



**Валерий Гончаров,**  
директор Центра системного  
анализа и стратегических  
исследований НАН Беларуси,  
кандидат экономических  
наук; [office@center.basnet.by](mailto:office@center.basnet.by)



**Наталья Янкевич,**  
заведующая отделом  
Центра системного анализа  
и стратегических исследований  
НАН Беларуси, кандидат  
технических наук; [lab\\_12@tut.by](mailto:lab_12@tut.by)



## Риски для развития электромобильности

В 2024 г. около 2% личных автомобилей, движущихся по дорогам разных стран мира, работают на электрической тяге [1]. С учетом коммерческого автотранспорта эта цифра окажется несколько меньше, но тем не менее она постоянно растет. Насколько стремительно этот рост будет продолжаться и в какой степени смогут электромобили заменить традиционные средства передвижения? Вопрос нетривиален и при ближайшем рассмотрении не так прост, как кажется на первый взгляд.

**Аннотация.** Рассмотрен ряд факторов, прямо или косвенно влияющих на динамику роста электромобильности в локальном и глобальном масштабе. Определены основные тенденции в электротранспортной сфере, обусловленные спецификой природных условий, добычи критично важных для отрасли редких металлов и других полезных ископаемых в региональном разрезе. Приведена статистика перехода на электротранспорт в разных странах мира и дальнейших планов этого перехода, хронология и причины их корректировки, а также результаты новейших академических и корпоративных научных исследований, касающихся экологичности и окупаемости различных видов транспорта как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. Очерчен ряд вопросов, ответы на которые приведут к более взвешенным решениям по дальнейшему внедрению и усовершенствованию современных транспортных средств с электрической тягой.

**Ключевые слова:** электромобильность, BEV, добыча лития, редкоземельные элементы, аккумуляторы, добыча кобальта, рост электропотребления, бизнес-модель выпуска электромобилей.

**Для цитирования:** Гончаров В., Янкевич Н. Риски для развития электромобильности // Наука и инновации. 2024. №12. С. 61–66.  
<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-12-61-66>



намерении уйти от применения дизельных и бензиновых транспортных средств за последнее десятилетие заявляли Индия, Великобритания, Франция, Норвегия, Китай и другие государства. Так, например, индийские власти подготовили планы, согласно которым в стране к 2030 г. будут реализованы 10 млн электромобилей. Правительство Великобритании в 2017 г. обязалось к 2040 г. запретить продажу новых автомобилей на традиционном топливе, пытаясь таким образом побудить людей

переключиться на электрические или, как минимум, гибридные средства передвижения; при этом Комитет по изменению климата высказал мнение, что электромобили должны составить по крайней мере 60% новых машин и микроавтобусов, приобретенных жителями страны. Тем же путем идет Франция, в которой принято решение о прекращении к 2040 г. продаж всех бензиновых и дизельных авто.

Во многих государствах временно были введены программы стимулирования при покупке электрических машин (Battery electric vehicles, BEV): организация поощрительных выплат, задействование разнообразных льгот, в частности освобождение от налогов – на автомобиль, на прибыль, экологического сбора, регистрационного платежа (снижение его ставки) и т.п.; применение бизнес-стратегий, снижающих стоимость электромобилей при покупке, например аренда съемных батарей, и др. Все эти программы временны, более того, их объем постепенно снижается (рис. 1). В зависимости от ситуации на рынке и в экономике той или иной страны их могут продлить еще на какой-то период или не продлевать. Стимулы используются для того, чтобы дать толчок реализации электрического транспорта. Предполагается, что за время стимулирования расширится инфраструктура зарядных станций, и цены на электромобили снизятся благодаря усовершенствованию технологий. Таким образом, дальнейший переход от ДВС к чистым видам транспорта должен произойти сам собой.

По данным Международного энергетического агентства (МЭА) и консалтинговой компании Strategy Partners, в 2023 г. в мире было продано 9,8 млн электро-

мобилей, что на 27% больше, чем годом ранее, когда их было реализовано 7,7 млн. Однако динамика прироста электрического парка снижается: этот показатель для 2023 г. в 2,5 раза ниже, чем для 2022-го (67%), и почти втрое – чем для 2021-го (77%) гг. Более того, аналитики прогнозируют его дальнейшее уменьшение: в 2024 г. – не более 20%.

