ریاست جمهوری
مرکز هنگاریهای تحول و پیشرفت

بسم الله الرحمن الرحیم

چشم‌انداز وضعیت عرضه و تقاضای مواد لیتیوم و کبالت

مهرماه ۱۳۹۹

فهرست مطالب

۱چکیده ۳

۲وضعیت کلی تقاضا ٤

۳ لیتیوم ٦

۳-۱- منابع تولید لیتیوم ٦

۳-۲- تولیدکنندگان بزرگ لیتیوم غیرچینی ۱۰

۳-۳- تولیدکنندگان بزرگ لیتیوم چینی ۱۲

۳-٤- پیش‌بینی وضعیت تولید و مصرف آینده ۱۳

٤ کبالت ۱٦

٤-۱- وضعیت تولید فعلی ۱٦

٤-۲- پیش‌بینی وضعیت تولید و مصرف در آینده ۱۹

٤-۳- وضعیت تولید کبالت در ایران ۲۱

۵ جمع‌بندی و نتیجه گیری ۲۳

٦ مراجع ۲٦

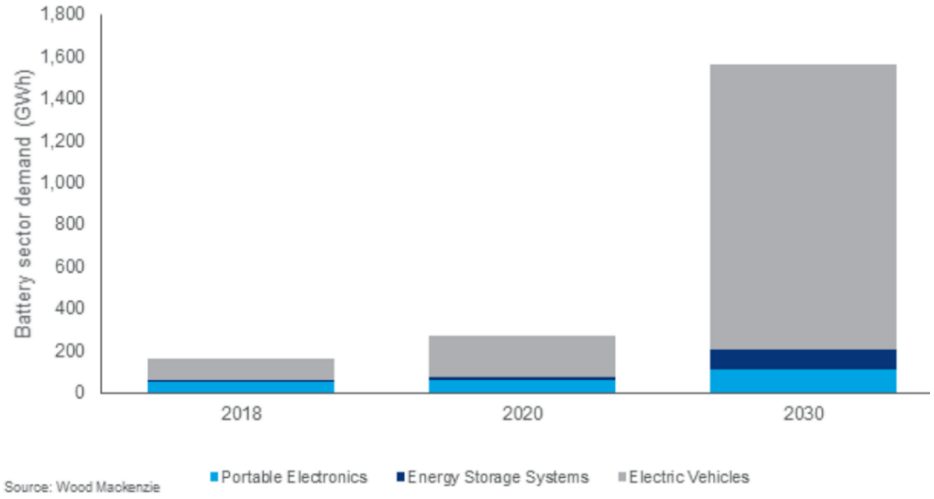
۱ چکیده

در این گزارش به وضعیت مصرف و تولید دو ماده لیتیوم و کبالت که از مواد اصلی در باتری‌های لیتیوم-یونی هستند، پرداخته شده است. در بخش لیتیوم، مهم‌ترین منابع تولید این ماده و سهم آن‌ها در تولید لیتیوم، بررسی شده و مهم‌ترین شرکت‌های چینی و غیرچینی فعال در این زمینه نیز معرفی شده‌اند. در انتهای این بخش نیز، پیش‌بینی وضعیت تولید این ماده توسط موسسه مکنزی آورده شده است. نتایج این بخش نشان می‌دهد که سهم سنگ‌های معدنی از شورابه‌ها در تولید لیتیوم پیشی گرفته و تولیدکنندگان چینی با افزایش تولید در سال‌های اخیر، بسیار به تولیدکنندگان لیتیوم غیرچینی نزدیک شده‌اند. این امر منجر به کاهش قیمت لیتیوم کربنات نقطه‌ای در کشور چین طی دو سال اخیر شده است. همچنین وضعیت تولید و مصرف ماده لیتیوم در جهان همتراز است و به احتمال قوی در آینده نیز شاهد کمبود ماده لیتیوم در جهان نخواهیم بود.

در بخش کبالت نیز به وضعیت تولید فعلی این ماده و تقاضای آن در آینده پرداخته شده و مهم‌ترین نقاط جهان در تامین کبالت آورده شده است. نتایج این بخش نشان می‌دهد که کشور کنگو بزرگترین تامین کننده کبالت است و در سال‌های آتی نیز همچنان برترین منبع تولید این ماده مهم خواهد بود. از طرفی عمده کبالت تولیدی در جهان یکی از محصولات جانبی مس و نیکل است. با توجه به این نکات، در برخی سناریوها محتمل است که مقدار تقاضا بر عرضه پیشی بگیرد و پروژه‌های ساخت باتری و به خصوص قیمت آن را کاملا تحت شعاع قرار دهد.

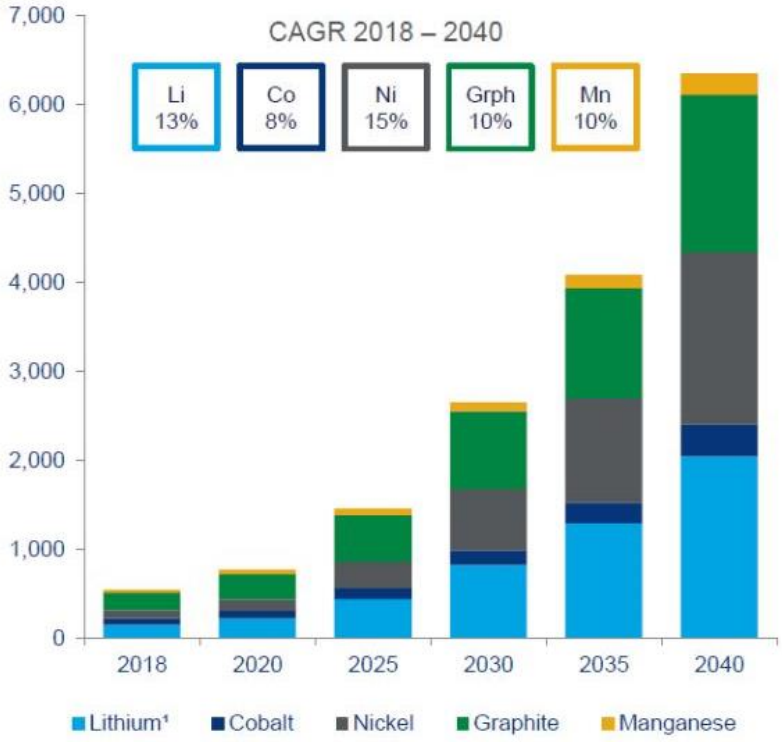
۲ وضعیت کلی تقاضا

بسیاری از مراکز دنیا مانند موسسه مکنزی پیش‌بینی می‌کنند که حجم تقاضای باتری‌های لیتیوم-یونی در سال‌های آتی افزایش پیدا کرده که اصلی‌ترین دلیل آن ظهور خودروهای الکتریکی در قرن جاری است. طبق گزارشات این موسسه، اگرچه سهم کل باتری لیتیوم-یونی در سال ۲۰۱۸ کمتر از ۲۰۰ گیگاوات-ساعت بوده است اما پیش بینی می‌شود که این مقدار با رشد فزاینده‌ای در سال ۲۰۳۰ به حدود ۱۶۰۰ گیگاوات-ساعت برسد. همانطور که در شکل زیر نیز مشاهده می‌شود، عمده این تغییر به علت رشد تقاضای خودروهای الکتریکی است [1].



شکل ۱- میزان تقاضای کل باتری‌های لیتیوم-یونی در بخش‌های مختلف [1]

همچنین مقدار تقاضای مواد اصلی باتری و متوسط رشد این مواد تا سال ۲۰۴۰ در شکل زیر آورده شده است [2]. با توجه به این شکل، اگرچه گرافیت در حال حاضر بیشترین میزان مصرف را دارد اما لیتیوم و نیکل به علت رشد بالاتر مصرفی از بقیه مواد(به ترتیب ۱۳٪ و ۱۵٪)، به مرور بیشترین سهم را در زنجیره مواد اولیه باتری خواهند داشت. یکی از دلائل رشد کمتر کبالت و افزایش نیکل، حرکت شرکت‌ها به سمت تولید با باتری کبالت کمتر به علت قیمت بالا و همچنین معایب زیست محیطی آن هستند. همچنین بالابودن سهم لیتیوم و رشد آن نیز به علت وجود در انواع کاتدهای مختلف باتری لیتیومی یونی است. استفاده از لیتیوم در هر نوع باتری لیتیوم یونی منجر به رشد سالانه دو رقمی خواهد شد به طوری که بیش از ۸۰٪ تقاضای کل لیتیوم را تا سال ۲۰۳۰ تشکیل خواهد داد [2].



