компоненты. В то время как большая часть литиевых компонентов используется в батареях для компактных электромобилей.

тронных устройств, все растущая их доля направляется на производство батарейных блоков для электромобилей.

В литиево-ионных батареях используется широкий спектр сырьевых материалов, включая литий, никель, кобальт, марганец, алюминий, медь, кремний, олово, титан, графит и кремний. Некоторые из этих элементов имеют большую экономическую ценность и значение и в то же время отличаются высоким риском поставок, поэтому они получили название «критических сырьевых материалов». В ЕС и США периодически публикуется список подобных материалов. Как отмечают эксперты Европейского Союза, целью списка являются осуществление вклада в европейскую промышленную политику и обеспечение европейской промышленной конкурентоспособности, а также повышение доли промышленности в ВВП до 20% к 2020 г. Этот список также должен стимулировать производство критических сырьевых материалов в ЕС и способствовать развитию горной промышленности в регионе<sup>1</sup>.

Из всех материалов, используемых в производстве литиевых батарей, три включены в список критических, а именно: кобальт, природный графит и кремний.

Революция электрических средств передвижения оказалась золотым веком для сырьевых материалов, используемых в производстве батарей, особенно для лития и кобальта. Кроме того, растущий интерес к хранению и накоплению энергии, электрификации инструмента, а также другим вариантам использования батарей еще больше повысил интерес к этим сырьевым товарам. Однако появившиеся в последнее время опасения относительно стабильности поставок этих материалов для производства батарей и связанных с этим рисков требуют выработки надежной стратегии всех игроков рынка, включая автомобильные компании, производителей аккумуляторных батарей, добывающих и перерабатывающих компаний, а также финансовых инвесторов.

Традиционно динамика рынка кобальта и лития опре-

1 COM(2014) 297 final. «On the review of the list of critical raw materials for the EU and the implementation of the Raw Materials Initiative». Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.

Таблица 3  
Важнейшие сырьевые материалы при производстве аккумуляторных батарей

Table 3  
The most important commodities used in production of rechargeable batteries

Сырьевой материал	Основные производители, %	Основные источники импорта в ЕС, %	Индекс взаимозаменяемости*	Степень повторного использования, %**
Кобальт	ДРК – 51 Китай – 6 Россия – 5 Канада – 5 Австралия – 5	Россия – 96 (руда и концентрат) США – 3%	0,71	16
Природный графит	Китай – 66 Индия – 14 Бразилия – 7	Китай – 57 Бразилия – 15 Норвегия – 9	0,72	0
Кремний	Китай – 68 Россия – 8 США – 5 Норвегия – 4	Норвегия – 38 Бразилия – 24 Китай – 8 Россия – 7	0,81	0
Литий	Австралия – 41 Чили – 36 Аргентина – 21 Китай – 7	Н.д.	Н.д.	Н.д.

Примечания:

\* Индекс взаимозаменяемости оценивает сложность замены данного материала другим. Изменяется от 0 до 1 (наименьшая степень взаимозаменяемости).

\*\* Степень повторного использования измеряет долю металла или металлических товаров, которые могут производиться из скрапа и отходов производства данного металла. Составлено по: [4].

Note:

\* The Interchangeability Index evaluates the difficulty of replacing a given material with another. It varies from 0 to 1 (the lowest degree of interchangeability).

\*\* The Recycling Index measures the proportion of metal or metal components that can be produced from scrap of a given metal.

Compiled based on: [4].

делялась спросом на батареи со стороны потребительской электроники, на которую приходится соответственно 25 и 40% глобального спроса. Однако рост производства электромобилей в мире и спроса на аккумуляторные батареи с повышенной плотностью энергии может повысить спрос на литий в три раза за период с 2017 по 2025 г. [5].

Недавний ценовой всплеск на литий и кобальт породил опасения в отношении надежности долгосрочных поставок этих материалов на глобальные рынки и высветил особенности цепочек их снабжения. Более 95% поставок лития приходится на первичный литий в форме солевых рассолов или твердой породы, добываемых в странах Латинской Америки, Австралии и Китае. В противоположность этому на первичный кобальт приходится только 10% глобальных поставок, а остальная часть производится в качестве сопутствующего материала при добыче меди и никеля, а 65% его производства сосредоточено в Демократической Республике Конго.

Будущее этих материалов во многом зависит от нескольких факторов, важнейшими из которых являются скорость распространения электромобилей и направления территориальных сдвигов в производстве аккумуляторных батарей.

Ведущим фактором динамики спроса на литий и кобальт выступает революция в электромобилях. По оценкам компании McKinsey, производство электромобилей в мире может вырасти с 3,2 млн в 2017 г. до 13–18 млн к 2025 г. и до 26–36 млн к 2030 г. По мнению экспертов, можно выделить несколько факторов, определяющих динамику и распространение электромобилей, среди которых государственное регулирование, будущие издержки производства аккумуляторных батарей, доступность сети заправок для электромобилей и обслуживающей инфраструктуры, а также предпочтения потребителей.

При всем значении рынков Северной Америки и Европы динамика производства и потребления электромобилей будет все же определяться Китаем, на который к 2030 г. будет приходиться от 50 до 60% мирового спроса на этот вид транспорта.

*Государственное регулирование.* Государство в разных странах все шире использует регулятивные цели и стимулы для перехода на возобновляемые источники энергии и потребителей на электромобили. Среди лидеров находится Китай, который поставил своей целью довести долю электромобилей в объемах продаж до 20% к 2021 г. и ввел для этого новые стимулы. С 2018 г. такие субсидии в первоочередном порядке получают автомобили с пробегом 300 км и более, а с пробегом до 150 км лишены каких-либо субсидий. Подобным путем собираются идти и страны ЕС.

*Издержки производства батарей.* Существенное снижение издержек производства аккумуляторных батарей вследствие появления более крупных и эффективных производственных мощностей стимулировало переход на электромобили. Эти издержки снизились с 1000 дол./кВт\*ч в 2010 г. до 230 дол./кВт\*ч в 2017 г., т.е. почти в пять раз.