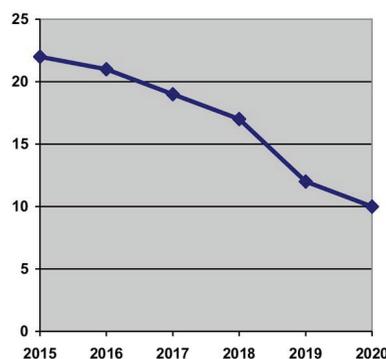


Рис. 1. Общий объем государственной поддержки в мире покупателям электромобилей в 2015–2020 гг., % [2]

Очевидно, что электромобильности еще предстоит пройти долгий путь, прежде чем достичь количества BEV, способного значительно повлиять на сокращение выбросов парниковых газов: для того чтобы остановить повышение температуры атмосферы Земли, в мире должно появиться 600 млн электромобилей к 2040 г.

Исследования и разработки, совершенствование массового производства приводят к снижению затрат на аккумуляторы, и эта тенденция должна продолжаться, чтобы сократить разрыв в конкурентоспособности между электромобилями и авто с двигателями внутреннего сгорания.

Вместе с тем ряд специалистов считает, что тотальная ориентация на выпуск электрических машин ошибочна, и в первую очередь – с точки зрения ограничения свободного волеизъявления

потребителя при покупке автомобиля. Поэтому в связи с тем, что использование средств передвижения – дело индивидуальное, модельный ряд должен включать машины с различными силовыми установками, а не только с электрическими [3].

Существуют и другие аспекты, которые могут оказать значительное влияние на широкое распространение электромобильности.

Прежде всего следует отметить, что выпуск компонентов для электромобилей сопряжен с использованием значительного количества природных ресурсов (редкоземельные металлы и углеводороды, необходимые для работы заводов) и выбросами предприятий, занятых в цепочке производства. В связи с этим часть экспертов придерживаются мнения, что лучше использовать компактные аккумуляторы в гибридах, чем выпускать одно транспортное средство с большой батареей.

Американские автопроизводители (Chrysler Group LLC, General Motors, Ford Motor Company), как и многие их коллеги в Германии, движутся в направлении электромобильности достаточно медленно. Более того, представители крупнейших автозаводов Великобритании призвали правительство своей страны отложить введение запрета на использование автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями из-за риска падения продаж и сокращения рабочих мест (согласно обновленному плану правительства Великобритании, запрет на продажу новых легковых и грузовых автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями должен быть введен уже к 2030 г. – на 10 лет раньше, чем заявлялось изначально, при этом гибридные автомобили будет разрешено

продавать на протяжении еще 5 лет – до 2035 г.). Против более раннего введения запрета выступили такие компании, как BMW, Ford, Honda, Jaguar Land Rover и McLaren [4].

В то же время автомобильные и технологические гиганты активизировали научные исследования в транспортной сфере. Так, фирма Mercedes-Benz объявила о возобновлении исследовательской деятельности в области традиционных ДВС. Такое решение поддержал и концерн BMW. О закрытии исследования в области электромобильности в феврале 2024 г. объявили в Apple, несмотря на десятилетние планы создать продукт, превосходящий Tesla. Что касается последней, то еще за январь – март 2024 г. продажи ее автомобилей упали (386 тыс., что существенно ниже прогноза в 450 тыс. штук и на 20% отстает от показателей за аналогичный период прошлого года). Из-за столь существенного проседания продаж акции ведущего американского производителя электрокаров также в 2024 г. снизились в цене почти на треть; то же касается ценных бумаг других фирм, выпускающих электротранспорт в США: например, более чем на 40% в 2024 г. потеряла в их стоимости американская компания Rivian, более чем на 30% – Lucid [1].

В свете всего сказанного можно сделать вывод о том, что для широкого распространения электромобильности необходимо решить ряд проблем.

### Обеспеченность сырьем при производстве аккумуляторов

Литий, кобальт, неодим и другие элементы – ключевое сырье при производстве аккумуляторных батарей.

С учетом того, что количество автомобилей в мире в 2023 г. составило 1,47 млрд единиц, из которых 98%, оснащенные двигателями внутреннего сгорания (1,44 млрд единиц), должны быть переведены на электрическую тягу, нужно оценить количество сырья, необходимого для проведения соответствующих мероприятий.