شکل۲- میزان تقاضای مواد اولیه در باتری بر حسب کیلوتن [2]

۳ لیتیوم

۳-۱- منابع تولید لیتیوم

در گذشته عمده لیتیوم موجود در باتری‌های لیتیوم-یونی از شورابه‌های موجود در آرژانتین، شیلی و بولیوی تامین می‌شد. بدین ترتیب که از این شورابه‌ها، لیتیوم-کلرید تولید شده و سپس این ماده با استفاده از سدیم-کربنات به لیتیوم-کربنات[۱] تبدیل می‌شود. لیتیوم کربنات نیز می‌تواند با استفاده از کلسیم-هیدروکسید به لیتیوم-هیدروکسید[۲] تبدیل شود. به منظور استفاده از لیتیوم کربنات در باتری لازم است تا خلوص آن حداقل ۹۹,۵٪ باشد اما تذکر این نکته نیز ضروری است که نبایستی ۰,۵٪ باقیمانده حاوی مواد مخربی همچون آهن یا منیزیم باشد. لیتیوم، آخرین ماده‌ای است که از شورابه تولید می‌شود و به همین دلیل تولید این ماده از شورابه‌ها پروسه‌ای زمانبر است و ممکن است بین ۱۸ ماه تا ۳ سال نیز طول بکشد. از طرفی نیاز بازار به تولید لیتیوم به سرعت در حال رشد بود و به همین دلیل تولید لیتیوم از دیگر منابع و به خصوص سنگ‌های سخت به سرعت رشد پیدا کرد.

اصلی‌ترین سنگی که تاکنون برای تولید لیتیوم شناخته شده است، اسپودومن[۳] است [3]. لیپیدولیت[۴]، یوکریپتیت[۵] و پتالیت[۶] نیز دیگر سنگ‌هایی هستند که حتی یوکریپت مقدار لیتیوم بیشتری از اسپودومن هم دارد اما سهم تولید همگی در برابر اسپودومن بسیار ناچیز است. اسپودومن پس از استخراج ، تا ۲۰۱۲ درجه فارنهایت گرم شده و سپس تا ۱۴۹ درجه سرد و بو داده می شود. سپس دوباره خرد شده و پس از تبدیل به پودر، این بار با اسید سولفوریک غلیظ بو داده می شود. این ماده وارد فرآیند تصفیه شده تا غلظت لیتیوم افزایش و غلظت مواد جانبی مانند مگنزیم و کلسیم کاهش یابد. در نهایت، کربنات سدیم اضافه می شود و کربنات لیتیوم حاصله متبلور، گرم، فیلتر و خشک می شود [4]. اگرچنانچه هدف تولید لیتیوم هیدروکسید از سنگ باشد، این ماده مستقیم تولید شده و نیازی به تولید لیتیوم کربنات نیست.

---

۱ lithium carbonate

۲ lithium hydroxide

۳ Spodumene :LiAl(SiO3)2

۴ Lepidolite : $K(Li, Al, Rb)_2(Al, Si)_4O_{10}(F, OH)_2$

۵ Eucryptite: $LiAlSiO_4$

۶ Petalite: $LiAlSi_4O_{10}$

قیمت لیتیوم تولیدی از سنگ اسپودومن به شدت به قیمت مواد اولیه شامل سنگ اسپودومن، سولفوریک اسید و سدیم کربنات و همچنین انرژی بستگی دارد. اگرچه به طور کلی هزینه تولید لیتیوم کربنات تولیدی از اسپودومن بالاتر از شورابه است[1] اما در عوض، قیمت لیتیوم-هیدروکسید آن کاملا رقابتی با منابع شورابه‌ای است. زیرا حدود ۵۰۰ دلار بر تن هزینه اضافی لازم است تا لیتیوم کربنات شورابه به لیتیوم هیدروکسید تبدیل شود [4]. همچنین سنگ اسپودمون نسبت به شورابه دو مزیت دیگر هم دارد. اول اینکه پروسه تولید آن بسیار سریعتر و در حدود چند روز است. ثانیا، لیتیوم کربنات یا هیدروکسید تولید شده از آن دارای خلوص بیشتری است [3]. علاوه بر این، پژوهش‌های علمی برخی شرکت‌های مهم نشان می‌دهد که استفاده از لیتیوم-هیدروکسید نسبت به لیتیوم-کربنات منجر به ساختار بهتر کریستال، تکرارپذیری بیشتر و نهایتا افزایش ظرفیت نیز می‌شود[5] . به همین دلیل لیتیوم-هیدروکسید حاصل از صخره ممکن است حتی از لیتیوم کربنات شورابه هم جذابتر باشد.

طبق تحقیقات فست‌مارکت[2]، تولید لیتیوم-کربنات همتراز شده[3] از سنگ‌های سخت، از ٦٠ هزار تن در سال ٢٠١٦ به ١٦٣ هزار تن در سال ٢٠١٨ رسید. درحالی که تولید این ماده مهم از شورابه‌ها، از ١٤٠ هزارتن در سال ٢٠١٧ فقط به ١٤٨ هزار تن در سال ٢٠١٨ افزایش پیدا کرد [6]. به همین دلیل سهم تولید لیتیوم از سنگ‌های سخت بیشتر از منابع قدیمی شورابه شد. این تولیدات و فروش‌های پراکنده باعث شد تا قیمت لیتیوم کربنات همترازشده به صورت نقطه‌ای در کشور چین کاهش یابد. به طوری که با کاهش ۵۰ درصدی، از ٢٤ هزار دلار بر تن در ژانویه سال ۲۰۱۸ به ۱۲ هزار بر تن در ژانویه سال ۲۰۱۹ و مجددا با کاهش ۳۷ درصدی به ۷۵۰۰ دلار بر تن در سپتامبر سال ۲۰۲۰ برسد[4] [6] و [7] و [8]. این کاهش قیمت برای رقابت منابع صخره‌ای با شورابه بسیار اهمیت دارد.

---

[1] در سال ۲۰۱۷ قیمت نقطه‌ای لیتیوم کربنات همترازشده در چین حدود ٤٠٪ بالاتر از فوب آمریکای جنوبی بوده است. به نظر می‌رسد اصلی‌ترین دلیل این تفاوت، بالاتر بودن قیمت لیتیوم هیدروکسید از لیتیوم کربنات باشد. زیرا عمده تولید لیتیوم هیدروکسید در چین و لیتیوم کربنات در آمریکای جنوبی است.

[2] Fastmarkets

[3] پارامتر LCE (Lithium carbonate equivalent) به معنای لیتیوم-کربنات همترازشده است. به علت اینکه لیتیوم ترکیبات مختلفی دارد اما عمده آن ابه صورت لیتیوم-کربنات تولید می‌شود، این پارامتر برای لیتیوم-کربنات معادل ۱ است. به همین دلیل ۱ هزارتن لیتیوم هیدروکسید همتراز شده یعنی لیتیوم حاصل از آن معادل ۱ هزار تن لیتیوم-کربنات است. [20]

[4] ممکن است یکی از دلائل اصلی کاهش در سال ۲۰۲۰ نیز ویروس کرونا باشد که بایستی بدان دقت کرد. به همین دلیل قیمت‌های دوران پس کرونا برای تحلیل کلانتر حائز اهمیت هستند

در حال حاضر، بیشترین معادن سنگ سخت لیتیوم جهان که تامین کننده لیتیوم هستند، در استرالیای غربی واقع شده است[۱]. کسنانتره اسپودومن این معدن بیشتر به لیتیوم-هیدروکسید تبدیل می‌شود و بنابه نظر معدن کاران استرالیایی، حدود ۷ الی ۸ تن از کسنانتره اسپودومن با غلظت ٦٪ منجر به تولید یک تن لیتیوم-کربنات همتراز شده می‌شود [6].

از بین معادن کشور استرالیا، معدن گرینباشز[۲] بزرگترین معدن حاوی لیتیوم است که حداقل ۱۰۰ هزار تن لیتیوم کربنات همترازشده از آن تولید می‌شود[۳]. این معدن توسط شرکت تایلیسون-لیتیوم اداره می‌شود که صاحبان آن، شرکتهای تیانچی[٤] (با ۵۱٪ سهم) و آلبمارل[٥] (با ٤۹٪ سهم) هستند [6]. در رابطه با این شرکتها در قسمت‌های بعد، مفصلا توضیح داده شده است.

دومین معدن بزرگ حاوی لیتیوم، معدن ماریون[٦] است که با سهم‌های برابر ۵۰ درصدی بین شرکت گانفنگ[۷] و مینرال[۸] اداره می‌شود. این معدل در سال ۲۰۱۷ شروع به تولید نمود و در سال ۲۰۱۸ توانست حدود ٤۱۸ هزار تن کنستانتره اسپودمون تولید کند. این دو شرکت قصد داشته‌اند که یک واحد با ظرفیت اسمی ۲۵ هزار تنی از لیتیوم‌هیدروکسید گرید باتری تولید کنند [6].

شرکت معدنی گالکسی[۹] نیز در معدن کاتلین[۱۰] در استرالیای غربی در سال ۲۰۱۸ توانست ۱۵۰ هزار تن کنستانتره اسپودومن تولید کند و قصد داشته تا پایان سال ۲۰۱۹ به ۲۱۰ هزار تن نیز برساند [6].