*Инфраструктура для электромобилей.* Существует в настоящее время две причины, сдерживающие потенциальных покупателей электромобилей: недостаточное число зарядных станций и долгое время зарядки. Хотя центральные и местные органы власти многих стран стараются расширить сеть зарядных станций, их число все еще существенно уступает количеству заправок традиционных автомобилей. Например, в США это соотношение составляет соответственно 17 и 115 тыс. Ряд

компаний, производящих электромобили, сами стараются инвестировать в соответствующую инфраструктуру. Так, американская Tesla к 2021 г. намеревается ввести в строй 8,5 тыс. станций ускоренной зарядки автомобилей, из которых 1300 – сверхбыстрых станций. Тем не менее для привлечения потребителей требуются еще большие объемы инвестиций в инфраструктуру.

*Стратегия автомобильных компаний.* Автомобилестроительные компании все активнее сосредотачиваются на производстве электромобилей, планируя в течение ближайших десяти лет выпустить около 350 новых моделей. Так, компания Volkswagen намеревается к 2025 г. опередить компанию Tesla в качестве мирового лидера по производству электромобилей, сократив число дизельных автомобилей. Компания BMW в 2017 г. уже выпустила 100 тыс. электромобилей, а к 2025 г. планирует довести производство до 25 моделей. Компания General Motors намеревается к 2026 г. производить до 1 млн электромобилей в год, а японская Toyota планирует достигнуть этого же уровня к 2030 г.

*Предпочтения потребителей.* Потребительское признание новых автомобильных технологий связано с возрастающей озабоченностью охраной окружающей среды, дизайном новых автомобилей, уровнем цен и разнообразием моделей. По данным компании McKinsey, среди двух важнейших причин отказа потребителей от покупки электромобилей являются их высокая цена и короткое расстояние пробега от одной зарядки. Повышение плотности выпускаемых батарей позволило увеличить величину пробега до следующей зарядки с 200 до 400 км.

## Литий

Литий используется в самых разных отраслях. Исторически он применялся в производстве керамики – его добавки улучшают качество продукции, термостойкость и сопротивляемость химическому воздействию. В металлургии (черной и цветной) металлический литий и его сплавы с кремнием и кальцием используются для удаления нежелательных примесей. Смазочные материалы с добавлением лития востребованы в авиации и военной промышленности, так как обеспечивают работу техники в экстремальных температурных режимах (от –50 до +150 °С). С ростом потребления смартфонов и носимой электроники (смарт-часов, фитнес-трекеров, спортивных браслетов и т. д.) широкое распространение получили литий-ионные и полимерные батареи.

На сегодняшний день наметился тренд на внедрение литий-ионных аккумуляторов в автопроме вместо более тяжелых и менее удобных свинцовых аккумуляторов. С учетом прогнозируемого роста количества электромобилей сегмент автомобильных аккумуляторов в общей структуре спроса на металлургическую продукцию за данный период может увеличиться с 30 до 71% (рис. 3).

Как ожидается, литий станет одним из важнейших материалов в электромобиле, с учетом его активного использования в производстве автомобильных батарей. Главными поставщиками лития на мировой рынок выступают страны латиноамериканского треугольника – Аргентина, Боливия и Чили, где преобладают литиевые рассолы, поддающиеся достаточно легкому извлечению. На эти три страны приходится более 50% мировых ресурсов лития. В других странах, в Австралии, например, господствуют месторождения трудноизвлекаемых твердых литиевых пород (табл. 4).



Рис. 3 Структура потребления лития по сферам применения в 2014 и 2022 (прогноз) гг., %  
Источник: [6]

Fig. 3 Structure of lithium consumption by areas of application in 2014 and 2022 (forecast), %  
Source: [6]

Таблица 4 Структура запасов литиевых ресурсов по странам мира

Table 4 Structure of lithium resources by world countries

Страна	Запасы, тыс. т	Доля, %
США	630	3,7
Аргентина	1700	10,0
Бразилия	95	0,5
Чили	8600	50,6
Австралия	2800	16,5
Китай	1000	5,9
Канада	370	2,2
Португалия	60	0,4
Зимбабве	230	1,4
Прочие*	1100	6,5
<b>Всего</b>	<b>17000</b>	<b>100</b>

Примечание: \* Страны с доказанными запасами включают Финляндию, Мали, Мексику и Россию.

Источник: [7].

Note: \* Countries with proven reserves include Finland, Mali, Mexico and Russia.  
Source: [7].

Литий традиционно широко использовался в производстве материалоемких товаров, таких как керамика, стекло, краски и синтетический каучук. Но сегодня он играет особенно важную роль в сфере «зеленых» технологий. Использование литиевых батарей в электромобилях является одной из наиболее перспективных энергетических альтернатив органическому топливу в условиях климатических изменений. Утверждается, что литиевые батареи будут доминировать на рынке электромобилей к 2030 г. Литий является мощным средством аккумуляции электрической энергии, что объясняет его всеобщее применение в потребительской электронике (смартфонах, ноутбуках и других устройствах) и обеспечивало ежегодные темпы роста на уровне 8% в период с 2004 по 2019 г.

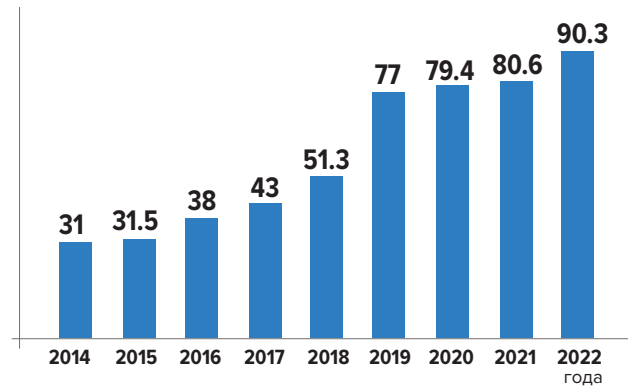


Рис. 4 Динамика производства лития в мире, тыс. т  
Источник: [6; 7]

Fig. 4 Dynamics of lithium production globally, thousand tons  
Source: [6; 7]

С конца 2015 г. по март 2018 г. цены на литиевый карбонат выросли на 150% до 14,5 тыс. долл./т. Существенное повышение интереса к рынку электромобилей в 2014–2017 гг. спровоцировало рост спроса на литий и цен на него. К 2022 г. спрос на данный металл увеличится вдвое за счет роста его потребления в автопроме и производстве промышленных аккумуляторов. В то же время мощности по выпуску карбоната лития сегодня недогружены, а крупные компании могут удвоить его производство до 2022 г., что потенциально приведет к снижению цен на него. Снижению цен в будущем также будет способствовать то, что текущая цена на данный металл заметно выше себестоимости производства наименее эффективных производителей.

