eISSN: 3060-7256
Volume 1. Issue 2 Winter 2025. Pages 376to 390
Journal of
Governance Studies & Development Management
https://www. jgsdm. ir

Research Paper

Legal framework for exploration, production, development and exploitation of lithium; with emphasis on environmental rights and sustainable development dimensions

Mohammad Ali Kafaeifar , Fardin Hemmati Mamo

1- Assistant Professor, Department of Law, Qom Branch, Islamic Azad University, Qom, Iran.
2- PhD student in International Law, Qom Branch, Islamic Azad University, Qom, Iran.

Receive: 09 Feb 2025
Revise:06 Mar 2025
Accept: 13 Mar 2025
Published online:
20 Mar 2025

Abstract

Today, the issue of environment is one of the most important challenges in all countries, especially industrialized countries with high population. In a way, the environment is related to all jobs and equipment. It is important to pay attention to it, especially in the field of household and industrial waste. Today, due to the production and increase in the use of electric cars, the consumption of lithium batteries has increased significantly. They are lighter than other batteries and on the other hand, they produce more energy. For this reason, the customers and consumers of these batteries is increasing. This increase in use brings concerns about the effect of these batteries on the environment, and the method of extracting and recycling them is of particular importance. And from the point of view of rights and sustainable development, this issue is considered a serious threat to the environment, although the extraction of this metal has a high value in the economic cycle, but it will cause major losses to the environment, which until now, the countries of Korea and Japan in the extraction and Its exploitation has been pioneered, therefore, according to the mentioned cases, we intend to conduct a comprehensive review of the subject with the method of field collection and library collection tools.

Keywords:
Lithium, legal dimensions, industrial exploitation, sustainable development.

Please cite this article as (APA): Kafaeifar, MA & Hemmati Mamo,F. (2025). Legal framework for exploration, production, development and exploitation of lithium; with emphasis on environmental rights and sustainable development dimensions. Journal of Governance studies & development managemen, 1 (2), 376-390.

Sponsored by: Institute of Somamos Publications
10.22034/jgdsm.2025.538421.1023

Corresponding Author: Mohammad Ali Kafaeifar
https://orcid.org/0009-0000-5132-4708
Email: MA.Kafaeifar @iau.ac.ir

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4. 0 International License.

eISSN: 3060-7256
Volume 1. Issue 2 Winter 2025. Pages 376to 390
Journal of
Governance Studies & Development Management
https://www. jgsdm. ir

Extended Abstract

Introduction

As the world strives to use clean fuels instead of fossil fuels to help the environment, the environmental impact of finding the required lithium may become a major problem. Mining lithium is harmful to the environment and an alternative must be found. Lithium is the most common metal used for new energy applications in the world. In the global electric vehicle industry, lithium batteries are widely used. Although lithium batteries as a new energy have a significant development status. However, it should be noted that many people are still concerned about the impact of mining lithium resources on the environment. The world's largest and most abundant lithium deposits are in Bolivia and Afghanistan. Since various countries have extensive plans to reduce and eventually eliminate carbon dioxide from gasoline fuel in vehicles, the discovery of lithium reserves is of great importance. The need for lithium is increasing and its cost has doubled between 2016 and 2018, which could be a reason for its indiscriminate extraction and subsequent environmental damage to the environment. Therefore, in this study, we seek to comprehensively and comprehensively examine the present issue.

Theoretical foundations

Today, environmental degradation directly affects the economic trends of countries around the world. Soil erosion, thinning of the ozone layer, air pollution, an increase in the number of dangerous floods due to deforestation and climate change all have a negative impact on human life. Pastures and oceans have been exploited to the limit and their fertility has been continuously reduced. Lithium extraction is also not without its impact on environmental degradation. Environmental rights - in the modern sense of the term - are the product of environmental crises after World War II and also of critical movements of modernity.

The legal foundations of the environment can be divided into two categories; one is international and the other is national. International environmental law includes a large number of international treaties, binding resolutions and international organizations, as well as texts of non-binding resolutions, which are important. International environmental law is a set of international rules that address the prevention and protection of the environment. The basis of international environmental law is the Stockholm Conference, the basis of which was the human environment, and its results are included in Principles 2 to 7. In domestic law, Article 50 of the Constitution stipulates: In the Islamic Republic of Iran, protecting the environment, in which the present and future generations must have a growing social life, is considered a public duty. Therefore, economic and other activities that are associated with environmental pollution or its irreparable destruction are prohibited.

1- The principle of the obligation and generality of environmental protection against lithium extraction

Article 50 of the Constitution considers environmental protection against the extraction of various minerals and metals, and in particular the extraction and extraction of various metals, including lithium, to be a duty and obligation, not a choice, and considers this duty to be related to the general public and each individual in the country, not to a specific individual or group. Therefore, the environment is for everyone, not to a specific individual or group, and therefore it is referred to as the common heritage of humanity. From the perspective of legal requirements, it should also be acknowledged that the role of customary international law in the environment, especially in cases such as lithium extraction, has been increasing sharply in recent years, and the reason for this increase in the importance of customary international law in the environment should be sought in the fact that many treaties in the field of international

environmental law have still not been implemented, and the emergence of a general practice among common norms in environmental law, although intended for a short period of time, will not allow this capacity to be realized. It provides an environment for international law so that it can reflect the rules of customary international law and put them into practice by applying them in international practice. (Mousavi, 56:2015)

2-Mechanism of extraction, discovery and exploitation of lithium:

It is believed that lithium is extracted from lithium mines, but in fact, more than 70 percent of the world's lithium is extracted from mineral-rich salt lakes. Methods of extracting lithium from salt lake brine mainly include ion exchange method, calcination washing method, membrane separation, nanofiltration method, solvent extraction method, etc.