در منطقه پیلبارا در استرالیای غربی ، شرکت پیلبارا[۱۱] نیز اولین تولید کنستانتره لیتیوم را در سال ۲۰۱۸ انجام داد و توانست بیش از ٤۷ هزار تن کنستانتره اسپودومن را در سه ماهه آخر این سال تولید کند. قرار بوده است تا طی

---

[۱] سنگ‌های هیدنیت و کونزیت دو نمونه زینتی از اسپودمون هستند که در کشورهایی نظیر ایران،افغانستان و پاکستان هم یافت می‌شوند.

[۲] Greenbushes

[۳] احتمالا یکی از دلائل بالابودن تولید در این معدن، لیتیوم-اکساید بالای این معدن است.

[٤] Tianqi Lithium

[٥] Albemarle Corporation

[٦] Mount Marion lithium mine

[۷] Ganfeng Lithium

[۸] Mineral Resources

[۹] Galaxy Resources

[۱۰] Mount Cattlin

[۱۱] Pilbara Minerals

دو مرحله، افزایش ظرفیت انجام شود. در مرحله اول، تا آخر سال ۲۰۲۰، تولید کنستانتره به ۳۳۰ هزار تن افزایش یابد و در مرحله بعد به ۸۵۰ هزار تن افزایش یابد. [6].

همچنین در اواخر سال ۲۰۱۸، شرکت معدنی اولترا[۱] در همین منطقه پیلبارا، پروژه‌ای را با ظرفیت اسمی تولید ۲۲۰ هزار تن کنستانتره شروع کرد که این پروژه تا سه سال طول می‌کشد به ظرفیت کامل برسد. در مرحله بعد قرار است تا ظرفیت تولید این واحد به ٤٥٠ هزار تن برسد [6].

نمونه دیگر از تولید کنستانتره در کشور استرالیا مربوط به شرکت آلیانس[۲] در معادن بالدهیل[۳] است. در مرحله اول، قرار بوده است تولید کنستانتره به ۱۸۰ هزار تن در سال ۲۰۱۹ و سپس به ۲٤۰ هزار تن در سال ۲۰۲۰ برسد.

یک معدن هم برای تولید لیتیوم در کشور برزیل فعالیت دارد. شرکت ای‌ام‌اجی–لیتیوم[٤] در معدن میبرا[٥]، تولید ۹۰ هزار کنستانتره در سال ۲۰۱۸ را شروع کرد و قصد دارد تا آخر سال ۲۰۲۰ به ۱۸۰ هزار تن برساند. به غیر از این مورد، شرکت نماسکا–لیتیوم[٦]، نمونه دیگری است که در حال توسعه مبدل یکپارچه برای معدن وهابوچی[۷] است. آنها از کنسانتره خود برای تولید هیدروکسید لیتیوم و کربنات در کشور کانادا استفاده می کنند [6].

علاوه بر اسپودومن، ماده دیگری که برای تولید لیتیوم نیز مورد توجه قرار گرفته است، لیپیدولیت است که برای اولین بار در سال ۲۰۱۷ از این ماده برای تولید لیتیوم در صنعت باتری در چین استفاده شد. این سنگ اگرچه در کشور پرتغال تولید می‌شود اما هنوز به منظور صنعت باتری در اروپا مورد استفاده قرار نگرفته است. کمپانی لیپدیکو در استرالیا برنامه‌هایی برای کاهش هزینه تولید لیتیوم از این سنگ معدنی را دارد [9].

---

۱ Altura Mining

۲ Alliance Mineral Assets

۳ Bald Hill Mine

٤ AMG Lithium

٥ Mibra

٦ Nemaska Lithium

۷ Whabouchi mine

۳-۲- تولیدکنندگان بزرگ لیتیوم غیرچینی

چهار تولید کننده عمده لیتیوم غیرچینی در جهان عبارتند از شرکت آلبمارل، اس‌کیوام[۱]، لایونت[۲] و اوروکبر[۳] [6].

- شرکت آلبمارل

شرکت آلبمارل برای سالها بزرگترین تولید کننده کربنات لیتیوم و هیدروکسید لیتیوم بوده است. نقشی که می تواند از طریق توافق نامه با آژانس توسعه اقتصادی شیلی (کورفو)[٤] در ۹ مارس ۲۰۱۸ تثبیت شود. از طریق این توافق نامه ، آژانس به این شرکت اجازه داد تا سهمیه تولید لیتیوم کربنات همتراز شده را از ۳۳ هزار تن در سال ۲۰۱۷ به ۱٤٥ هزار تن در سال ۲۰٤۳ افزایش دهد. با این وجود ، مشکلات تولیدی که هنگام گسترش مجتمع لانگرا[٥] در شیلی (جایی که این شرکت مقدار مهمی از کل لیتیوم خود را تولید می کند) به وجود آمده است، می تواند بر توانایی آلبمارل در افزایش تولید کل لیتیوم خود در سال ۲۰۱۹ تأثیر بگذارد. اگر چنانچه مشکلات تولید ادامه پیدا نکند، آلبمارل بایستی به کل تولید ۸۰ هزار تنی در سال ۲۰۱۹ رسیده باشد [6].

این شرکت در حال توسعه فعالیتهای لیتیوم خود در خارج از کشور و افزایش تولید در شرکت تابعه خود[٦] و تولید لیتیوم از اسپودومن در معدن گرینباشز است تا تولید خود را در خارج از شیلی ادامه دهد. همچنین این شرکت در حال ساخت کارخانه هیدروکسید لیتیوم در دو مرحله با ظرفیت تولید تا ۱۰۰ هزار تن در سال واقع در کمرتون[۷] استرالیای غربی است که باید تا سال ۲۰۲۱ راه اندازی شود. سرمایه‌گذاری مشترک این شرکت با یک شرکت استرالیایی[۸] منجر به بهره‌برداری ۵۰ درصدی از تمامی کنسانتره‌های لیتیوم تولیدشده از معدن ووجینا[۹] شده است. هر دو شرکت توافق کرده‌اند که یک کارخانه تولید هیدروکسید لیتیوم با ظرفیت تولید اولیه ۵۰ هزار تن بر سال

---

۱ SQM

۲ Livent

۳ Orocobre

٤ Chilean Economic Development Agency (Corfo)

٥ La Negra

٦ Jiangxi New Material

۷ Kemerton

۸ Mineral Resources Limited (MRL)

۹ Wodgina

احداث کنند. این کارخانه تا سال ۲۰۲۲ به بهره برداری می‌رسد و از کنسانتره لیتیوم تولید شده از معدن ووجینا استفاده خواهد کرد [6].

- **شرکت اس‌کیوام**

همسایه آلبمارل در شیلی، شرکت اس‌کیوام است که دومین تولید کننده لیتیوم در جهان خارج از چین محسوب می‌شود. در حال حاضر به نظر می رسد این شرکت، می تواند میزان تولید لیتیوم فعلی خود را بیشتر از سائرین افزایش دهد. کورفو به این شرکت اجازه داده است تا تولید لیتیوم خود را تقریباً ۵ برابر افزایش داده و تا سال ۲۰۲۵ به ۲۱۶ هزار تن در سال برساند. با توجه به این اجازه، آخرین برنامه این شرکت افزایش ظرفیت از ۴۸ هزار تن تولید در سال ۲۰۱۸ به ۱۰۰ هزار تن در آخر سال ۲۰۱۹ بوده است. این شرکت قصد دارد در صورت افزایش تولید بیش از ۶۰ هزار تنی در سال، مقدار ۱۰ هزار تن از محصول خود را ذخیره کند. این تغییر در استراتژی بازار نشان دهنده علاقه شرکت در انعطاف پذیر نگه داشتن زنجیره تأمین خود است، به طوری که باعث جاری شدن سیل عرضه نشود و میزان عرضه را با تقاضا تنظیم کند [6]. این شرکت همچنین به دنبال ایجاد تنوع در تولید لیتیوم خود در خارج از کشور بوده و با سرمایه گذاری مشترک با شرکت کیدمن[1] برای اکتشاف کوه هلند در استرالیای غربی به توافق رسیده است. اس‌کیوام در نظر دارد یک کارخانه هیدروکسید لیتیوم با ظرفیت ۴۵ هزار تنی در سال احداث کند که تا سال ۲۰۲۱ شروع به کار خواهد کرد [6].

- **شرکت لایونت**

بعد از دو تولیدکننده برتر خارج از چین،لایونت، بزرگترین تولید کننده ترکیبات لیتیوم از آب نمک در آرژانتین قرار دارد که در سایت فنیکس[2] در آرژانتین فعالیت می کند و ظرفیت لیتیوم هیدروکسید باتری خود را با افزایش دو برابری نسبت به گذشته، به ۱۸ هزار تن در سال ۲۰۱۷ رسانده است. همچنین قرار بوده است که تا سال ۲۰۱۹ ظرفیت کل هیدروکسید لیتیوم به ۳۰ هزار تن بر سال برسد و در صورت نیاز مشتری فراتر از این سطح نیز خواهد رفت. اخیراً، این شرکت گفته است که در حال بررسی عملیات جدید برای گسترش بیشتر تولید است [6].