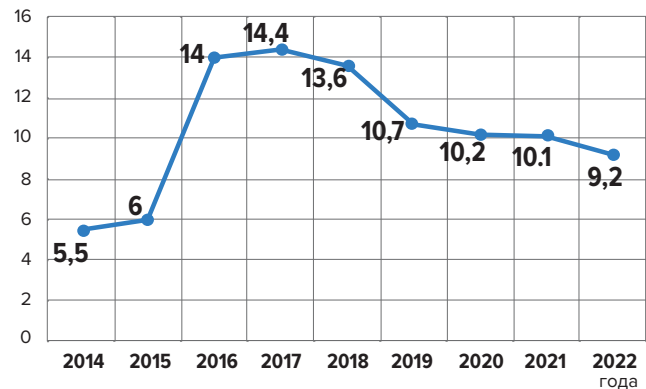


Рис. 5 Цена карбоната лития на мировом рынке, тыс. долл./т  
Источник: [8]

Fig. 5 The price of lithium carbonate in the world market, thousands of dollars per ton  
Source: [8]

В то время как азиатские страны, такие как Китай, Япония и Южная Корея, являются ведущими производителями литиевых батарей для гибридных авто- и электромобилей, большая часть соответствующих знаний и технологий сконцентрирована в США и Японии (табл. 5).

Из таблицы видно, что около 90% всех патентов приходится на пять стран – Южную Корею, Японию, Китай, США и Германию. Эти страны и наиболее активны в разработке соответствующих технологий. При этом США лидируют в технологиях производства хлорида лития, гидроксида лития и металлического лития. Япония является лидером в технологиях производства карбоната лития и первичных (без перезарядки) литиевых батарей. Китай лидирует в технологиях производства литиевого концентрата и перера-

**Таблица 5**  
Число патентов, связанных с извлечением лития и производством литиевых батарей

Страна	Число патентов	%
Южная Корея	7849	31,5
Япония	5313	21,3
США	4154	18,9
Китай	2593	10,4
Германия	1706	6,8
Франция	698	2,8
Тайвань	668	2,7
Канада	394	1,6
Великобритания	244	1,0
Россия	239	0,9
Остальные страны	524	2,1
<b>Всего</b>	<b>24937</b>	<b>100</b>

Источник: [9].  
Source: [9].

**Table 5**  
Number of patents related to lithium recovery and production of lithium batteries

**Таблица 6**  
Производство лития в мире в 2019 г.

Страна	Производство, тыс. т	Доля, %
Аргентина	6400	8,3
Бразилия	300	0,4
Чили	18000	23,4
Австралия	42000	54,5
Китай	7500	9,7
Канада	200	0,3
Португалия	1200	1,6
Зимбабве	1600	2,1
Прочие*	Н.св.	Н.св.
<b>Всего</b>	<b>77000</b>	<b>100</b>

Примечание: \* Страны с доказанными запасами включают Финляндию, Мали, Мексику и Россию.  
Источник: [7].  
Note: \* Countries with proven reserves include Finland, Mali, Mexico and Russia.  
Source: [7].

ботки лития, а Южная Корея – производства вторичных (с подзарядкой) батарей и батарей с неопределенным сроком службы.

Несмотря на концентрацию запасов лития в таких развивающихся странах, как Аргентина, Боливия и Чили, их вклад в разработку технологий остается едва заметным на протяжении уже многих десятилетий.

Первая стадия в цепочке производства электромобилей связана с добычей лития исключительно из шахт и рудников (концентрат лития), а также рассолов лития (производство карбоната лития). Исследования свидетельствуют, что производство карбоната лития из рассолов более эффективно вследствие более высокого содержания металла. На карбонат лития приходится более 40% всех продаж лития на глобальном рынке, второе место занимает литиевый концентрат (22%), гидроксид лития (16%), металлический литий (4%) и хлорид лития (4%), на остальные компоненты приходится 12% продаж.

Исторически большая часть лития извлекается из минералов твердых пород, хотя начиная с 1980-х гг. его производство началось в достаточно крупных масштабах из солевых рассолов в странах Латинской Америки. Известных на сегодняшний день запасов лития хватит для удовлетворения перспективного спроса даже без учета использования лития в результате переработки и утилизации батарей. В настоящее время извлечение лития из отработанных батарей технически возможно, но экономически неоправданно.

Структура предложения лития носит отчетливый олигополистический характер. В мире только 8 стран производит существенные объемы лития, при этом на три страны – Китай, Австралию и Чили приходится почти 90% мирового производства (табл. 6).

Литий – это достаточно распространенный минерал, добываемый либо из соляных растворов, либо из твердых горных пород. Каждая производящая литий страна добывает его из какого-либо одного источника. Например, Аргентина, Чили и Бразилия делают это из солевых растворов, а Австралия – из твердых горных пород. Исключение составляет Китай, где литий производится из обоих источников. В мире примерно 56% производимого лития приходится на солевые растворы, а 44% – на твердые горные породы. Солевые растворы были основным источником

производства лития в 1990-е гг. благодаря более низким издержкам по сравнению с добычей и переработкой твердых пород. Однако впоследствии твердые породы отвоевали свое место на рынке благодаря Китаю. Литий продается и используется в двух основных формах: карбоната лития (с содержанием лития на уровне 19%), который в основном производится из солевых растворов, и гидроксида лития (с содержанием лития на уровне 29%), производимого преимущественно из твердых горных пород и служащего для производства батарей электромобилей с наибольшим радиусом действия.

Ценообразование на рынке лития и кобальта, в отличие от рынка таких широко используемых в традиционных автомобилях материалов, как сталь, медь и алюминий, носит специфический характер. Как литий, так и кобальт рассматривались в прошлом как малозначимые «второстепенные» металлы и поэтому их ценообразование не отличалось высокой транспарентностью и ликвидностью. Контрактные цены на литий находились на 60% ниже уровня спотовых цен внутри Китая. А спотовые цены в Китае используются больше для спекулятивных сделок, чем для крупных транзакций и редко используются для хеджирования рисков в отличие от «главных» металлов. Хотя кобальт и торгуется на Лондонской бирже металлов, контракты на него – малоликвидны, а их число в 2016 г. не превысило 354 по сравнению, например, с 334 тыс. контрактов по меди.