3- Impact of lithium extraction on environmental law:

Most articles point out that raw brine produced during the extraction of lithium mines in salt lakes can change the physicochemical properties of the soil and lead to soil salinization. Large-scale mining of salt lakes also aggravates the erosion of soil, water and soil in the area, and even changes the original topography and destroys the local landscape environment.

This is mainly reflected in the damage caused by road construction during the infrastructure construction period, the construction of salt farms and various buildings during the mining period, which cannot be repaired in the short term, and most of the lithium mining areas of the Salt Lake. The above-mentioned has a harsh climate but good ecology. Therefore, the ecological restoration of the mining area will also be difficult.

Although the mining method of spodumene is pit mining, which has little impact on the surface ecological environment, the exploitation requires a large amount of land, which seriously damages the local vegetation and may even change the composition and fertility of the soil. Large-scale land development is likely to cause disasters such as soil erosion and landslides.

4-Legal assessment of the performance of countries in the discovery, extraction and exploitation of lithium:

Lithium is a soft, silvery-white alkali metal with an atomic number of 3. This element is the lightest metal and the least dense solid element under standard conditions of temperature and pressure. Due to the high reactivity of lithium, it can never be found as a free element in nature and is always found as part of a chemical compound that is mostly ionic. Since lithium dissolves in water, it is also found as an ion in ocean water and as a salt in water and clay. Lithium and its compounds have many applications, including in heat-resistant glass and ceramics, high-strength alloys used in spacecraft, lithium batteries for electric vehicles, and in medical uses as a medicine.

Conclusion

The use of lithium in both industries and in pharmacy is a very important point to note; Because the line between the usefulness of this material and its toxicity to humans and the environment is very, very thin and fragile. Of the harmful effects and adverse effects of lithium on the environment, it can be said that lithium mining can affect fish up to 150 miles downstream. Whether the lithium industry will also pollute irrigation products is a question for environmentalists. The existence of the above problems also limits many countries to develop their own lithium batteries. From environmental considerations and technical process considerations, if there are insufficient process requirements, it will cause damage to the local environment caused by domestic lithium production. That is why many countries refuse to develop lithium mining in their countries. China is constantly raising the entry threshold of

eISSN: 3060-7256
Volume 1. Issue 2 Winter 2025. Pages 376to 390
Journal of
Governance Studies & Development Management
https://www. jgsdm. ir

lithium mining and dressing companies or increasing environmental protection inspection and supervision of lithium mining projects. Increasing ecological management of lithium mining areas, increasing investment in local environmental protection treatment facilities, etc. Only by using various tools to reduce environmental damage can the path of new energies be made longer and more extensive. Harvesting in this way may be very convenient, hassle-free, and inexpensive, but in the long run it has a huge impact on the ecosystem, and the death of many lakes and wetlands means the death of nature and the depopulation of the region involved in this process.

دوفصلنامه
مطالعات حکمرانی و مدیریت توسعه
https://www.jgsdm.ir
eISSN: 3060-7256
Volume 1. Issue 2. Winter 2025. Pages 376 to 390

مقاله پژوهشی

چارچوب حقوقی اکتشاف، تولید، توسعه و بهره برداری از لیتیوم؛ با تاکید بر ابعاد حقوق محیط زیست و توسعه پایدار

محمد علی کفائی فر ، **فردین همتی مامو**

۱- استادیار گروه حقوق ، واحد قم ، دانشگاه آزاد اسلامی قم ، ایران.

۲- دانشجوی دکتری حقوق بین الملل، واحد قم ، دانشگاه آزاد اسلامی ، قم، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۳
تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۱۲/۳۰

چکیده

امروزه مسئله محیط زیست به یکی از مهمترین چالش‌ها در تمام کشورها به ویژه کشورهای صنعتی و با جمعیت بالا مطرح است. به نوعی محیط زیست با تمام مشاغل و تجهیزات در ارتباط میباشد. توجه به آن به ویژه در زمینه زباله های خانگی و صنعتی مهم است. امروزه به علت تولید و افزایش موارد استفاده از ماشین های برقی میزان مصرف باتری لیتیم افزایش چشم گیری داشته است.که نسبت به سایر باتری ها سبک تر هستند و از طرفی انرژی بیشتری تولید می کنند.به همین دلیل مشتری و مصرف کنندگان این باتری ها رو به افزایش است.همین افزایش استفاده نگرانی هایی در مورد اثر این باتری ها برمحیط زیست به همراه دارد و نحوه استخراج و بازیافت آنها از اهمیت ویژه ای برخوردار است.و از منظر حقوق و توسعه پایدار این مسئله تهدیدی جدی برای محیط زیست محسوب می‌گردد گرچه استخراج این فلز ارزش والایی در چرخه ی اقتصادی دارد اما موجب بروز زیان هایی اساسی بر پیکره ی محیط زیست خواهد بود که تاکنون کشورهای کره و ژاپن در استخراج و بهره برداری از آن پیشگام شده اند لذا با توجه به موارد بیان شده بر آنیم تا با روش گرد آوری میدانی و ابزار گرد آوری کتابخانه ای به بررسی جامعی از موضوع بپردازیم .