Известно, что для изготовления аккумулятора для 1 электрокара расходуется 63,0 кг лития, то есть для электрификации тяги всего автомобильного парка потребуется около 90,76 млн т этого металла. Его мировые запасы оценивались Геологической службой США по итогам 2023 г. на уровне 98 млн т, из которых сегодня только 14% используется при производстве электрокаров (прогнозируется, что к 2025 г. эта доля вырастет до 40%). Поэтому

даже предположив, что 40% мировых запасов лития будет направлено на выпуск автомобильных аккумуляторных батарей, только 36,4 млн т может быть задействовано для реализации задач электромобильности, чего явно недостаточно для достижения результата. При этом, по оценкам специалистов, запасы лития конечны.

Ученые лондонского Музея естественной истории рассмотрели вопрос исчерпаемости запасов в случае одной отдельно взятой страны при решении задачи, поставленной правительством Великобритании, – отказаться от машин с двигателем внутреннего сгорания не к 2030–2040, а как минимум к 2050 г. Они установили, что даже для этого придется не только удвоить мировую добычу кобальта, но также направлять на производство батарей лишь для одного государства весь добываемый на планете неодим и  $\frac{3}{4}$  лития. Кроме того, для полного перехода на электрокары Великобритании с ее 31,5 млн автомашин потребуется половина всей меди, добываемой на Земле в течение года.

Уже сейчас стоимость лития формирует 12% цены каждого аккумулятора. Считается, что массовый выпуск электрокаров станет выгодным, если цена батарей будет менее 100 долл. за киловатт-час. Однако в ее формирование могут вмешаться самые разные факторы, в том числе турбулентность в мировой добыче и переработке лития (рис. 2). В последние годы мировые цены на литий постоянно лихорадит: если в 2021 г. они колебались вокруг отметки 10 тыс. долл. за 1 т, то в апреле 2022-го повысились почти в 9 раз – до 86 тыс. долл. В 2023 г. литий подешевел в 5 раз, до 16,3 тыс. долл./т. При такой турбулентности, например,

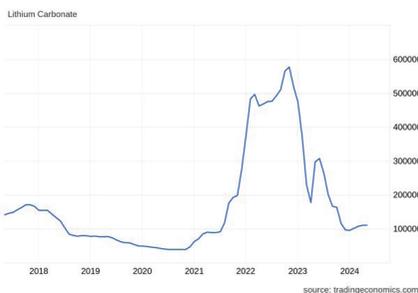


Рис. 2. Изменение цен на литий (CNZ/T)  
Источник: tradingeconomics.com

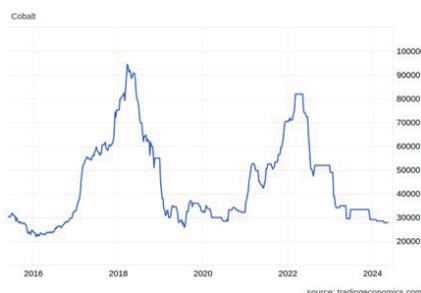


Рис. 3. Изменение цен на кобальт (USD/T)  
Источник: tradingeconomics.com

крупнейшая австралийская компания по добыче лития IGO недавно сократила производство, что может опять спровоцировать дефицит этого металла и повышение цен на него.

Также в сентябре 2023 г. Glencore (один из крупнейших в мире трейдеров сырьевых товаров, включая энергоресурсы, металлы и т.д.) объявила, что планирует полностью выйти из сделки с SMSR по эксплуатации месторождения Кониамбо (83 млн т предполагаемых ресурсов с содержанием никеля 2,5%), если судьба рудника не изменится к февралю 2024 г. в период низких цен на никель. В указанный срок производство остановилось. Компания сообщила, что в 2023 г. ее производство никеля снизилось на 9% – до 97,6 тыс. т, а по итогам 2024 г. прогнозируется его добыча на уровне не более 80–90 тыс. т [5].

Аналогичная ситуация с ценами на неодим, кобальт и медь (рис. 3), причем спрос на кобальт и редкоземельные металлы значительно увеличился.

Например, еще в начале 2022 г. в токийском отраслевом издании Nikkei Asia была обнародована информация о том, что поставки редкоземельных металлов для аккумуляторов электромобилей не поспевают за растущим спросом. Эксперты агентства Fitch, несмотря на турбулентность цен, ожидают, что стоимость сульфата кобальта в ближайшие 2–3 года сохранит тенденцию к повышению (причина все та же – огромный спрос на рынке).