По мере роста спроса на эти металлы со стороны производителей аккумуляторных батарей и электромобилей на этот рынок приходит все больше инвесторов, и он становится более прозрачным. Ценообразование на литий обычно происходит на базе квартальных контрактов, но долгосрочные сделки осуществляются на основе объемов, а не фиксированной цены. Кобальтовое ценообразование еще менее транспарентно, а сделки заключаются ниже спотовых цен с различными временными лагами, информация о которых недоступна широкой общественности. Это означает, что покупатели должны обладать всей информацией о рынке перед заключением сделок.

*Производство литиевых рассолов.* Литиевые рассолы в солевых озерах образуются в местах, где вода выщелачивает и вымывает литий из твердых горных пород. Там происходит процесс концентрации рассолов в результа-

те процесса испарения под воздействием солнца и ветра. Извлечение лития включает в себя закачивание рассолов в специальные бассейны, извлечение солей из рассолов и формирование литиевого концентрата. Весь процесс может занимать до двух лет. Полученная масса снова перерабатывается для удаления включений, таких как бор, магний и поташ, и превращения ее в карбонат, хлорид и гидроксид лития. Экономика различных процессов производства лития из рассолов целиком определяется химическим составом таких рассолов и экологическими условиями. Первым продуктом, извлекаемым из рассолов, является карбонат лития, содержащий 19% металла, что в два раза превышает содержание лития в обычном первоначальном рассоле. Карбонат лития в дальнейшем может перерабатываться в гидроксид лития с большим содержанием металла.

*Производство лития из твердых горных пород.* Наиболее значимые минеральные ресурсы твердого лития содержатся в гранитных пегматитах. Для извлечения лития горные породы сначала дробятся и высушиваются во вращающихся печах. Обоженная таким образом масса затем снова измельчается в смеси с серной кислотой и обжаривается снова. Полученная смесь подвергается дальнейшей обработке с целью увеличения концентрации лития и устранения нежелательных элементов, таких как магний и кальций. Затем после добавления кальцинированной соды полученная масса снова нагревается и фильтруется. Издержки такого производства лития из твердых горных пород в значительной степени зависят от стоимости используемых ключевых материалов (сподумена, кальцинированной соды и серной кислоты). Хотя издержки производства карбоната лития из твердых пород выше, чем из солевых рассолов, издержки производства гидроксида лития вполне конкурентоспособны.

Запасы лития в России, по оценке экспертов АКРА, составляют около 900 тыс. т. Но выпуск лития в России к 2022 г. может вырасти до 2 тыс. т при предполагаемом росте производства в мире до 90 тыс. т, прогнозируют в АКРА [10]. В России литий выпускают подконтрольные «Росатому» химико-металлургический завод и новосибирский завод химконцентратов, есть планы по переработке отвалов месторождений Уссурийского края у «Русала». Эксперты АКРА отмечают, что доля России на мировом рынке лития (около 4%) может снизиться до 2–3% из-за значительного роста добычи в Китае, Южной Америке и Австралии.

Китай, будучи крупнейшим в мире производителем аккумуляторов для носимой электроники и автомобилей, активно включился в процесс производства лития. На сегодняшний день страна контролирует до 20% известных мировых запасов лития, а китайские производители имеют доли в предприятиях, контролирующих еще 40% мировых запасов. Кроме того, китайские компании рассматривают возможность сотрудничества с предприятиями Чили и Австралии, являющихся лидерами мирового рынка добычи лития.

### Кобальт

Этот металл широко используется в промышленных целях – батареях, сплавах, твердых материалах (твердосплавных инструментах, алмазных инструментах, пигментах, катализаторах, магнитах и т.д.)<sup>2</sup>. Аккумуляторные батареи

являются крупнейшим сегментом потребления кобальта с долей почти в 40%. В самих батареях кобальт применяется в производстве катодов. Выявленные мировые ресурсы кобальта составляют 25 млн т. Кроме того, еще 120 млн кобальтовых ресурсов выявлены в марганцевых конкрециях на дне Атлантического, Индийского и Тихого океанов. На 2019 г. мировые запасы кобальта оценивались в 7 млн т, а его производство – на уровне 140 тыс. т. Добыча кобальта высококонцентрирована: более 70% мировой добычи этого металла приходится на Демократическую Республику Конго. На Китай, Россию, Канаду и Австралию вместе взятые падает чуть более 11% мировой добычи. Кобальт обладает низким уровнем взаимозаменяемости (0,91) и низкой степенью повторного использования (16%).

**Таблица 7**  
Запасы и производство кобальта в мире в 2019 г.

**Table 7**  
Global cobalt reserves and production in 2019

Страна	Производство, т	Доля, %	Запасы, тыс. т	Доля, %
США	500	0,4	55	0,8
Австралия	5100	3,6	1200	17,1
Канада	3000	2,1	230	3,3
Китай	2000	1,4	80	1,1
Демократическая Республика Конго	100000	71,4	3600	51,4
Куба	3500	2,5	500	7,1
Мадагаскар	3300	2,4	120	1,7
Марокко	2100	1,5	18	0,3
Новая Каледония	1600	1,1	Н.св.	
Папуа-Новая Гвинея	3100	2,2	56	0,8
Филиппины	4600	3,3	260	3,7
Россия	6100	4,4	250	3,6
Южная Африка	2400	1,7	50	0,7
Прочие страны	5700	4,1	570	8,1
Мир в целом	140000	100	7000	100

Источник: [7].  
Source: [7].

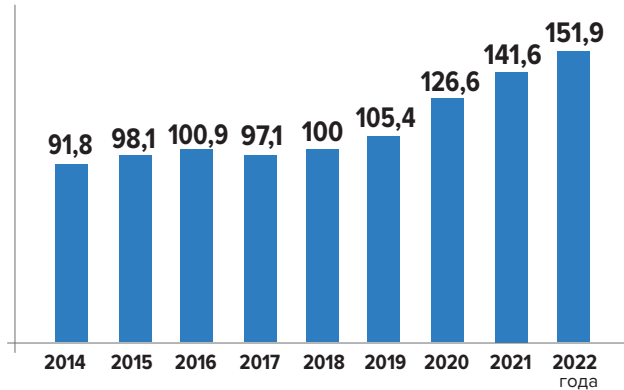
По оценкам экспертов, наиболее крупные проекты по расширению производства кобальта осуществляются в ДРК, доля которой может еще больше возрасти – до 75% мирового производства. Именно на этой стране сосредоточены стратегические интересы Китая, о чем свидетельствует недавняя покупка китайской China Molybdenum доли в конголезской Tenke Fungurume Mine. Дело в том, что Китай не имеет существенных собственных запасов кобальта и 90% своих потребностей удовлетворяет за счет поставок из Конго.