کلید واژه‌ها:
لیتیوم، ابعاد حقوقی، بهره برداری صنعتی، توسعه پایدار.

لطفاً به این مقاله استناد کنید (APA): کفائی فر، محمد علی؛ همتی مامو، فردین. (۱۴۰۳). چارچوب حقوقی اکتشاف،تولید،توسعه و بهره برداری از لیتیوم؛با تاکید بر ابعاد حقوق محیط زیست و توسعه پایدار، *دو فصلنامه مطالعات حکمرانی و مدیریت توسعه* ، ۱(۲) ۳۹۰-۳۷۶.

تحت حمایت: موسسه انتشاراتی سماموس	10.22034/jgdsm.2025.538421.1023
نویسنده مسئول: محمد علی کفائی فر	https://orcid.org/0009-0000-5132-4708
ایمیل: MA.Kafaeifar @iau.ac.ir	این مقاله تحت شرایط https://creativecommons. org/licenses/by-nc/4. 0/deed. fa قابل بازنشر است.

دوفصلنامه
مطالعات حکمرانی و مدیریت توسعه
eISSN: 3060-7256
Volume 1. Issue 2. Winter 2025. Pages 376 to 390
https://www.jgsdm.ir

مقدمه

با تلاش جهان برای استفاده از سوخت‌های پاک به جای سوخت‌های فسیلی برای کمک به محیط زیست، ممکن است تاثیر محیطی یافتن لیتیوم مورد نیاز، به یک مشکل بزرگ تبدیل شود. استخراج لیتیوم، برای محیط زیست مضر است و باید جایگزینی برای آن پیدا کرد. لیتیوم متداول ترین فلز مورد استفاده برای کاربردهای انرژی نو در جهان است. در صنعت خودروهای الکتریکی جهانی، باتری های لیتیومی به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرند. اگرچه باتری لیتیومی به عنوان یک انرژی جدید وضعیت توسعه قابل توجهی دارد. اما لازم به ذکر است که بسیاری از مردم همچنان نگران تأثیر استخراج منابع لیتیوم بر محیط زیست هستند. بیشترین و بزرگ‌ترین دخایر لیتیوم دنیا در بولیوی و افغانستان وجود دارد که حتی تعدادی از کارشناسان یکی از دلایل کودتای بولیوی و جنگ امریکا در افغانستان به ویژه در دوران ترامپ را دسترسی به معادن غنی لیتیوم در این کشور می‌دانستند.لازم به ذکر است پیشرفت قابل توجهی در استخراج لیتیوم از تحقیقات اخیر پدید آمده است که پتانسیل بهبود چشم انداز انرژی جهانی را دارد. از آنجا که کشورهای مختلف برنامه‌های گسترده‌ای برای کاهش و در نهایت حذف دی‌اکسیدکربن حاصل از سوخت بنزین در خودروها دارند، کشف ذخایر لیتیوم اهمیت بسیاری پیدا می‌کند. نیاز به لیتیوم، در حال افزایش است و هزینه آن بین سالهای ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۸ دو برابر شده است.و همین امر می تواند دلیلی بر استخراج بی رویه آن و بدنبال آن بروز آسیب های محیطی به محیط زیست باشد لذا در این پژوهش در پی آن هستیم تا به بررسی جامع و مانعی از موضوع حاضر بپردازیم.

مبانی نظری پژوهش و پیشینه:

امروزه تخریب محیط زیست مستقیما بر روند اقتصادی کشورهای جهان تاثیر گذار است.فرسایش خاک .نازک شدن لایه ازن .آلودگی هوا .افزایش تعداد سیلابهای خطرناک به علت نابودی جنگلهاوتغییرآب وهوا همگی تاثیر سویی برزندگی انسانهاباقی می گذارند.چراگاههاواقیانوسها تاسرحدامکان مورد بهره برداری قرار گرفته اند وپیوسته از باروری آنها کاسته شده است.که استخراج لیتیوم نیز بی تاثیر بر تخریب محیط زیست نمی باشد . حقوق محیط زیست - در معنای مصطلح امروزین آن - محصول بحران های زیست محیطی بعد از جنگ جهانی دوم و همچنین جریانات منتقد مدرنیته می باشد. واکنش حقوقی که در ادامه سیر واکنش های علمی، اجتماعی و سیاسی سعی در حل و فصل تعارضات جدی حیات مدرن با محیط زیست دارد که از ابتدا ملتزم و مستخرج از ادبیات دینی ادیان بزرگ جهانی نبوده است و شاید به همین سبب به کاربردن تعبیری همچون حقوق محیط زیست اسلامی عجیب بنماید. مسأله اما از نقطه نظر اسلام که منصرف و بی توجه به هیچکدام از عرصه های حیات انسانی نمی باشد، شکل دیگری پیدا می کند، از سوی دیگر اسلام با مقید نمودن انسان از ابتدا سعی در سامان دادن به رابطه ای متعادل و متکامل میان انسان و محیط پیرامونش داشته است. سده بیست و یک با پدیده جهانی شدن و تاثیرات همه‌جانبه آن، به خصوص مساله محیط زیست به عنوان یکی از مهم‌ترین این جنبه‌ها نشانه‌گذاری شده است. امروزه منابع طبیعی به عنوان میراث عمومی بشر مورد توجه قرار گرفته و مشکلات آن به یکی از عمده‌ترین نگرانی‌های جهانی تبدیل شده است که خود را در قالب پیمان‌ها، برنامه‌ها، و جنبش‌هایی همچون پیمان کیوتو، برنامه زیست محیطی سازمان ملل، صلح