- **شرکت اروکوبر**

[1] Kidman Resources

[2] Fenix

آخرین و جدیدترین تولید کننده لیتیوم از آب شور خارج از چین ، اروکوبر است که پروژه آب نمک اولاروز[1] خود را در شمال آرژانتین تحت یک شرکت مشترک بین اروکبر(با سهم ٦٦,٥٪)، تویوتا-تسوشو[2](با سهم ٢٥٪) و جوجوی-انرژیا[3](با سهم ٨,٥٪) اجرا کرده است. شرکت اروکوبر در سال ٢٠١٨ کمتر از ١٣ هزار تن لیتیوم-کربنات تولید کرده و قصد داشته تا آن را به ١٤ هزار در سال ٢٠١٩ برساند. این شرکت مرحله دوم توسعه را در اولاروز برای تولید ١٧ هزار تن لیتیوم-کربنات با درجه باتری و ١٥,٥ هزارتن با درجه فنی و صنعتی در نیمه دوم سال ٢٠٢٠ آغاز خواهد کرد. همچنین اروکوبر و تویوتا امیدوارند که بتوانند، ساخت کارخانه تولید لیتیوم هیدروکسید ١٠ هزار تنی در فوکوشیما ژاپن را نیز نهایی کنند [6].

٣-٣- تولیدکنندگان بزرگ لیتیوم چینی

در سال ٢٠١٨ کشور چین به عنوان یک قطب پیشرو در پردازش لیتیوم و به علت فعالیت شرکت‌های مهمی همچون تیانچی-لیتیوم، گانفنگ-لیتیوم، سیچووان یاهو-لیتیوم[4] و شاندونگ-رویفو[5] در جهان ظاهر شد [6]. کنسانتره لیتیوم تولید شده از سنگ‌های سخت مانند کنسانتره اسپودومن که بیشتر از استرالیا تأمین می شود، به منبع اصلی مواد اولیه مورد استفاده در تولید کربنات لیتیوم و هیدروکسید لیتیوم چین در سال ٢٠١٨ تبدیل شد [6]. دو شرکت تیانچی-لیتیوم و گانفنگ-لیتیوم از جمله شرکت‌های چینی هستند که با شرکت‌های بزرگ آلبمرال و اس‌کیوام فاصله چندانی نداشته و به سرعت اندازه و نفوذ خود را در بازار جهانی لیتیوم افزایش داده اند.

تیانچی لیتیوم در چند سال گذشته به سرعت رشد کرده و فعالیت و نفوذ خود را در سراسر زنجیره تامین لیتیوم گسترش داده است. این شرکت اخیراً توانست ٢٣,٧٧ درصد از سهام شرکت اس‌کیوام را بدست آورد که این امر نشان دهنده اهداف تیانچی برای رشد جهانی و افزایش کل تولید لیتیوم برای تأمین صنعت باتری در حال توسعه در چین، ژاپن و کره است. تیانچی لیتیوم در سال ٢٠١٨ نزدیک به ٥٠ هزار تن لیتیوم کربنات همترازشده تولید کرده و قصد داشته که آن را تا پایان سال ٢٠١٩ به ٥٩ هزار بر تن افزایش دهد. تیانچی همچنین در حال توسعه کارخانه هیدروکسید لیتیوم در شهر کوینانا در استرالیای غربی است تا در دو مرحله ٢٤ هزار تنی، نهایتا به ظرفیت

[1] Olaroz

[2] Toyota Tsusho Corp

[3] Jujuy Energia y Mineria Sociedad del Estado

[4] Sichuan Yahua Lithium

[5] Shandong Ruifu

۴۸ هزار تنی تولید در هیدروکسید لیتیوم گرید باتری برسد. مرحله اول و دوم به ترتیب قرار بوده است تا در نیمه دوم سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ به بهره‌برداری برسد [6] و [9]. این شرکت دارای ۵۱٪ از سهام معدن گرینباشز در استرالیا است است که بخشی از نیاز خود را از طریق کنسانتره های اسپودومن تولیدی این معدن تامین می‌کند. بخش دیگر نیاز این شرکت نیز از طریق فعالیت بر روی دریاچه نمک ژابوی[۱] در تیبت[۲] تامین می‌شود [6].

شرکت کانفنگ-لیتیوم نیز به طور مشابه در سال های اخیر جایگاه جهانی خود را افزایش داده است. در اوایل آوریل سال ۲۰۱۹، این شرکت مالکیت خود را در پروژه لیتیو الاروز[۳] در شمال آرژانتین با لیتیوم آمریکا به ۵۰ درصد افزایش داد. این پروژه پس از شروع تولید در نیمه دوم سال ۲۰۲۰، در ابتدا ۲۵ هزار تن لیتیوم کربنات تولید خواهد کرد. همزمان، گانفنگ با شرکت پیلبارا[۴] برای تامین ۱۶۰ هزار تن کنستانتره اسپودومن، به توافق ۱۰ ساله رسیده است. این شرکت در تلاش است تا تولید لیتیوم کربنات همترازشده خود را از ۷۹ هزار تن فعلی به ۱۰۰ هزار تن در سال ۲۰۲۰ افزایش دهد تا بتواند لیتیوم شرکتهای مورد توافق مانند فولکس‌واگن، تسلا و بی‌ام‌دبلیو را تامین کند.

شرکتهای سیچان‌یاهو و شاندونگ‌رویفو نیر در چین مهم هستند. آن‌ها در سال‌های گذشته با استفاده از کنسانتره سنگ‌های سخت استرالیا به عنوان منبع مواد اولیه، کل تولید را در چین افزایش داده اند. شرکت سیچان‌یاهو در تلاش بوده است تا تولید لیتیوم کربنات همتراز شده خود را از ۱۲ هزار تن در سال ۱۸ به ۲۲ هزار تن در سال ۲۰۱۹ افزایش دهد. همچنین شرکت شاندونگ نیز قصد داشته تا پایان سال ۲۰۱۹، میزان تولید خود را به ۲۵ هزار تن برساند.

۳-۴- پیش‌بینی وضعیت تولید و مصرف آینده

اگرچه در سال ۲۰۱۷ میزان تولید لیتیوم کربنات همتراز شده در حدود ۲۲۰ هزار تن بوده اما ظرفیت تولید در این سال برابر ۴۵۰ هزار تن بوده است. بسیاری از پروژه‌های افزایش ظرفیت شرکت‌های تولیدکننده لیتیوم در قسمت قبل آورده شد. با توجه به چنین آمار و ارقامی، موسسه مکنزی مدعی است که می‌توان تا سال ۲۰۲۵ به

---

۱ Zhabuye

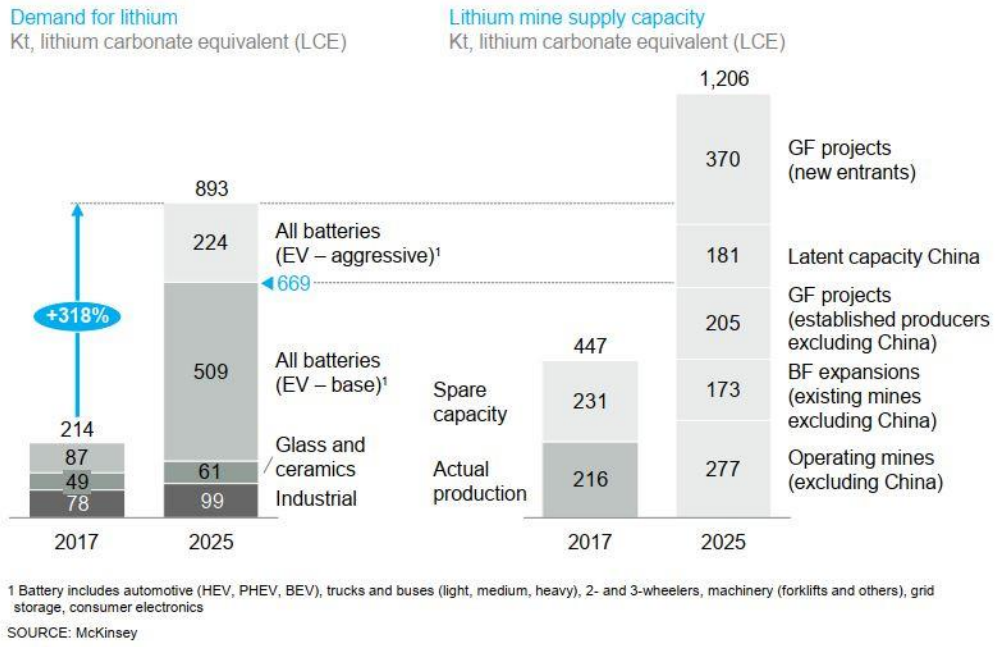
۲ Tibet

۳ Cauchari-Olaroz JV lithium

۴ Australian lithium hopeful Pilbara Minerals Ltd

مقدار ۷۵۵ هزار تن، ظرفیت را افزایش و به بالای ۱۱۰۰ هزار تن رساند. از طرفی برای رشد تقاضای لیتیوم، دو سناریو درنظر گرفته است که یکی سناریو پایه و دیگری سناریو حد بالا به علت رشد فزاینده در خودروهای الکتریکی است. عرضه و تقاضای لیتیوم برای این دو سناریو در شکل زیر آورده شده است [4].