Ситуация с кобальтом выглядит наиболее сложной. Согласно подсчетам компании BMW, одному электромобилю требуется в среднем 21 кг этого элемента, то есть для перевода на электрическую тягу существующего парка автомобилей, осна-

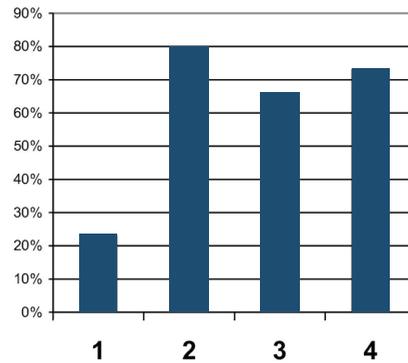


Рис. 4. Доля участия Китая в цепочке производства литий-ионных аккумуляторов (2019 г.): 1 – добыча руды (23%), 2 – химическое рафинирование (80%); 3 – изготовление катодов и анодов (66%); выпуск литий-ионных элементов (73%) [14]

щенных двигателями внутреннего сгорания, потребуется 30,24 млн т кобальта. При этом его мировые запасы оцениваются только в 12,5 млн т. По мнению экспертов Green Optimistic, промышленность может начать ощущать нехватку этого металла в ближайшее время – уже на протяжении 2020-х гг. Конечно, могут быть изобретены новые способы добычи кобальта. Такие разработки действительно существуют, но на данный момент они неоправданно дороги [6].

При этом более половины всех известных запасов кобальта (60%) находятся на территории Демократической Республики Конго – мирового лидера по объемам его добычи (в 2020 г. – 95 тыс. т, или примерно 70% от мирового объема). Как отмечают эксперты, ВПК США зависит от импорта тантала из Конго более чем на 50%, а по кобальту – на 75%. Именно на территории ДРК работают 5 крупнейших в мире кобальтовых шахт [7]. Занимающая 2-е место по добыче Россия имеет лишь 5% рынка.

Однако расположенный в Конго рудник Mutande, принадлежащий международному

горно-металлургическому гиганту Glencore, может снизить добычу кобальтового сырья (в пересчете на чистый металл) на 15%. Причина обусловлена изменениями в сырьевой базе предприятия: у него сокращаются запасы оксидных руд, выходящих на земную поверхность и добываемых открытым способом. Подобная ситуация может привести к сокращению производства кобальта Glencore на 5 тыс. т начиная с 2024 г. Предприятию придется переходить к освоению залежей сульфидных руд, находящихся в недрах. Для этого необходимо законсервировать карьер и инвестировать средства в строительство подземной шахты. Специалисты Glencore готовят технико-экономическое обоснование, которое позволит оценить перспективность эксплуатации сульфидных залежей подземным способом, объем необходимых капитальных вложений, период их окупаемости и возможную отдачу. В августе 2023 г. компания заявила об уменьшении поставок кобальта на мировой рынок и накоплении его запасов на складах для поддержания приемлемого уровня цен на металл и недопущения его нового обвала [8]; 2 месяца спустя – сообщила о снижении добычи кобальта за первые 9 месяцев года [1].

Нельзя не отметить, что наиболее подготовленным к широкому внедрению электромобильности оказался Китай: месторождения 95% мировых запасов редкоземельных металлов, необходимых для работы электромобилей, сосредоточены в этой стране, или их добыча находится под контролем китайских корпораций (таблица) [9].

Многие инвесторы полагают, что скоро цена кобальта может вновь увеличиться, так как спрос на него в долгосрочной перспек-

тиве будет только расти. При этом его добыча ведется с нарушением техники безопасности, прав человека и с использованием детского труда. Недавно экологи-активисты обвинили компании Apple, Google, Dell, Microsoft, Tesla в том, что они знали о происхождении и условиях добычи содержащегося в их продуктах кобальта, но все равно пожелали получить значительное финансовое преимущество. Однако за последние 20 лет на первые роли выходит Китай, который стал крупнейшим партнером африканских стран и ежегодно инвестирует в них огромные суммы, в первую очередь в добычу полезных ископаемых, включая кобальт (контролирует 85% его глобальной добычи). Правда, некоторые аналитики считают, что долю кобальта можно уменьшить в 5 раз в пользу более доступного никеля, ресурс которого к тому же более равномерно распределен по миру. Кстати, похожая ситуация сложилась и с натуральным графитом: 67% добычи этого минерала в мире контролирует Китай. На долю ближайших конкурентов – Индии и Бразилии – приходится 13% и 8% соответственно [10].