دوفصلنامه
مطالعات حکمرانی و مدیریت توسعه
eISSN: 3060-7256
Volume 1. Issue 2. Winter 2025. Pages 376 to 390
https://www.jgsdm.ir

سبز، و موسسه ناظران جهانی نشان می‌دهد. آنچه در حوزه اخلاق بیان می‌شود تبیین حسن و قبح عمل است و هیچ ضمانت اجرایی ندارد و نمی‌توان پشتیبان محکمی برای جلوگیری از تخریب محیط‌زیست باشد. بنابرین قانون به وضع بایدها و نبایدها پرداخته است و نهادهایی را برای نظارت بر اجرای تکالیف و حقوق پیش‌بینی کرده است. از سوی دیگر با پیش‌بینی مکانیزم‌های بازدارنده که اغلب از جنس مجازات‌ها هستند، سعی شده اجرای کامل آن تضمین شود و بدین ترتیب بسیاری از گزاره‌های اخلاقی شکل باید و نباید قانونی به خود می‌گیرد. مبانی حقوقی محیط‌زیست را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد؛ یکی بر پایه بین‌الملل و دیگری بر پایه ملی. حقوق بین‌الملل محیط‌زیست شامل تعداد زیادی از معاهدات بین‌المللی، قطعنامه‌های الزام‌آور و سازمان‌های بین‌المللی همچنین متون قطعنامه‌های غیرالزام‌آور بوده که حایز اهمیت است. حقوق بین‌الملل محیط‌زیست مجموعه قواعد بین‌المللی است که موضوع آن پیشگیری و حفاظت از محیط‌زیست است. مبنای محیط‌زیست بین‌الملل، کنفرانس استکهلم است که اساس تشکیل این کنفرانس، محیط‌زیست انسان بوده و نتایج حاصل از آن در اصول ۲ تا ۷ گنجانده شده است.در حقوق داخلی در اصل ۵۰ قانون اساسی مقرر شده است: در جمهوری اسلامی ایران حفاظت از محیط‌زیست که نسل امروز و نسل‌های بعد باید در آن حیات اجتماعی روبه‌رشدی داشته باشند، وظیفه عمومی تلقی می‌شود. از این رو فعالیت‌های اقتصادی و غیر آن که با آلودگی محیط‌زیست یا تخریب غیرقابل جبران آن ملازمه پیدا کند، ممنوع است. از این فصل این‌گونه برداشت می‌شود که حفاظت از محیط‌زیست به جهت حیات اجتماعی و رفاه نسل امروز و نسل‌های آینده است، بنابراین به جنبه حقوق بشری محیط‌زیست اشاره دارد.استخراج لیتیوم نیز پدیده ای نو ظهور است که تهدیدی جدی برای محیط زیستی پیرامون انسان محسوب می شود و میتواند منجر به بروز آسیب هایی جدی بر پیکره ی کره ی زمین وارد کند لذا سازمانهای بین المللی ذیربط میبایست همگام با توسعه و استخراج این فلز معاهداتی را در این خصوص رائه و وتصویب نمایند.(رضایی،۱۳۹۴:۳۷) گذشته از اینها با صنعتی شدن کشورها و مصرف انرژی و استخراج و بهره برداری از لیتیوم، آلودگی افزایش می یابد. کشور ایران به دلیل منابع عظیم سوخت های فسیلی، در مصرف سوخت های فسیلی دارای مزیت نسبی است و مصرف سوخت سوخت های فسیلی ممکن است به آلودگی های محیط زیستی منجر شود. بر اساس گزارش سازمان های بین المللی، انتشار گاز دی اکسیدکربن در ایران افزایشی بوده است، پس پژوهش در این زمینه ضرورت می یابد.

۱-اصول اساسی حاکم بر محیط‌زیست و استخراج لیتیوم از آن

۱-۱- اصل تکلیفی و تعمیمی بودن حفاظت از محیط‌زیست در برابر استخراج لیتیوم

اصل ۵۰ قانون اساسی حفاظت از محیط‌زیست در برابر استخراج انواع مواد معدنی و فلزات و علی الخصوص برداشت و استخراج فلزات مختلف اعم از لیتیوم را یک وظیفه و تکلیف می‌داند، نه اختیار و این تکلیف را مربوط به عموم مردم و تک‌تک افراد کشور دانسته، نه یک فرد یا گروه خاص، بنابراین محیط‌زیست برای همگان است و نه یک فرد و گروه خاص و بدین جهت از آن به‌عنوان میراث مشترک بشریت یاد می‌شود.از منظر بایسته های حقوقی نیز باید اذعان داشت که نقش حقوق بین‌الملل عرفی در محیط زیست بخصوص در مواردی نظیر استخراج لیتیوم طی