با توجه به این شکل، در هر دو سناریو، چالشی برای تولید لیتیوم در دنیا وجود نخواهد داشت و شاهد یک بازار تعادلی برای لیتیوم تا سال ۲۰۲۵ خواهیم بود. هرچند ممکن است در کوتاه مدت به علت کیفیت‌های خاص مانند لیتیوم هیدروکسید، شاهد افزایش قیمت باشیم اما به طور کلی قیمت‌ها تقریبا تغییری نخواهد کرد.



شکل۳- میزان عرضه و تقاضای لیتیوم در دو سناریو پایه و حد بالا [4]

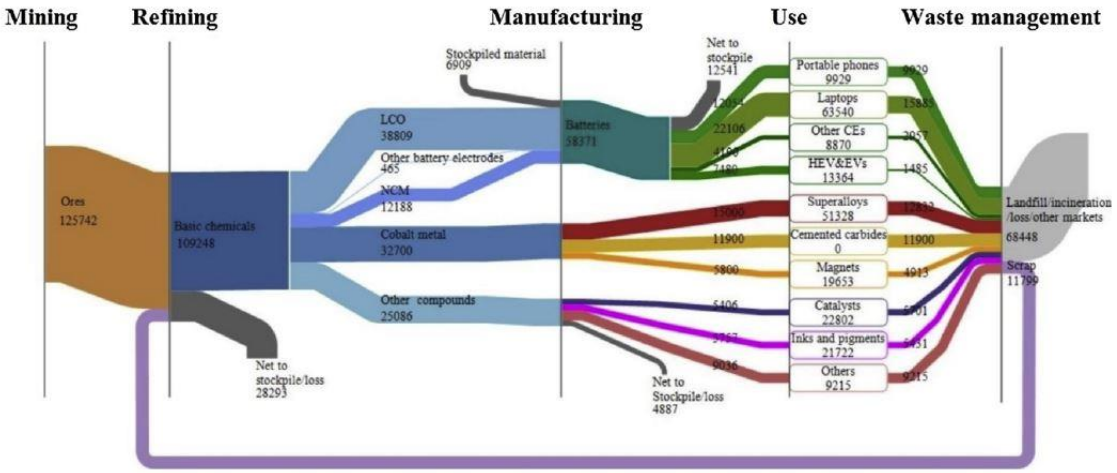
اگرچه به نظر نمی‌رسد که تقاضای لیتیوم با چالش جدی در دنیا همراه باشد اما این امر نشان‌دهنده کم اهمیت بودن این ماده نیست. زیرا اشاره شد که لیتیوم در انواع باتری‌های لیتیوم-یونی کاربرد دارد و به همین دلیل هم رشد آن فزاینده و دو رقمی است. در حال حاضر ظاهرا این ماده مهم در کشور تولید نمی‌شود. در حالی که با توجه به افزایش تقاضای باتری می‌توان به تولید لیتیوم از منابع شورابه یا صخره‌ای ورود کرد که نیاز به بررسی عمیق‌تری دارد. شایان ذکر است که برخی فناوری‌های نوظهور نیز در زمینه تولید لیتیوم از شورابه مطرح شده است که یکی از آن‌ها فرآیند لیتاس[۱] است [10]. این فناوری اگرچه هنوز تجاری نشده اما مزایی همچون استحصال لیتیوم به صورت دلخواه با سرعت و بازدهی بالا دارد. به همین دلیل علاوه بر فناوری‌های متداول، بررسی فناوری‌های نوظهور در حوزه لیتیوم یا کبالت نیز مهم است.

[۱] Litas

٤ کبالت

٤-١- وضعیت تولید فعلی

کبالت نیز مانند بسیاری از فلزات در ابتدا به صورت سنگ از معادن استخراج شده و سپس تصفیه و خالص می‌شود. جریان فرآیند از ابتدا تا انتهای زنجیره کبالت برای سال ۲۰۱۵ در شکل زیر آورده شده است [11].



شکل٤- جریان وزنی کبالت از سنگ معدن تا محصولات در سال ۲۰۱۵. همه اعداد به تن هستند [11]

با توجه به شکل فوق، مقدار کبالت تولیدی معادن در سال ۲۰۱۵ حدود ۱۲۵ هزار تن بوده و با توجه به همین مرجع، کبالت تولیدی طی هر ۱۰ سال در بازه سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵ تقریبا ۲ برابر شده است. همچنین مشاهده می‌شود که حدود ۱۲ هزار تن از کبالت موجود در محصولات(جریان پایین رنگ بنفش) به صورت بازیافت وارد زنجیره تامین کبالت می‌شود [11].

با توجه به شکل فوق، کبالت حاصل از فرآیند تصفیه(از هر دو منابع معدنی و بازیافتی) در حدود ۱۰۹ هزار تن در سال ۲۰۱۵ بوده است. اختلاف اعداد تصفیه و معادن، دلائل مختلفی دارد که از آن جمله می‌توان به فروش بدون نیاز به تصفیه، به علت اتلافات موجود در فرآیند تصفیه است. کبالت پس از تصفیه نیز به چند طریق عمده وارد زنجیره محصولات می‌شود که عبارتند از [11]:

- مواد لیتیوم-کبالت-اکساید و نیکل-کبالت-منگز با مقدار حدود ۳۹ هزار تن و ۱۲ هزار تن در کاتد باتری‌های لیتیوم-یونی استفاده می‌شوند. بیشتر کبالت استفاده شده در صنعت باتری نیز مربوط به باتری

لپ‌تاپ و تلفن همراه بوده است و بخش کمتری از آن به خودرهای الکتریکی و هیبریدی وارد شده است.

- حدود ۳۳ هزار تن از کبالت نیز به فلز کبالت تبدیل شده که این فلز به صورت سوپرآلیاژ، کاربید سیمان و مگنت مورد استفاده قرار گرفته است.
- حدود ۲۵ هزار تن از کبالت نیز به صورت ترکیبات متنوع کبالت در صنایع گوناگون استفاده شده است که از آن جمله می‌توان به صنعت جوهر، رنگدانه و کاتالیست اشاره کرد.

محصولات فوق عمدتا در کشورهای چین، کره، ژاپن، آمریکا و آلمان تولید می‌شود.

در سال ۲۰۱٦، تعداد معادن شناخته شده که از آن‌ها کبالت استخراج شده است برابر ۱۳۱ معدن در ۲۱ کشور دنیا بوده است. از حیث جغرافیایی نیز ۷۳٪ از مقدار استخراجی مربوط به قاره آفریقا، ۱٤٪ آسیا و اقیانوسیه، ۵٪ در آمریکای شمالی، ۳٪ در آمریکای مرکزی و ۲٪ نیز در آمریکای جنوبی و اروپا بوده است. در بین تمامی تولیدکنندگان معدنی، کشور کنگو بیشترین تولیدکننده کبالت معدنی با ٦۹ هزار تن بوده که حدود ۵٦٪ از کل است [12]. چین[1] با تولید ۸,۵٪ از کل در رده بعدی و کشورهای کانادا، استرالیا، برزیل و کوبا نیز در رده‌های بعدی تولیدات معدنی هستند که مجموعا ۱٤,۵٪ از کل کبالت را تولید نموده‌اند [12]. از حیث شرکتی نیز سه شرکت گلینکور[2](۲۲٪)، جسمانیز[3](۹٪) و مولیبدنوم[4](۷٪) برترین تولیدکنندگان معدنی کبالت بوده‌اند [4].

کبالت استخراجی از معادن در ۲۳ کشور دنیا و توسط ۱٤ شرکت تصفیه شده است که منجر به تولید ۱۰۱ هزار تن کبالت در سال ۲۰۱٦ و ۱۲۵ هزار تن در سال ۲۰۱۸ شده است [12] و [13]. اختلاف کبالت تصفیه شده بین این دو سال مربوط به کشور چین است که تقریبا ظرفیت خود را طی دو سال ۵۰٪ افزایش داده است. در نمودار شکل زیر، میزان کبالت تصفیه‌شده در چند کشور برتر دنیا برای سال ۲۰۱۸ آورده شده است [13].