Существенной особенностью кобальта в отличие от лития является то, что он добывается в качестве сопутствующего продукта при добыче меди (55%) и никеля (35%). Это обстоятельство ставит реализацию проектов по производству кобальта в зависимость не только от динамики спроса на этот металл, но и от динамики спроса на медь и никель. В мире существуют только две шахты, где кобальт является основным минералом: Mukondo в ДРК и Boo Azzet в Марокко. По оценкам McKinsey, к 2025 г. поставки кобальта с медедобывающих шахт могут вырасти на 75%, а с никелевых месторождений – на 20%, что доведет долю кобальта в качестве сопутствующего минерала до 95% [5].

Как и в добыче кобальта, производство рафинирован-

<sup>2</sup> Report on critical raw materials for the EU. European Commission; 2017. Available at: <https://studylib.net/doc/18250827/report-on-critical-raw-materials-for-the-eu>

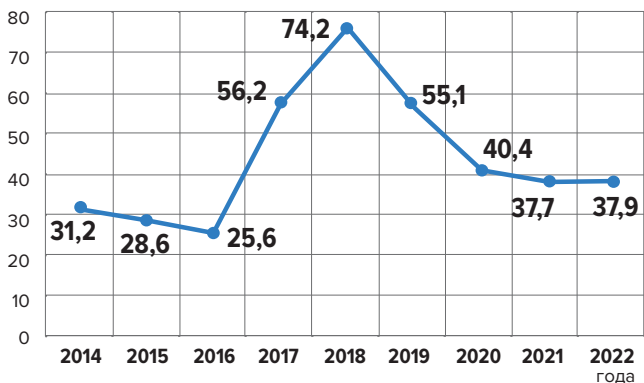
ного кобальта сильно географически концентрировано: 50–60% таких мощностей расположено в Китае. Вне Китая крупнейшими заводами по рафинированию кобальта являются Kokkola – в Финляндии, принадлежащий компании Freeport Cobalt, Nikkelverk – в Норвегии, принадлежащий компании Glencore, и Niihama – в Японии – компании Sumitomo.



**Рис. 6**  
Динамика производства кобальта в мире, тыс. т  
Рассчитано по: [7]

**Fig. 6**  
Dynamics of cobalt production globally, thousand tons  
Calculations are based on: [7]

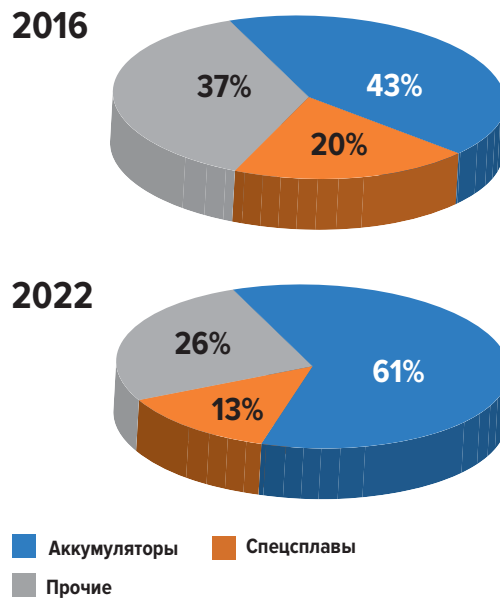
Кобальт подорожал с конца 2015 г. по март 2018 г. на 260% – до 87 тыс. дол./т, но к 2022 г. мы ожидаем снижения цен на него до 38 тыс. дол./т. Рост спроса на аккумуляторы совпал по времени со снижением цен на никель и медь, при добыче которых ведется сопутствующее производство кобальта. По оценкам АКРА, в ближайшие годы восстановление добычи промышленных металлов после бурного роста цен на них в 2016–2017 гг., а также массовый запуск новых предприятий по добыче кобальта в Демократической Республике Конго (ДР Конго) будут способствовать сокращению дефицита данного металла на рынке и приведут к снижению цен на него.



**Рис. 7**  
Цена кобальта, тыс. дол./т  
Источник: [8]

**Fig. 7**  
Cobalt price, thousand dollars per ton  
Source: [8]

Исторически крупнейшими потребителями кобальта были производители спецсплавов (преимущественно быстрорежущих сталей), поскольку легирование кобальтом повышает ударо- и жаропрочность металлов. Однако развитие рынков носимой электроники и электромобилей вывело на первое место потребление кобальта для производства элементов питания и аккумуляторов. С учетом прогнозов по развитию рынка электромобилей ожидается, что мировое производство кобальта возрастет со 106 тыс. т



**Рис. 8**  
Структура потребления кобальта по сферам применения в 2016 и 2022 (прогноз) гг., %  
Источник: [6]

**Fig. 8**  
Structure of cobalt consumption by areas of application in 2016 and 2022 (forecast), %  
Source: [6]

в 2019 г. до 152 тыс. т к 2022 г. Доля кобальта, используемого для производства аккумуляторов, вырастет при этом с 43 до 61% от общего объема потребления.

Разведанные мировые запасы кобальта не превышают 7 млн т, однако такой показатель связан с почти полным отсутствием оценки запасов этого металла. Данные о его запасах поступают фрагментированно, вместе с информацией о результатах работ по поиску месторождений никеля и меди. Оценочные ресурсы кобальта превышают 120 млн т и с увеличением объемов добычи (и, как следствие, исследуемых площадей) будут демонстрировать дальнейший рост.

Китай – ключевой инвестор на рынке CoLi-металлов. Существенный потенциал развития добычи лития в Аргентине и Чили на фоне ожидаемого резкого роста спроса на него делает перспективным приобретение долей в добывающих данный металл компаниях. В связи с этим китайские компании активно инвестируют в международные проекты.