دوفصلنامه
مطالعات حکمرانی و مدیریت توسعه
eISSN: 3060-7256
Volume 1. Issue 2. Winter 2025. Pages 376 to 390
https://www.jgsdm.ir

سال‌های اخیر به شدت در حال افزایش بوده است و دلیل این افزایش اهمیت حقوق بین‌الملل عرفی در محیط زیست را باید در این نکته جست‌وجو کرد که همچنان بسیاری از معاهدات در زمینه حقوق بین‌الملل محیط زیست اجرا نشده باقی مانده‌اند و ظهور یک رویه کلی در میان هنجارهای رایج در حقوق محیط زیست، اگرچه در مدت زمانی کوتاه مدنظر باشد، این ظرفیت را برای حقوق بین‌الملل محیط زیست فراهم می‌آورد تا بتوان بازتاب قواعد حقوق بین‌الملل عرفی را در آن جست‌وجو نمود و با کاربست آن در رویه بین‌المللی، به آن جامهٔ عمل پوشاند.(موسوی،۱۳۹۴:۵۶)

۱-۲-اصول حقوقی بهره‌برداری از محیط‌زیست و فلزات موجود در آن اعم از لیتیوم:

اصل عمومی‌بودن محیط‌زیست به این معنا نیست که هیچ‌گونه بهره‌برداری از آن صورت نگیرد، زیرا در این صورت توسعه اقتصادی بی‌معنا خواهد بود، بلکه مقصود از حفاظت، مدیریت صحیح بر چگونگی مصرف انسان بر بیوسفر است،و به بیانی برداشت و استخراج فلزات علی الخصوص لیتیوم می باشد به‌طوری که هم بیشترین استفاده ممکن از منابع را برای نسل حاضر تأمین کرده و هم منابع را برای برآوردن نیاز نسل‌های آینده نگهداری کند. بدین دلیل هیچ‌گونه تبانی با بهره‌وری اصولی از محیط‌زیست و توسعه اقتصادی وجود ندارد، بلکه با بهره‌برداری از محیط‌زیست مرتبط است، یعنی از منابع طبیعی اعم از لیتیوم باید به‌گونه‌ای استفاده و استخراج کرد که به حد مجاز تخریب‌پذیری آن منبع صدمه‌ای وارد نشود، همچنین موجبات پایدار ماندن آن ذخایر طبیعی را فراهم کرد .

۱-۳-اصل ارزیابی زیستی در قبال بهره برداری از لیتیوم

بر اساس پتانسیل موجود به منظور بهربرداری از لیتیوم، سازمان انرژیهای نو ایران متعاقب سیاستگذاریهای وزارت نیرو از سال ۱۳۷۴ عهده دار پرداختن به این مهم و متولی امر دستیابی به اطلاعات و فن آوریهای روز دنیا در خصوص استفاده از منابع انرژیهای تجدیدپذیر خمچون لیتیوم ، پتانسیل سنجی و اجرای پروژه های متعدد خرید و فروش تضمینی لیتیوم برای جلب مشارکت بخش خصوصی، سیاست پژوهی به منظور طرح جامع توسعه انرژی های تجدیدپذیر در کشور و همچنین آگاه سازی و آموزش های ترویجی در این زمینه بوده است.

با این وجود، در سال ۱۳۹۵ بر اساس ماده ۸ ((قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی)) و در راستای ارتقاء بهره وری و استفاده هر چه بیشتر از منابع تجدیدپذیر، سازمان انرژی های تجدیدپذیر که از ادغام سازمان انرژی های نوایران (سانا) و سازمان بهره وری انرژی ایران (سابا) شکل گرفت. در ماده ۱ قانون تشکیل ساتبا آمده است که این سازمان "به منظور ارتقای بهره‌وری انرژی و استفاده هرچه بیشتر از منابع تجدیدپذیر و پاک از طریق فراهم نمودن زیرساخت‌های لازم در کشور و افزایش بهره‌وری عرضه انرژی و کاهش تلفات انتقال، توزیع و مصرف انرژی در کشور و استفاده از روش های تولید برق تجدیدپذیر و پاک"، تشکیل می‌شود. در ادامه قانون مزبور آمده است که "به کارگیری بخش خصوصی و حمایت از مشارکت آن، تدوین سیاست های تشویقی در جهت حمایت از شرکت های دانش بنیان، عملیاتی نمودن استفاده از انرژی های تجدیدپذیر در سطح صنعتی و انجام وظایف دولت برای تحقق اهداف سازمان"، بعنوان موضوع فعالیت سازمان مورد تاکید قرار گرفته است.(رمضانی قوام آبادی،۱۳۸۶:۱۷۷)

دوفصلنامه
مطالعات حکمرانی و مدیریت توسعه
eISSN: 3060-7256
Volume 1. Issue 2. Winter 2025. Pages 376 to 390
https://www.jgsdm.ir

۲-مکانیزم استخراج و کشف و بهره برداری از لیتیوم:

اعتقاد بر این است که لیتیوم از معادن لیتیوم استخراج می شود، اما در واقع، بیش از ۷۰ درصد لیتیوم جهان از دریاچه های نمک غنی از مواد معدنی استخراج می شود. روش های استخراج لیتیوم از آب نمک دریاچه نمک عمدتاً شامل تبادل یونی روش، روش شستشوی کلسینه، جداسازی غشایی نانوفیلتراسیون روش، استخراج با حلال روش و غیره

۲-۱-روش تبادل یونی

در سال های اخیر، فناوری استخراج آب نمک دریاچه نمک کشور من تا حد زیادی بهبود یافته است. برای روش تبادل یونی به تنهایی، شرکت های معدنی مختلف نتایج متفاوتی خواهند داشت.