Не менее важным является и вопрос переработки ископаемого сырья, в частности его очистки от примесей. В данном аспекте статистика опять говорит в пользу КНР: из 8 самых крупных предприятий, специализирующихся на очистке сырья, 7 находятся на территории этой страны. То же самое касается и изготовления катодов для батарей: в этом Китай смог опередить Японию и Корею – прежних традиционных лидеров. Как следствие, за 2024 г. в КНР будет продано рекордное количество электромобилей – почти 10 млн (BEV и подключаемые гибриды PHEV). Таким образом, 6 из 10 выпущенных в мире электромобилей в

2024 г. сойдут с конвейера в Китае, а доля электрокаров на китайском рынке достигнет рекордных 38%.

Доля участия КНР в цепочке производства литий-ионных аккумуляторов приведена на *рис. 4*.

### В поисках сырья и энергии

Аналитики считают, что в скором времени появятся утилизированные батареи, из которых можно вторично использовать металл. Однако ситуация будет зависеть от реального спроса на электромобили [11].

Автопроизводители уже сейчас работают над проблемой, как избежать возможного дефицита сырья для электротранспорта. Как один из возможных подходов рассматривается приобретение сырьевых активов. Так, концерн Great Wall Motors купил 3,5% в добывающей компании Pilbara Minerals, Volkswagen – 25% в

китайской компании Guoxuan, занимающейся производством аккумуляторов.

Однако на формирование сырьевой базы уходят годы: сначала нужно найти подходящие проекты и изыскать на них средства, затем заручиться согласием органов власти и после этого приступать к длительному процессу строительства объектов добычи и сопутствующей инфраструктуры. Вносит неопределенность и риск внезапного падения цен на сырье.

Энергетический кризис может стать одним из факторов, который замедлит переход в некоторых странах от машин с двигателем внутреннего сгорания к электромобилям. При рекордно высоких ценах на электричество с ноября 2021 г. зарядка электромобилей в некоторых государствах оказалась либо почти такой же по стоимости, как и заправка машины обычным бензином,

Материал	Всего произведено, тыс. т	Страна	Доля производства
Литий	43,0	Австралия	44%
		Чили	34%
		Аргентина	13%
		Остальной мир	9%
Кобальт	110,0	Демократическая Республика Конго	59%
		Россия	5%
		Австралия	5%
		Остальной мир	31%
Никель	2 100,0	Филиппины	11%
		Австралия	9%
		Остальной мир	61%
Марганец	16 000,0	Южная Африка	33%
		Китай	16%
		Австралия	14%
		Остальной мир	37%
Натуральный графит	1 200,0	Китай	67%
		Индия	13%
		Бразилия	8%
		Остальной мир	12%

Таблица. Добыча полезных ископаемых, используемых при производстве аккумуляторов электромобилей [8]

либо, как в случае с Великобританией, даже дороже [7].

Согласно исследованию BloombergNEF, повсеместное распространение электромобилей уже к 2040 г. приведет к росту электропотребления по всему миру на 6,8% [12]. Кроме того, эксперты утверждают, что электрификация всех легковых машин, например, в Великобритании к 2050 г. повысит расход электроэнергии в стране на 20% [13].

Однако дополнительное электричество потребуется и для добычи редкоземельных металлов, необходимых для батарей электромобилей (по предварительным оценкам, для извлечения неодима, кобальта и прочих элементов для аккумуляторов нужно 22,5 тераватт-часа).

Аналитики Thomson Reuters построили математическую модель того, как изменится электропотребление в случае полного перехода к производству электромобилей к 2040 г. [15]. К этому времени в мире потребуется 1350 дополнительных тераватт-часов для зарядки электрических средств передвижения.

Поэтому к моменту окончательного вывода из эксплуатации бензиновых и дизельных машин (пока планируется примерно к 2050 г.) потребе-

ние электричества электромобилями достигнет 3 тыс. тераватт-часов – столько сейчас тратит весь Евросоюз на все, что работает на электричестве.

Все это вместе потребует масштабного строительства новых электростанций (в том числе ветровых, солнечных и т.д.). При этом рост спроса может привести к дальнейшему повышению тарифов на электроэнергию.