Широкая вовлеченность китайского бизнеса в добычу кобальта на территории ДР Конго заметно укрепила позиции китайских компаний в структуре добычи кобальта в мире. Консорциум китайских предприятий в 2009 г. создал с конголезской государственной Gecamines СП Sicomines, заявив об инвестициях в инфраструктуру Конго до 6 млрд дол. в обмен на поставку КНР 10 млн т меди и 600 тыс. т кобальта [10].

Заключение контрактов с похожими условиями, а также прямое приобретение долей в конголезских компаниях – распространенная практика для китайских компаний, и в перспективе она позволит им существенно нарастить объем производства.

В то же время концентрация китайского бизнеса в добывающем секторе ДР Конго представляет для первого определенные риски. Так, сделка с Sicomines уже была трансформирована конголезским правительством под



давлением МВФ. Помимо этого, западные компании постоянно поднимают вопрос законности приобретения кобальта у мелких конголезских поставщиков, которые эксплуатируют детский труд. Отдельной проблемой может стать опасение крупных западных игроков (в том числе Glencore), связанное с китайской монополизацией мирового рынка кобальта, что может привести к введению торговых ограничений против китайской продукции.

В результате Китай может быть заинтересован в диверсификации источников кобальта для своей промышленности, а российские традиционные и нетрадиционные (морской шельф) источники сырья могут сыграть важную роль в обеспечении сырьевой безопасности Китая. Инвестиции китайских производителей аккумуляторов в проекты по добыче лития и кобальта в Южной Америке и Африке, а также на территории России и СНГ позволят им снизить производственные затраты, возросшие в период 2016–2017 гг. [6].

Общий объем производства кобальта в России не превышает 5–6 тыс. т. Текущая доля рынка РФ составляет 5% от мирового. В конце 2017 г. ПАО «ГМК «Норильский никель» подписало соглашение с концерном BASF о поставке кобальт-никелевых материалов для производства аккумуляторов. Благодаря этому в перспективе добыча кобальта в РФ может возрасти, однако не превысит 5–8% мирового рынка.

В России кобальт производился подразделениями ПАО «ГМК «Норильский никель», а также двумя небольшими компаниями – ПАО «Южно-Уральский никелевый комбинат» (группа Мечел) и ОАО «Уфалейникель» (группа Бинбанка). Последние два предприятия существенно сократили объем выпуска ввиду нерентабельности производства никеля при текущей рыночной конъюнктуре, в результате чего производство кобальта на них было прекращено.

Основные российские запасы кобальта сосредоточены на месторождениях Норильск-1, Талнахское и Октябрьское (Норильский рудный район), а также на Ждановском и Заполярном месторождениях Кольского полуострова. Общая величина российских запасов кобальта оценивается в 250 тыс. т.

### Никель

Исторически динамика глобальной никелевой промышленности определялась развитием сталелитейной индустрии, на которую приходилось до 80% спроса на никель. Металлургические компании традиционно используют два вида никелевых продуктов: высокочистый никель (содержащий 99,8% и выше никеля) в виде чистых металлических форм и менее чистый никель (с содержанием металла ниже 99,8%) в виде никелевых сплавов, таких как оксид никеля и ферроникель. За последние десять лет доля последнего в глобальных поставках резко выросла – с 25% в 2009 г. до 50% в 2018 г. Главным драйвером этой тенденции послужил спрос со стороны металлургической промышленности Китая, стремящейся снизить издержки производства за счет использования менее дорогих никелевых форм, прежде всего т.н. никелевого чугуна за счет более чистых и дорогих видов металлических форм. Это привело к значительному росту поставок никелевого чугуна на рынок со стороны Индонезии и Филиппин [11].

Никелевый чугун (NPI) – низкосортный бедный ферроникель, изобретенный в Китае в качестве дешевой альтернативы чистому никелю при производстве нержавеющей стали. В процессе получения никелевого чугуна использу-

**Таблица 8**  
Производство и запасы никеля в мире в 2019 г., тыс. т

**Table 8**  
Global nickel reserves and production in 2019, thousand tons

Страна	Производство, т	Доля, %	Запасы, тыс. т	Доля, %
США	14	0,5	110	0,1
Австралия	180	6,7	20000	22,5
Бразилия	67	2,5	11000	12,4
Канада	180	6,7	2600	2,9
Китай	110	4,1	2800	3,1
Куба	51	1,9	5500	6,2
Индонезия	800	29,6	21000	23,6
Филиппины	420	15,6	4800	5,4
Россия	270	10	6900	7,8
Новая Каледония	220	8,1	Н.св.	
Прочие страны	370	13,7	14000	15,7
Мир в целом	2700	100	89000	100

Источник: [6].  
Source: [6].

ются латеритовые никелевые руды вместо чистого никеля, продающегося на глобальном рынке, а также коксующийся уголь и смесь гравия и песка в качестве заполнителей. За 2006–2018 гг. производство никелевого чугуна выросло с 40 до 700 кт, а его доля в объемах первичного никеля – с 3 до 35%. Это привело к существенному падению цен на чистый никель, которые снизились с 29 тыс. долл./т в 2011 г. до 10 тыс. долл./т в 2017 г. В результате многие производители чистого никеля были вынуждены закрыть несколько своих шахт и свернуть инвестиции.

Однако растущая популярность электромобилей может прервать эту тенденцию. Никель также используется в производстве батарей в виде сульфата никеля. В 2018 г. было произведено 350 кт сульфата никеля, половина из которого была использована при производстве аккумуляторных батарей. В перспективе, как полагают эксперты, в мире сформируются два отчетливых рынка никеля. Один, ориентированный на использование в производстве батарей, а другой – в производстве нержавеющей стали с преобладанием ферроникеля и никелевого чугуна.

В современном электромобиле используется в среднем от 15 до 30 кг чистого никеля. При сохраняющейся тенденции развития электромобилей спрос на никель со стороны производителей аккумуляторных батарей может вырасти к 2025 г. до 570 кг, т.е. в 10 раз по сравнению с нынешним уровнем. И это в основном будет касаться чистого никеля.

Хотя металлургическая промышленность и останется крупнейшим потребителем никеля, ее доля в общих объемах спроса на металл снизится с 70 до 60% по мере роста производства электромобилей в мире и увеличения спроса на аккумуляторные батареи.