روش تبادل یونی دارای مزایای گزینش پذیری بالا و سازگاری با محیط زیست است و به ویژه برای استخراج لیتیوم از آب نمک با غلظت کم و آب دریا مناسب است، اما فرآیند تهیه جاذب های تبادل یونی نسبتاً پیچیده است.

عملکرد جاذب کارایی فرآیند جذب تبادل یونی را تعیین می کند. در حال حاضر انواع مختلفی از جاذب ها توسط شرکت های مختلف مورد استفاده قرار می گیرند. مزیت این است که در فرآیند استخراج لیتیوم از آب نمک دریاچه منیزیم-لیتیوم بالا، راندمان تولید استخراج لیتیوم بالا است، آلودگی زیست محیطی ندارد و فرآیند بالغ و قابل اعتماد است. عیب این است که محدودیت های خاصی در استفاده از دریاچه های نمک گازدار وجود دارد.

۲-۲-روش شستشوی کلسینه

روش لیچینگ کلسیناسیون استخراج کربنات لیتیوم را از طریق کلسینه کردن، شستشو، رسوب و سایر فرآیندها محقق می کند. این روش برای استفاده همه جانبه از منابعی مانند لیتیوم و منیزیم مساعد است و مصرف مواد خام کم است.

با این حال، استخراج منیزیم فرآیند را پیچیده می کند، تجهیزات به طور جدی خورده می شوند، مقدار آبی که باید تبخیر شود زیاد است، مصرف انرژی زیاد است و مشکلات آلودگی زیست محیطی وجود دارد. در حال حاضر حفاظت از محیط زیست به شدت کنترل می شود. تحت محیط نظارتی، با خطرات زیست محیطی بیشتری مواجه است.

۲-۳-روش جداسازی غشایی نانوفیلتراسیون

فناوری جداسازی غشایی عملکردهای جداسازی، غلظت، تصفیه و پالایش را دارد و دارای ویژگی های راندمان بالا، صرفه جویی در انرژی، حفاظت از محیط زیست، فیلتراسیون در سطح مولکولی و فرآیند تصفیه ساده و کنترل آسان است. در این میان، روش جداسازی غشایی نانوفیلتراسیون، نوع جدیدی از فناوری جداسازی غشایی است که در سال‌های اخیر در داخل و خارج از کشور توسعه و تحقیق شده است Dongtai Jiner .در حوضه Qaidam عمدتاً برای فناوری جداسازی غشای نانو فیلتراسیون برای تولید صنعتی مناسب است.

دوفصلنامه
مطالعات حکمرانی و مدیریت توسعه
eISSN: 3060-7256
Volume 1. Issue 2. Winter 2025. Pages 376 to 390
https://www.jgsdm.ir

۲-۴- استخراج با حلال

هسته اصلی روش استخراج، استخراج کننده است، اما استخراج کننده دارای خوردگی جدی به خط لوله و آسیب جدی به محیط زیست است. بنابراین، نحوه انتخاب یک استخراج کننده سازگار با محیط زیست، جهت تحقیقاتی اصلی صنعت آینده است.

در حال حاضر، محتوای بالای مواد آلی در مقدار زیادی مایع زباله، آلودگی زیادی را برای دریاچه نمک ایجاد می کند و روش استخراج نمی تواند الزامات صنعت را تحت استانداردهای بالاتر و بالاتر حفاظت از محیط زیست برآورده کند، بنابراین امکان پذیر نیست.

۲-۵-روش های دیگر

علاوه بر روش های فوق، روش های مختلفی نیز برای استخراج لیتیوم وجود دارد، مانند روش رسوب گیری، روش نمک زدایی، روش جذب رزین، روش چرخه نمک گلابر، روش الکتروشیمیایی، روش کربنیزاسیون، روش غشای مایع، روش تبدیل و غیره. .در دهه های گذشته توسعه و تحقیق، روند استخراج چین به طور مداوم بهبود یافته و کامل شده است، اما جهت کلی بهبود، حفاظت از محیط زیست و کاهش هزینه ها است که منجر به توسعه سالم صنعت منابع لیتیوم می شود.

۳-تاثیرات استخراج لیتیوم بر محیط زیست و آثار سوء آن:

۳-۱-تاثیر استخراج لیتیوم بر حقوق محیط زیست:

اکثر مقالات اشاره می کنند که آب نمک خام تولید شده در حین استخراج معادن لیتیوم در دریاچه های نمک می تواند خواص فیزیکوشیمیایی خاک را تغییر دهد و منجر به شور شدن خاک شود. استخراج معادن دریاچه نمک در مقیاس بزرگ همچنین فرسایش خاک، آب و خاک منطقه را تشدید می کند و حتی توپوگرافی اصلی را تغییر می دهد و محیط چشم انداز محلی را از بین می برد.