Таким образом, для массового перехода на транспорт с электрической либо гибридной тягой в ближайшие десятилетия (планы, предельные сроки по которым в разных странах часто меняются) человечество должно ответить на несколько важнейших вопросов. Мы рассмотрели в данной статье только два из них – дефицит необходимых для выпуска электрокаров природных элементов, их неравномерное распределение и контроль добычи, а также потенциальные вопросы по обеспечению электроэнергией. Все это очевидным образом прямо отразится на экономической стороне – стоимости транспортных средств и окупаемости их производства. Для решения всех назревших проблем, связанных с развитием электротранспорта, требуется согласованная работа специалистов разных областей. ■

■ **Summary.** The article considers a number of factors that directly or indirectly influence the electric mobility growth on a local and global scale. The main trends in the development of the electric transport sector, determined by the specifics of natural conditions, the extraction of rare metals and other minerals that are critical for the industry in the regional context, are determined. The article provides statistics on the transition to electric transport in different countries of the world and further plans for this transition, the chronology and reasons for their adjustment, as well as the results of the latest academic and corporate scientific research on the environmental friendliness and payback of various types of transport in both the short and long term. A number of questions are outlined, the answers to which will lead to more balanced decisions on the further implementation and improvement of modern vehicles on electric traction.

■ **Keywords:** electric mobility, BEV, lithium mining, rare earth elements, batteries, cobalt mining, growth of electricity consumption, business model of electric vehicle production.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-12-61-66>

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. А. Граматчиков. Электрическое сопротивление // <https://monocle.ru/monocle/2024/16/elektricheskoye-soprotivleniye/>.
2. Global EV Outlook 2021 // <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>.
3. Gill Pratt Carbon Is Our Enemy: Let's Use Everything We've Got To Fight It // <https://medium.com/toyotaresearch/carbon-is-our-enemy-lets-use-everything-we-ve-got-to-fight-it-b38bfb1f16>.
4. Автопроизводители Великобритании просят отложить запрет на бензиновые машины // [https://auto.rambler.ru/navigator/46119258/?utm\\_content=auto\\_media&utm\\_medium=read\\_more&utm\\_source=copylink](https://auto.rambler.ru/navigator/46119258/?utm_content=auto_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink).
5. Glencore за 9 месяцев снизил добычу металлов, но подтвердил прогноз на 2024 год // ProFinance // <https://www.profinance.ru/news/2024/10/31/ce05-glencore-za-9-mesyatsev-snzil-dobychu-metallov-no-podtverdil-prognoz-na-2024-go.html>.
6. Погорельский А. Нет, мир не перейдет на электромобили: 5 главных препятствий // <https://mag.auto.ru/article/whynotonlyelectro/>.
7. Углеродный след электромобиля: о цене говорить неудобно, об экологичности – тем более // <https://oilcapital.ru/article/general/27-01-2022-uglerodnyy-sled-elektromobilya-o-tsene-govorit-neudobno-ob-ekologichnosti-tem-bolee>.
8. Возможное подорожание кобальта в 2024 году позитивно для «Норникеля» // <https://www.fnam.ru/publications/item/vozmozhnoe-podorozhanie-kobalta-v-2024-godu-pozitivno-dlya-nornikelya-20231128-1105/>.
9. Гайдукевич Д. Кто выиграет от электрокаров (оказывается, это Конго) // [https://auto.mail.ru/article/74495-kto-vyigraet-ot-elektrokarov-okazyvaetsya\\_eto\\_kongo/](https://auto.mail.ru/article/74495-kto-vyigraet-ot-elektrokarov-okazyvaetsya_eto_kongo/).
10. Гагарин В. Почему кобальт так важен для автопрома // [https://auto.mail.ru/article/71207-luchshee\\_za\\_2018\\_pochemu\\_kobalt\\_tak\\_vazhen\\_dlya\\_avtoproma/](https://auto.mail.ru/article/71207-luchshee_za_2018_pochemu_kobalt_tak_vazhen_dlya_avtoproma/).
11. Tesla показала прибыль: акции могут вновь подорожать // <https://auto.mail.ru/article/78316-tesla-pokazala-pribyl-akcii-mogut-vnov-podorozhat/?fromemail>.
12. BloombergNEF/ Report/ Electric Vehicle Outlook 2020 // Bloomberg // <https://about.bnef.com/>.
13. Leading scientists set out resource challenge of meeting net zero emissions in the UK by 2050 // Natural History Museum // <https://www.nhm.ac.uk/press-office/press-releases/leading-scientists-set-out-resource-challenge-of-meeting-net-zero.html>.
14. CHART: China's grip on battery metals supply chain // <https://www.mining.com/chart-chinas-grip-on-battery-metals-supply-chain/>.
15. Will electric vehicles really create a cleaner planet? // Thomson Reuters // <https://www.thomsonreuters.com/en/reports/electric-vehicles.html>.

Статья поступила в редакцию  
17.06.2024 г.