Производители никеля, таким образом, сталкиваются с серьезной дилеммой. Они могут инвестировать в перспективный рынок без гарантии получения сиюминутной прибыли по текущим ценам. Или они могут ждать, пока рынок электромобилей не войдет в стадию зрелости, чтобы тогда начать удовлетворение спроса с его стороны. Горные компании, выбирающие первый путь, сталкиваются с необходимостью крупных инвестиционных вложений. Издержки совершенствования процесса рафинирования и обогащения материалов для использования в аккумуляторных батареях могут достигать сотен миллионов долларов. При-

мер компании BHP Nickel West, которая инвестировала более 43 млн дол. в реконструкцию своих мощностей в Западной Австралии для производства сульфата никеля, показывает, какой объем капиталовложений необходим отрасли, чтобы соответствовать потребностям производителей аккумуляторных батарей. Превращение никеля в ключевой материал при производстве аккумуляторных батарей будет определяться снижением волатильности цен на этот металл, более прозрачным и прогнозируемым ценообразованием и сокращением спекулятивных операций со стороны финансовых инвесторов. Одним из возможных путей решения этих проблем является партнерство между горнодобывающими компаниями и производителями батарей для электромобилей. Примером может служить сотрудничество между компанией BASF и Норникелем, согласно которому российская компания согласилась поставлять никель на заводы немецкой компании по производству катодов для аккумуляторных батарей. Компания Volkswagen также заключила долгосрочное соглашение с Glencore на поставку никеля.

На аккумуляторы приходится 5% мирового потребления металла, или примерно 115 тыс. т. К 2025 г. спрос на никель со стороны автомобильной промышленности вырастет на 36% (в сравнении с 2017 г.) и составит 353 тыс. т. Для одного бензинового автомобиля требуется 2–4 кг никеля. Для производства гибридного – в 2,5–3,5 раза больше: от 5 до 15 кг. Для производства одного электромобиля – от 30 до 110 кг никеля, или в 15–30 раз больше, чем для традиционного [12].

Производящая около 27% мировых поставок никеля Индонезия сделала заявление относительно запрета на экспорт необработанной руды (с содержанием металла менее 1,7%), что явилось одной из причин, которые привели к росту цены на никель до примерно 17–18 тыс. дол. за тонну с примерно 12 тыс. долл. в июле 2019 г.

Такие объявления находятся в рамках политики этой страны, проводящейся с 2014 г., и направлены на поощрение инвестиций в перерабатывающие звенья стоимостных цепочек и предотвращение неустойчивой добычи никелевых ресурсов страны. Это привело к увеличению производства никеля класса 2 в форме никелевого чугуна (NPI) и ферроникеля (FeNi).

Эта политика также оказала влияние на дальнейшее развитие цепочки создания стоимости и запуск первого недорогого завода индонезийской нержавеющей стали в Mowali. Что касается никеля аккумуляторного качества, инвестиции в установки кислотного выщелачивания под высоким давлением (HPAL) продолжают, но из-за известных операционных трудностей остается неясным, будут ли эти проекты успешными<sup>3</sup>.

Большое внимание привлекает ситуация на Филиппинах (второй по величине экспортер никелевой руды в мире), где правительство проводит политику с оглядкой на экологическую ситуацию. Так, в сентябре Бангсаморский автономный район в Мусульманском Минданао (BARMM) объявил о приостановлении добычи никеля на неопределенный срок в рамках своей юрисдикции, что может угрожать поставкам никеля в объемах от 100 до 150 тыс. т.

В Новой Каледонии недавние финансовые трудности транснациональной горнодобывающей компании Egamet

побудили правительство Франции дать разрешение на увеличение экспорта руды до 4 млн т с нынешних приблизительно 1,3 млн т. Это добавит на рынок около 40 тыс. т никеля.

### **Природный графит**

Природный графит используется в электродах, огнеупорах, красках, литейном производстве, а также батареях в качестве активных анодных материалов. Доля батарей в мировом потреблении графита относительно мала и составляет около 4%. Мировые ресурсы графита превышают 800 млн т, запасы оцениваются на уровне 300 млн т, а производство – на уровне 1100 т (2019 г.). Наибольшими запасами в мире обладают Турция – 90 млн т (30%), Китай – 73 млн т (24%) и Бразилия – 72 млн т (23%). Добыча графита также отличается высокой концентрацией: удельный вес Китая в его производстве составляет 64%, Мозамбика 9%, Бразилии – 9%, Мадагаскара – 4,3%. В отличие от других металлов природный графит достаточно легко взаимозаменяется в производстве аккумуляторных батарей: его индекс составляет всего 0,3. Повторное использование его в производстве практически исключено.

### **Кремний**

Этот металл широко используется в химикатах, пигментах, металлургии и электронике. Кремний и его сплавы начинают также использоваться в качестве активных анодных материалов для производства элементов аккумуляторных батарей. Мировые ресурсы для производства металлического кремния достаточно обильны и их хватит на несколько десятилетий. Источником кремния служит кремнезём в различных природных формах, таких как кварциты. Запасы этого материала в ведущих добывающих странах значительно превышают спрос. Мировое производство металлического кремния в 2019 г. составило 7 млн т и было сконцентрировано преимущественно в Китае (64% мирового производства), России (8%), Норвегии (5%) и США (4%). Кремний отличается очень низким уровнем взаимозаменяемости (0,81) во всех сферах применения с нулевым уровнем повторного использования.

### **Заключение**

Будущее «аккумуляторных» материалов будет зависеть от нескольких определяющих факторов: скорости и ширины охвата процессом перехода к электрическим средствам передвижения, технологий производства аккумуляторных батарей, которая будет преобладать в автомобильной отрасли, и ситуации от соотношения между спросом и предложением на глобальном рынке. В этих условиях добывающие компании стараются переходить от достижения краткосрочной прибыли к выстраиванию долгосрочной стратегии, включающей в себя партнерства с производителями и поставщиками аккумуляторных батарей, автопроизводителями и финансовыми игроками с целью формирования более широкого рынка для своих материалов. Таким образом, уже сейчас происходит процесс формирования глобальных цепочек стоимости, обеспечивающих прозрачность и надежность поставок материалов от шахты до установки аккумуляторных батарей на электромобили.