این امر عمدتاً در آسیب های ناشی از ساخت جاده ها در دوره ساخت زیرساخت ها، ساخت مزارع نمک و ساختمان های مختلف در طول دوره معدن که در کوتاه مدت قابل ترمیم نیستند و بیشتر مناطق استخراج لیتیوم دریاچه نمک نمایان می شود. ذکر شده در بالا دارای آب و هوای خشن اما اکولوژیکی خوب است. بنابراین، احیای اکولوژیکی منطقه معدن نیز دشوار خواهد بود.

اگرچه روش استخراج معدن اسپودومن، استخراج چاله ای است که تاثیر کمی بر محیط زیست اکولوژیکی سطحی دارد، اما بهره برداری به مقدار زیادی زمین نیاز دارد که به پوشش گیاهی محلی آسیب جدی وارد می کند و حتی ممکن است ترکیب و حاصلخیزی خاک را تغییر دهد. توسعه خاکی در مقیاس بزرگ احتمالاً باعث بروز بلایایی مانند فرسایش خاک و رانش زمین می شود.

دوفصلنامه
مطالعات حکمرانی و مدیریت توسعه
eISSN: 3060-7256
Volume 1. Issue 2. Winter 2025. Pages 376 to 390
https://www.jgsdm.ir

علاوه بر این، در فرآیند سودمندسازی اسپودومن، فرآیندهای متعددی مانند خرد کردن و غربالگری وجود خواهد داشت. این فرآیندها مقدار زیادی گرد و غبار تولید می کند و گرد و غبار باعث ایجاد آلاینده های هوا در هوا می شود. اگرچه شرکت های معدنی محلی از برخی اقدامات تصفیه گرد و غبار استفاده خواهند کرد.

با این حال، معمولاً این نوع گرد و غبار به طور جدی پخش می شود، میزان جمع آوری آن بالا نیست و شاخص فعلی آلودگی هوا هنوز اطلاعات دقیقی را تشکیل نداده است، اما برخی از محققان با طرح سؤالات مرتبط، این سؤال را مطرح می کنند که آیا آلودگی هوای محلی استاندارد را برآورده می کند یا خیر.

۳-۲-آثار سوء استخراج لیتیوم بر محیط زیست:

لیتیوم، یک فلز قلیایی واکنش پذیر است که تلفن همراه، تبلت، لپتاپ و خودروهای الکتریکی را شارژ می‌کند. باتری‌های لیتیوم-یونی، بخش مهمی از تلاش‌های صورت گرفته در جهت پاکسازی این سیاره هستند. یکی از نمونه‌های باتری‌های لیتیوم- یونی، باتری خودروی "تسلا مدل اس (Tesla Model S) "است که حدود ۱۲ کیلوگرم لیتیوم را در خود جای می‌دهد؛ در حالی که راه‌حل‌های ذخیره شبکه‌ای که به تعادل انرژی تجدیدپذیر کمک می‌کنند، مقدار بیشتری از این ماده را نیاز دارند.

تأثیر زیست محیطی استخراج لیتیوم قابل توجه است، زیرا مصرف انرژی و منابع طبیعی ارتباط نزدیکی با هم دارند. تولید، حمل و نقل یا مصرف انرژی همگی تأثیرات زیست محیطی دارند. انرژی برای هزاران سال توسط انسان‌ها مهار شده‌است. در سال‌های اخیر روندی به سمت تجاری سازی فزاینده منابع مختلف انرژی تجدیدپذیر وجود داشته‌است. اجماع علمی در مورد برخی از فعالیت‌های اصلی انسانی که به گرمایش جهانی منجر می‌شوند، برای افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای، ایجاد اثر گرمایش، تغییرات جهانی در سطح زمین، مانند جنگل‌زدایی، برای اثر گرمایش، افزایش غلظت ذرات معلق در هوا اکثراً برای یک اثر خنک‌کننده، در نظر گرفته می‌شوند

فناوری‌های در حال پیشرفت به‌طور بالقوه می‌توانند به انتقال انرژی، مدیریت استخراج لیتیوم ، و به سمت شیوه‌های استفاده بهتر از محیط زیست و انرژی منطبق بر بایسته های حقوقی با استفاده از روش‌های بوم‌شناسی سیستم‌ها و بوم‌شناسی صنعتی دست یابند.