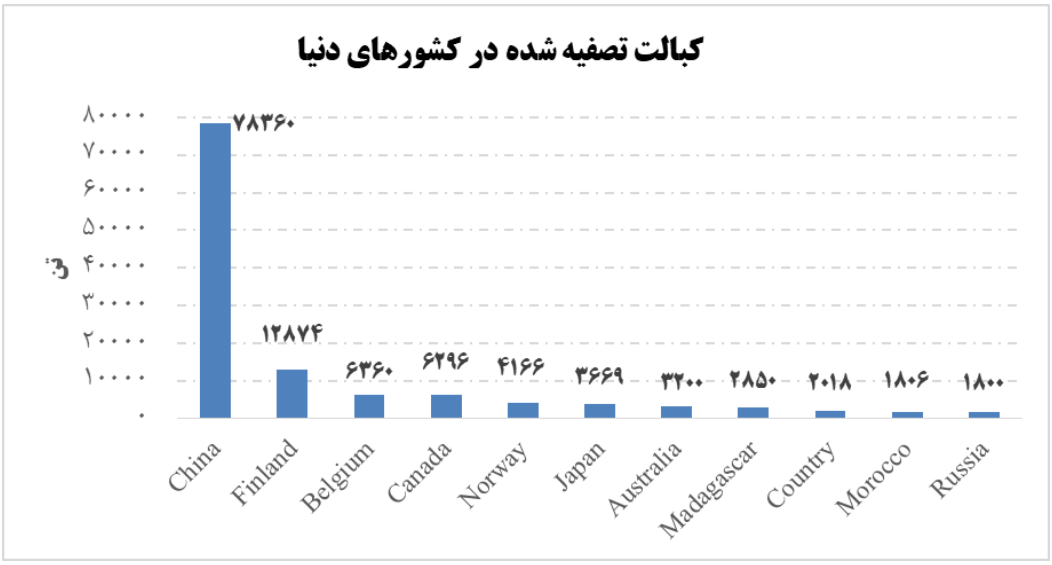
---

[1] معدن کالاتونگ (Kalatongke)

[2] Glencore

[3] Gecamines

[4] China Molybdenum



شکل۵- وضعیت کبالت تصفیه شده در نقاط مهم جهان [13]

با توجه به شکل فوق، بیشترین مقدار کبالت تصفیه‌شده مربوط به کشور چین و به مقدار ۷۸ هزار تن بوده که در بیشتر از ٦٠٪ از کل است. پس از آن نیز کشور فنلاند با ۱۲ هزار تن در رده بعدی قرار دارد [13].

نقشه تجارت مهم‌ترین معادن و واحدهای تصفیه کبالت نیز در شکل زیر آورده شده است [12] و [14].

شکل٦- نقشه تجارت کبالت معدنی و تصفیه شده در کل دنیا [14]

عمده کبالت استخراجی از معادن به صورت خالص یا با درصد بالا نیست. به طوری که حدود ۷۰٪ از آن به عنوان محصول جانبی سنگ‌های با میزبانی مس[۱]، ۲۰٪ به عنوان ماده همراه با نیکل[۲]، ۱۰٪ به صورت کبالت همراه با نیکل و مس[۳] و تنها ۲٪ از آن به صورت کبالت با خلوص بالا تولید شده که آن هم فقط در معدن بوآذر در کشور موروکو است [12]. نکته‌ای در رابطه با سنگ‌های با میزبانی مس یا نیکل باید بدان توجه کرد این است که علیرغم بالابودن سهم میزبانی مس و سپس نیکل در تولید کبالت، اینطور نیست که به طور کلی اکثر این معادن دارای کبالت با خلوص بالا باشند. در واقع تعداد کمی از معادن مس و نیکل در دنیا وجود دارند که حاوی کبالت بالایی هستند. شاهد این امر این است که دو بزرگترین تولیدکننده مس دنیا، به ترتیب کشورهای شیلی و پرو و بزرگترین تولیدکنندگان نیکل نیز اندونزی و فیلیپین هستند در حالی که این چهار کشور، جزو تولیدکنندگان کبالت به شمار نمی‌آیند. تنها کشورهای چین(رتبه سوم مس، هفتم نیکل و دوم کبالت)، استرالیا(ششم مس، ششم نیکل و چهارم کبالت)، جمهوری خلق کنگو(پنجم مس و اول کبالت) و کانادا (پنجم نیکل وسوم کبالت) هستند که در بین ۱۰ تولیدکننده برتر معدنی کبالت با مس یا نیکل قرار دارند [15].

٤-۲- پیش‌بینی وضعیت تولید و مصرف در آینده

پیش‌بینی می‌شود که تولیدکنندگان کبالت می‌توانند تا سال ۲۰۲۵، با اضافه نمودن حدود ۱۱۰ هزار تن به ظرفیت فعلی، ظرفیت کل تولید را به ۲۲۵ تا ۲۳۵ هزار تن در سال برسانند. تقریبا بین ٤٥ هزار تن از ظرفیت اضافه شده از دو پروژه در کشور کنگو خواهد بود. به همین دلیل در آینده نزدیک نیز همچنان نقش کشور کنگو در زمینه تامین کبالت کاملا غالب است. به غیر از کنگو، در زامبیا نیز یک افزایش ظرفیت ۲,۵ تا ۳ هزار تنی وجود خواهد داشت و به طور کلی در خارج از آفریقا هیچ پروژه بزرگی اتفاق نخواهد افتاد. هرچند که در برخی کشورها مانند استرالیا شاهد نمونه‌های مختلف کوچک خواهیم بود زیرا این کشور دومین دارنده معادن کبالت دنیا است [4] و [15].

همچنین اشاره شد که بر خلاف لیتیوم، کبالت عمدتا یک محصول جانبی از تولیدات مس و نیکل است که بیش از ۹۰٪ آن از این طریق تامین می‌شود. به همین دلیل افزایش ظرفیت کبالت کاملا وابسته به تولید نیکل و مس

---

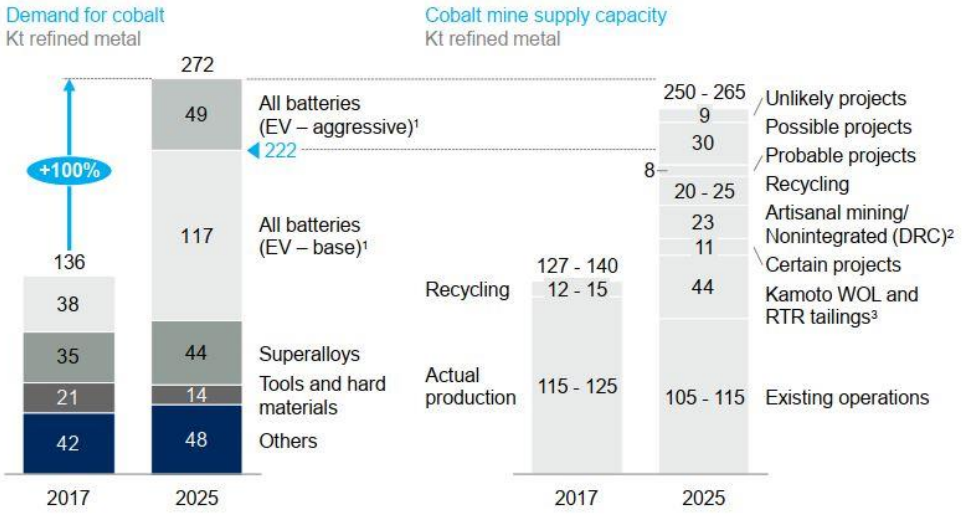
[۱] sediment hosted Cu-Co deposits

[۲] Ni-Co laterite deposits, ex: smaltitic

[۳] magmatic Ni-Cu (Co- PGE) sulfide deposits

خواهد بود. از آنجایی که پیش‌بینی می‌شود هم قیمت و هم تقاضای این دو ماده در آینده افزایش یابد، افزایش ظرفیت ۱۱۰ هزار تنی کبالت معقول خواهد بود. در همین راستا پیش‌بینی می‌شود که ۷۵٪ از افزایش ظرفیت تا سال ۲۰۲۵ به علت افزایش تولید مس و ۲۰٪ به علت افزایش ظرفیت نیکل باشد [4].

با توجه به موارد اشاره شده، موسسه مکنزی دو سناریو را برای عرضه و تقاضای کبالت در سال ۲۰۲۵ در نظر گرفته است که در شکل زیر آورده شده است [4].



شکل۷– مقایسه عرضه و تقاضای کبالت در سناریو پایه و بالا [4]

همانطور که از شکل فوق مشاهده می‌شود در سناریوی پایه، حجم کل تقاضای کبالت تصفیه‌شده در محدوده ۲۲۲ هزار تن خواهد بود. در این حالت، کل کبالت تولیدی با درنظر گرفتن پروژه‌های محتمل می‌تواند پاسخگوی نیاز بازار باشد. اما در سناریوی حد بالا اگر چنانچه تقاضای کبالت از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۵، به میزان ۱۰۰٪ افزایش یابد آنگاه از سال ۲۰۲۲ شاهد کمبود عرضه کبالت خواهیم بود. در هر دو سناریو، سرعت اکتشاف و بهره‌برداری از معادن جدید کاملا کلیدی خواهد بود. همچنین در سناریو حد بالا، احتمال بالایی برای استفاده از باتری‌های با نیکل بیشتر و کبالت کمتر به منظور تعادل بین عرضه و تقاضا خواهد داشت [4].