<sup>3</sup> Has South East Asia taken a firm grip on the nickel value chain? McKinsey & Company, October, 2019. Available at: <https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Metals%20and%20Mining/Our%20Insights/Has%20Southeast%20Asia%20taken%20a%20firm%20grip%20on%20the%20nickel%20value%20chain/Has-Southeast-Asia-taken-a-firm-grip-on-the-nickel-value-chain.ashx>

### Список литературы

1. Majoe A. (ed.) *Global EV Outlook 2017: Two million and counting*. IEA Publications, 2017. DOI: 10.1787/9789264278882-en
2. Irle R. *Global BEV & PHEV Sales for 2019*. Available at: <http://www.ev-volumes.com/country/total-world-plug-in-vehicle-volumes/>
3. Sharma A. *EV and the impact on the automotive value chain*. May 29, 2018. Available at: <https://www.autocarpro.in/feature/evs-impact-automotive-value-chain-28821>
4. Lebedeva N., Di Persio F., Boon-Brett L. *Lithium ion battery value chain and related opportunities for Europe*. European Commission, Petten; 2016. Available at: [https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc105010\\_161214\\_li-ion\\_battery\\_value\\_chain\\_jrc105010.pdf](https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc105010_161214_li-ion_battery_value_chain_jrc105010.pdf)
5. Azevedo M., Campagnol N., Hagenbruch T., Hoffman K., A Lala., Ramsbottom O. *Lithium and cobalt: A tale of two commodities*. McKinsey&Company, June 22, 2018. Available at: <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/lithium-and-cobalt-a-tale-of-two-commodities>
6. Худалов М., Порохова Н. «Аккумулятивный эффект»: рост производства лития и кобальта приведет к падению цен на них. 2018. 2 апреля. Режим доступа: <https://www.acra-ratings.ru/research/662>
7. U.S. Geological Survey. *Mineral commodity summaries 2020*. U.S. Geological Survey; 2020. DOI: 10.3133/mcs2020.
8. Джумайло А. Россия не спешит заряжать батареи: доля РФ в мировой добыче лития и кобальта резко не вырастет. *Коммерсант*. 2018. 3 апреля. Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/3592261>
9. Moreno-Brieva F., Marín R. Technology generation and international collaboration in the Global Value Chain of Lithium Batteries. *Resources, Conservation and Recycling*. 2019;146:232–243. DOI: 10.1016/J.RESCONREC.2019.03.026.
10. Larrarte A.M., Claudio-Quiroga G. *How to avoid flawed minerals-for-infrastructure deals like DR Congo and China's Sicomin pact*. April 3, 2019. Available at: <https://qz.com/africa/1586753/china-and-dr-congo-sicomines-cobalt-mine-deal-is-flawed/>
11. Campagnol N., Hoffman K., Lala A., Ramsbottom O. *The future of nickel: A class act*. McKinsey&Company, November 28, 2017. Available at: <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/the-future-of-nickel-a-class-act>
12. Трифонова П. Батареи просят никеля. *Ведомости*. 2019. 19 июля. С. 11. Режим доступа: <https://vedomosti.profkiosk.ru/745093>

### References

1. Majoe A. (ed.) *Global EV Outlook 2017: Two million and counting*. IEA Publications, 2017. DOI: 10.1787/9789264278882-en
2. Irle R. *Global BEV & PHEV Sales for 2019*. Available at: <http://www.ev-volumes.com/country/total-world-plug-in-vehicle-volumes/>
3. Sharma A. *EV and the impact on the automotive value chain*. May 29, 2018. Available at: <https://www.autocarpro.in/feature/evs-impact-automotive-value-chain-28821>
4. Lebedeva N., Di Persio F., Boon-Brett L. *Lithium ion battery value chain and related opportunities for Europe*. European Commission, Petten; 2016. Available at: [https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc105010\\_161214\\_li-ion\\_battery\\_value\\_chain\\_jrc105010.pdf](https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc105010_161214_li-ion_battery_value_chain_jrc105010.pdf)
5. Azevedo M., Campagnol N., Hagenbruch T., Hoffman K., A Lala., Ramsbottom O. *Lithium and cobalt: A tale of two commodities*. McKinsey&Company, June 22, 2018. Available at: <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/lithium-and-cobalt-a-tale-of-two-commodities>
6. Khudalov M., Porokhova N. "Accumulative Effect": Increased Production of Lithium and Cobalt will Lead to a Drop in their Prices. April 2, 2018. Available at: <https://www.acra-ratings.ru/research/662> (In Russ.)
7. U.S. Geological Survey. *Mineral commodity summaries 2020*. U.S. Geological Survey; 2020. DOI: 10.3133/mcs2020.
8. Dzhumailo A. Russia is not in a Hurry to Recharge its Batteries: Russia's Share in Global Lithium and Cobalt Mining will not Increase Dramatically. *Kommersant*. 3 April, 2018. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3592261> (In Russ.)
9. Moreno-Brieva F., Marín R. Technology generation and international collaboration in the Global Value Chain of Lithium Batteries. *Resources, Conservation and Recycling*. 2019;146:232–243. DOI: 10.1016/J.RESCONREC.2019.03.026.
10. Larrarte A.M., Claudio-Quiroga G. *How to avoid flawed minerals-for-infrastructure deals like DR Congo and China's Sicomin pact*. April 3, 2019. Available at: <https://qz.com/africa/1586753/china-and-dr-congo-sicomines-cobalt-mine-deal-is-flawed/>
11. Campagnol N., Hoffman K., Lala A., Ramsbottom O. *The future of nickel: A class act*. McKinsey&Company, November 28, 2017. Available at: <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/the-future-of-nickel-a-class-act>
12. Trifonova P. Batteries are Crying for Nickel. *Vedomosti*. July 19, 2019, pp. 11. Available at: <https://vedomosti.profkiosk.ru/745093> (In Russ.)

#### Информация об авторе

**Кондратьев Владимир Борисович** – доктор экономических наук, профессор, руководитель Центра промышленных и инвестиционных исследований Национального исследовательского института мировой экономики и международных отношений им. Е.М. Примакова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: v.b.kondr@imemo.ru.

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 29.06.2020  
Поступила после рецензирования: 17.07.2020  
Принята к публикации: 21.07.2020

#### Information about the author

**Vladimir B. Kondratiev** – Doctor of Science (Economics), Professor, Head of Center for Industrial and Investment Research, Institute of World Economy and International Relations of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation; e-mail: v.b.kondr@imemo.ru.

#### Article info:

Received: 29.06.2020  
Revised: 17.07.2020  
Accepted: 21.07.2020