اما در رابطه با قیمت کبالت، بایستی به این نکته توجه کرد که کبالت یک محصول جانبی مواد نیکل و مس است و به همین دلیل، قیمت این مواد بر روی آن موثر خواهد بود. این رفتار در عنصر پالادیوم نیز مشاهده شده است که یک محصول جانبی نیکل و مس است. با توجه به نوسانی بودن قیمت گذشته کبالت و همچنین رشد تقاضای باتری، پیش‌بینی می‌شود که همچنان قیمت این ماده به صورت نوسانی باقی بماند [4]. با توجه به دامنه تغییرات

قیمتی در دو سال گذشته که بین ۲۵ تا ۳۵ هزار دلار بر تن بوده است و روند کلی کاهش قیمت فلزات، احتمالا متوسط ماهانه دامنه نوسانات در سال‌های آتی نزدیک نیز بین ۲۵ تا ۳۵ هزار دلار بر تن باشد [16].

به طور کلی با توجه به سهم بالای کشور کنگو در تولید کبالت، تامین این ماده را برای همه مصرف‌کنندگان سراسر دنیا به یک چالش تبدیل کرده و شدت آن در برخی نقاط مانند اروپا شدید است. به طوری که در این قاره میزان تقاضای کبالت ۹ برابر تولید آن است و با ادامه روند تولید و مصرف فعلی، تشدید خواهد شد. با توجه به مساله تامین کبالت، چند راه حل در سال‌های آتی مورد توجه قرار خواهد گرفت. این موارد عبارتند از [17]:

- ترویج استخراج کبالت از منابع داخلی در کشورها و تشویق سرمایه‌گذاران به این امر
- تحکیم توافق‌نامه‌های تجاری با کشورهایی مانند کانادا و استرالیا که می‌توانندبه عنوان تامین‌کنندگان جدید کبالت معرفی شوند. بر اساس تخمین‌های فعلی، کشور استرالیا بیشترین پتانسیل تولید کبالت را در بین تامین‌کنندگان جدید دارد و پیش‌بینی می‌شود تا ١٤٪ از کبالت جهان در سال ۲۰۳۰ از این کشور تامین شود.
- جمع‌آوری و بازیافت باتری‌های خودروهای هیبریدی و الکتریکی به منظور استحصال کبالت.
- تحقیق و پژوهش برای توسعه باتری‌های با کبالت پایین و بدون کبالت. در همین راستا، بایستی تولید و تقاضای موادی مانند نیکل که قابلیت جایگزینی با کبالت دارند را رصد نمود.

به عنوام مثال در راستای اقدامات فوق می‌توان به شرکت بی‌ام‌دبلیو اشاره کرد. این شرکت خود را ملزم نموده است که تا حد ممکن که از منابع کبالت کشور کنگو استفاده نکنند [1]. همچنین اغلب شرکت‌های متقاضی و تولیدکننده باتری به سمت کاهش سهم کبالت و افزایش سهم نیکل حرکت نموده‌اند. این شواهد نشان می‌دهد که اگرچه مساله تامین کبالت به صورت یک چالش برقرار خواهد بود اما کسری های موجود بیش از آنچه انتظار بوده است، قابل دستیابی باشد [2].

٤-۳- وضعیت تولید کبالت در ایران

سابقه فعالیت و استفاده از کبالت در ایران به زمان صفویان بازمی‌گردد و معدن «کبالت لاجورد» در قمصر کاشان نیز از نمونه ذخایری است که در این دوران مورد استفاده قرار می‌گرفته است. به این ترتیب که از آن برای ساخت رنگ آبی استفاده می‌کردند. نمونه‌های بارز کاربرد کبالت را در کاشی و سرامیک می‌توان در مسجد شیخ لطف‌الله،

مسجد امام و عمارت عالی‌قاپو مشاهده کرد. در استان فارس نیز ذخیره کوچکی از این محصول وجود دارد که در «معدن تیدر» است. همچنین در آذربایجان شرقی معدن «بایچه باغ» از دیگر ذخایر کبالت کشور است. محدوده دیگری از این کانی در «فرومد» سبزوار قرار دارد که مورد بررسی قرار گرفته است. در استان اصفهان نیز بین «۳ ورز مس کنی» و «تالمسی» نیز ذخایری از کبالت دیده شده و این درحالی است که هم‌اکنون این معادن به شکل متروکه در آمده و هیچ‌گونه فعالیت معدنی در آنها نمی‌شود. در تمامی موارد اشاره شده میزان ذخایر کبالت چندان بالا نبوده و در کل ذخایر این کانی در کشور رقم پایینی را به خود اختصاص داده است. شاید یکی از دلایلی که سبب شده تا محدوده‌های معدنی که ذخایر کبالت دارند فعالیتی در آنها انجام نشود، کوچک بودن این ذخایر معدنی و نبود صرفه اقتصادی برای سرمایه‌گذاران است [18].

به طور کلی آمار چندان دقیقی از میزان ذخایر کبالت در کشور وجود نداشته و تمامی اطلاعات موجود نیز به محدوده‌های معدنی که در دهه ٦٠ توسط سازمان زمین‌شناسی کشور مورد بررسی قرار گرفته محدود می‌شود [18]. اما در سال‌های اخیر به علت اهمیت موضوع، سازمان زمین‌شناسی برای دستیابی به مواد معدنی به تازگی با انجام عملیات حفاری اکتشافی در محور «خونگاه» و «۱۰ معدن» بین دو استان کهگیلویه و بویراحمد و چهارمحال و بختیاری، ذخایر غنی مس همراه با عنصر کبالت را یافت نموده است. این محور از نظر سن با تیپ «زئیرزامبیا» در آفریقا برابری می‌کند اما نکته‌ای که درباره این ذخیره معدنی وجود دارد، قرار گرفتن آن در یک منطقه زیست‌محیطی و حیات وحش است. به همین دلیل سازمان زمین‌شناسی با همکاری سازمان صمت استان چهارمحال و بختیاری، مجوز بهره‌برداری از این محدوده را از سازمان محیط‌زیست دریافت کرده و اقدامات اولیه همچون مطالعات اکتشافی زمین‌شناسی و انجام حفاری، تهیه نقشه راه، پی‌جویی، مطالعات ژئوفیزیک و نمونه‌برداری از این محدوده انجام شده و می‌توان گفت که ذخیره قابل‌توجهی از مس کبالت‌دار در این محور قرار گرفته است.

علاوه بر معادن طبیعی که در قسمت فوق اشاره شد، استخراج کبالت از باطله کارخانه‌های فرآوری سرب و روی نیز می‌تواند حائز اهمیت باشد. دکتر محمدحسین بصیری عضو هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس، معتقد است که اگر این موضوع جدی گرفته شود و تدبیری برای جداسازی کبالت و نیکل موجود در باطله‌ها اندیشیده شود، می‌توان از این حجم بالای باطله‌های سرب و روی میزان قابل قبولی از این دو ماده را بدست آورد [19].

۵ جمع‌بندی و نتیجه گیری

با توجه به افزایش تقاضای مصرف باتری‌های لیتیوم-یونی، بررسی وضعیت تولید و مصرف مهم‌ترین مواد به کار گرفته شده در این نوع از باتری‌ها، بسیار اهمیت دارد. به همین دلیل در این گزارش به بررسی وضعیت مصرف و تولید دو ماده لیتیوم و کبالت در حال و آینده پرداخته شد. نتایج اصلی این پژوهش به شرح ذیل است:

الف) لیتیوم

- در گذشته اگرچه بیشتر منابع لیتیوم از طریق شورابه کشورهای آرژانتین و شیلی(و همچنین بولیوی) تامین می‌شد اما در سال‌های اخیر با توجه به تقاضای روزافزون لیتیوم، استفاده از سنگ‌های سخت رواج پیدا کرد. به طوری که در سال ۲۰۱۹، سهم سنگ‌های سخت از شورابه در تولید لیتیوم افزایش پیدا کرد و به مقدار ۱۶۳ هزار تن در برابر ۱۴۳ هزار تن منابع شورابه‌ای رسید.
- قیمت لیتیوم کربنات و لیتیوم هیدروکسید نقطه‌ای در کشور چین مرتبا طی سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰ نزولی بوده به طوری که از ۲۴۰۰۰ دلار بر تن در ژانویه سال ۲۰۱۸ به ۷۵۰۰ دلار بر تن در سپتامبر سال ۲۰۲۰ رسیده است.
- مهم‌ترین سنگی که تاکنون از آن لیتیوم استخراج می‌شود، اسپودومن است که هر ۷ الی ۸ تن از آن می‌تواند یک تن لیتیوم کربنات همترازشده تولید کند. در حال حاضر اکثریت این سنگ در کشور استرالیا و به خصوص معدن گرینباشز(در حدود ۱۰۰ هزار تن) تولید می‌شود.
- اگرچه به طور کلی هزینه تولید لیتیوم کربنات تولیدی از اسپودومن بالاتر از شورابه است اما در عوض، قیمت لیتیوم-هیدروکسید آن کاملا رقابتی با منابع شورابه‌ای است. تولید لیتیوم هیدروکسید باکیفیت به فرآیند اضافی از اسپودمون نیازی ندارد. در حالی که حدود ۵۰۰ دلار بر تن هزینه اضافی لازم است تا لیتیوم کربنات شورابه به لیتیوم هیدروکسید تبدیل شود. علاوه بر این، قیمت لیتیوم کربنات همترازشده به صورت نقطه‌ای در کشور چین که عمدتا ناشی از لیتیوم هیدروکسید است در سال ۲۰۱۹ نسبت به سال ۲۰۱۸ به میزان ۵۰٪ کاهش یافته است.
- چهار تولید کننده عمده لیتیوم غیرچینی در جهان عبارتند از: شرکت آلبمارل و اس‌کیوام از کشور شیلی و شرکت‌های لایونت و اوروکبر از آرژانتین. هرچند تمامی این چهار شرکت تا به امروز از طریق شورابه،

لیتیوم تولید کرده‌اند اما دو شرکت آلبمارل و اس‌کیوام اقدام به سرمایه‌گذاری مشترک برای خرید سهام معادن و همچنین تولید لیتیوم از سنگ نیز نموده‌اند.

- دو تولیدکننده مهم چینی نیز عبارتند از: تیانچی–لیتیوم و گانفنگ–لیتیوم. این شرکت‌ها به سرعت در بازار جهانی رشد کرده و به خصوص تیانچی–لیتیوم توانسته بر شرکت‌های غیرچینی سبقت بگیرد. این شرکت همچنین اخیراً توانست ۲۳,۷۷ درصد از سهام شرکت اس‌کیوام را بدست آورد که این امر نشان دهنده اهداف تیانچی برای رشد جهانی و افزایش کل تولید لیتیوم برای تأمین صنعت باتری در حال توسعه در چین، ژاپن و کره است.

- در نهایت پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰٤۰، نرخ رشد لیتیوم دو رقمی و در حدود ۱۳٪ سالانه باشد. علیرغم نرخ رشد بالای تقاضای لیتیوم و با توجه به وضعیت عرضه، به نظر می‌رسد که چالشی برای تولید لیتیوم در دنیا وجود نخواهد داشت و شاهد یک بازار تعادلی برای لیتیوم حداقل تا سال ۲۰۲۵ خواهیم بود.

ب) کبالت

- بر خلاف لیتیوم، اکثر تولید کبالت از طریق سنگ‌های معدنی و حدود ۱۰٪ نیز از طریق بازیافت تامین می‌شود. حدود ۷۳٪ از کبالت استخراجی از معادن مربوط به قاره آفریقا بوده و کشور کنگو در بین تمامی کشورها با ٥٦٪ از کل کبالت بیشترین سهم را در تولید کبالت داشته است. کبالت استخراجی از معادن، در ۲۳ کشور دنیا تصفیه و خالص می‌شود که بیشترین مقدار تصفیه مربوط به کشور چین و مجموعا مقداری کمتر از نصف کل است.
- عمده کبالت استخراجی از معادن به صورت خالص یا با درصد بالا نیست. در واقع کبالت یک محصول جانبی از دیگر فلزات است. به طوری که حدود ۷۰٪ از آن به عنوان محصول جانبی سنگ‌های با میزبانی مس، ۲۰٪ به عنوان ماده همراه با نیکل و تنها ۲٪ از آن به صورت کبالت با خلوص بالا تولید می‌شود. با توجه به این نکته، تولید و قیمت فلزات مس و نیکل کاملا بر تولید و قیمت کبالت کاملا موثر است.

- بیشترین سهم مصرفی کبالت مربوط به انواع باتری‌ها شامل پورتابل، ثابت و خوردهای الکتریکی بوده است که تقریبا نیمی از مصرف کل را تشکیل می‌دهد. همچنین دو نوع کاتد لیتیوم–کبالت–اکساید و

سپس نیکل-کبالت-منگنز بیشترین حجم مصرفی در باتری‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به این نکته، کبالت بیش از همه بخش‌ها برای سازندگان باتری و خودروی الکتریکی حائز اهمیت است. از طرفی برخی سناریوها نشان می‌دهد که ممکن است رشد تقاضای کبالت بر تولید آن پیشی بگیرد و کبالت با کمبود عرضه روبرو بشود.

- با توجه به اهمیت تامین کبالت، راه حل‌های مختلفی برای مقابله با چالش کبالت در نظر گرفته شده است. از آن جمله پیش‌بینی می‌شود که سال‌های آتی، تولیدکنندگانی جدید (مانند استرالیا) به منابع اولیه کبالت افزوده شود به طوری که این کشور می‌تواند در سال ۲۰۳۰، حدود ۱۵٪ از کبالت دنیا را تامین کند. یکی دیگر از اصلی‌ترین سناریوها برای مقابله با بحران کبالت، کاهش سهم کبالت در کاتد است که هم اکنون مورد توجه شرکت‌ها هم قرار گرفته است. با توجه به این مطلب پیش‌بینی می‌شود تا در سال ۲۰۲۵، عمده کاتد باتری‌های لیتیوم-یونی با کبالت ۱۰٪ و بعد از آن حتی با ۵٪ باشند. اما میزان بازیافت کبالت رشد چشمگیری تا سال ۲۰۳۰ نخواهد کرد و نهایتا حدود ۱۵٪ از کل کبالت تولیدی را خواهد داشت.

هدف از این گزارش، تنها بررسی وضعیت عرضه و تقاضای مواد لیتیوم و کبالت بود. اما مواد دیگر باتری نیز حائز اهمیت هستند که شاید مهم‌ترین آن‌ها نیکل است. پیش‌بینی می‌شود رشد نیکل از همه مواد در باتری بیشتر باشد و از طرفی به علت میزبانی کبالت در برخی منابع، بر قیمت کبالت نیز موثر خواهد بود. به همین دلیل بررسی وضعیت تولید و مصرف نیکل، تحرکات بازیگران اصلی تولید مانند اندونزی و فناوری‌های مرتبط با تولید آن نیز بسیار اهمیت دارد. همچنین در این گزارش به بررسی فناوری‌های رایج یا نوظهور در حوزه تولید مواد لیتیوم و کبالت پرداخته نشد. به همین دلیل پیشنهاد می‌شود که در ادامه، این فناوری‌ها نیز بررسی و یک سیاست صحیح در قبال تولید مواد اصلی در باتری برای کشور اتخاذ شود.

٦ مراجع

[1] "https://www.woodmac.com/news/feature/electric-vehicle-battery-supply-chain-faq/".

[2] "https://www.woodmac.com/news/opinion/can-metals-supply-keep-up-with-electric-vehicle-demand/".

[3] "https://en.wikipedia.org/wiki/Spodumene".

[4] "lithium and cobalt a tale of two commodities," McKinsey, 2018.

[5] "From Raw Material To Next Generation Advanced Batteries," FMC, 2017.

[6] "https://www.metalbulletin.com/Article/3868440/Global-lithium-supply-developing-at-accelerating-pace-on-growing-demand.html".

[7] "https://www.metalbulletin.com/Article/3950840/GLOBAL-LITHIUM-WRAP-Chinas-lithium-carbonate-market-still-firmfor-now.html".

[8] "https://www.fastmarkets.com/commodities/industrial-minerals/lithium-price-spotlight".

[9] "https://www.woodmac.com/news/editorial/electic-vehicle-revolution-drives-demand-for-lithium-ion-batteries/".

[10] "https://energyx.com/technology/#litas".

[11] X. Sun, "Tracing global cobalt flow: 1995–2015," *Resources, Conservation & Recycling,* 2019.

[12] S. v. d. Brink, "Identifying supply risks by mapping the cobalt supply chain," *Resources, Conservation & Recycling,* 2020.

[13] "World Mineral PRODUCTION," BGS, 2020.

[14] "https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1AzOy8Cula_nQJDNeLS5BTBtFEO_3-JDD&ouid=0&ll=-3.81666561775622e-14%2C-54.291547862771 72&z=1".

[15] "Mineral commodity summaries," USGS, 2020.

[16] "https://www.investing.com/commodities/cobalt-historical-data".

[17] "Cobalt: supply and demand balances in the transition to electric mobility," European Union, 2018.

[18] "https://www.smtnews.ir/mine/mining-development/7325".

[19] "http://asremadan.com/News/3840".

[20] "https://batteryindustry.tech/dictionary/lithium-carbonate-equivalent-or-lce/".