۳-۳-رویکرد ایمیدرو برای توسعه صنعت لیتیوم در کشور

با توجه به ضرورت های موجود و رویکرد توسعه ای سازمان ایمیدرو، از مهمترین برنامه های سازمان در این زمینه می تواند به موارد ذیل اشاره کرد:

- توسعه فعالیت های اکتشافی لیتیوم
- گسترش فعالیت های تحقیق و توسعه برای بهره برداری از منابع کم عیار لیتیوم و تولید کربنات‌ها، اکسیدها و هیدروکسیدهای لیتیوم و تولید باتری‌های لیتیومی
- توسعه همکاری های بین المللی برای بهره بردای از منابع لیتیوم داخلی با استفاده از تکنولوژی های روز دنیا
- بررسی امکان پذیری استحصال لیتیوم از منابع ثانویه و بازیافتی
- منابع موجود لیتیوم و استفاده از تجارب بین‌المللی

دوفصلنامه
مطالعات حکمرانی و مدیریت توسعه
eISSN: 3060-7256
Volume 1. Issue 2. Winter 2025. Pages 376 to 390
https://www.jgsdm.ir

در حال حاضر در کشور منابع شورابه های متعددی وجود دارد که بر اساس مطالعات اکتشافی انجام شده تاکنون، مقادیری از لیتیوم در آن ها مشاهده شده است. نکته حایز اهمیت در خصوص این منابع عیار پایین لیتیوم در آنها است و بر این اساس استفاده از روش های صنعتی متداول برای استحصال لیتیوم از این منابع با چالش هایی همراه است .

۴-ارزیابی حقوقی عملکرد کشورها در کشف و استخراج و بهره برداری از لیتیوم:

لیتیوم یک فلز قلیایی نقره‌ای- سفید و نرم با عدد اتمی ۳ است. این عنصر در شرایط استاندارد دما و فشار سبک‌ترین فلز و کم‌چگالی‌ترین عنصر جامد است. به دلیل واکنش‌پذیری بالای لیتیوم، هرگز نمی‌توان آن را به‌صورت عنصر آزاد در طبیعت پیدا کرد و همواره در بخشی از یک ترکیب شیمیایی که بیشتر یونی است، پیدا می‌شود. از آنجا که لیتیوم در آب حل می‌شود، به‌صورت یون در آب اقیانوس‌ها و به‌صورت نمک در آب‌ها و [خاک]رس هم دیده می‌شود. لیتیوم و ترکیب‌های آن کاربردهای فراوانی دارند از آن جمله در شیشه و سرامیک پایدار در برابر گرما، آلیاژهای با مقاومت بالا نسبت به وزن که در فضاپیماها کاربرد دارد، باتری‌های لیتیوم خودروهای برقی و در مصارف پزشکی به‌عنوان دارو است. بیشترین و بزرگ‌ترین دخایر لیتیوم دنیا در بولیوی و افغانستان وجود دارد که حتی تعدادی از کارشناسان یکی از دلایل کودتای بولیوی و جنگ آمریکا در افغانستان به‌ویژه در دوران ترامپ را دسترسی به معادن غنی لیتیوم در این کشور می‌دانستند. پیش از این به‌نظر می‌آمد که بزرگ‌ترین معادن لیتیوم ایران هم در شرق کشور و در استان خراسان‌جنوبی در شهر نهبندان و اطراف بیرجند قرار دارد. بعد از آن دریاچه نمک قم، چهارمحال و بختیاری و اصفهان هم دارای این معدن هستند. این ماده‌یک نوع خاک معدنی است که حتی از آب شور هم به‌دست می‌آید، اما حالا انگار استان همدان هم در شمار مناطق لیتیوم‌خیز به‌شمار می‌رود.

۴-۱-لیتیوم در ایران

برای نخستین‌بار ذخیره لیتیوم در کشور و در استان همدان کشف‌شده که این امر «نویدبخش کشف ذخایر دیگری در این استان خواهد بود.» به گفته مدیرکل دفتر امور اکتشاف وزارت صنعت، معدن و تجارت، میزان ذخیره قطعی محدوده یادشده هشت‌میلیون و ۵۰۰هزارتن کانسنگ لیتیوم است.

این ماده‌معدنی در یک منطقه رسی تشکیل شده که این موضوع ذخیره مذکور را در کل کشور منحصربه‌فرد می‌کند. با توجه به منابع محدود لیتیوم در طبیعت و نقش حساس آن در تهیه باتری‌های الکتریکی، صنایع پیشرفته، صنایع دفاعی و تهیه و تولید آلیاژها منحصربه‌فرد و استراتژیک باید اذعان داشت در سال‌های اخیر تمرکز و توجه روزافزونی به بحث اکتشاف، استخراج و فرآوری و بازیافت لیتیوم از منابع شناخته شده آن شده‌است. لیتیوم برخلاف دیگر محصولات معدنی در حجم کم و در ابعاد کیلوگرم خرید و فروش می‌شود که این امر به‌علت قیمت بالا و سختی استحصال آن بوده و در صورتی‌که بتوان در استحصال و تولید این ماده‌معدنی به مزیت رسید، عملا ارزش‌افزوده بالایی را به‌همراه خواهد داشت (زمانی،۱۳۹۱:۲۷)

دوفصلنامه
مطالعات حکمرانی و مدیریت توسعه
eISSN: 3060-7256
Volume 1. Issue 2. Winter 2025. Pages 376 to 390
https://www.jgsdm.ir

۴-۲-عملکرد بخش خصوصی در کشف و استخراج لیتیوم:

کشف این فلز، یکی از مزیت‌های بسیار بزرگ ما خواهد بود که باید و نباید های حقوقی ای نیز بدنبال خواهد داشت . در هر صورت لیتیوم جزو فلزات آینده است؛ یعنی جزو فلزاتی است که در اقتصاد دیجیتال نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای دارد و پیش‌بینی می‌شود پادشاه فلزات آینده باشد. اگر چنین ذخیره‌ای در کشور ما کشف‌شده باشد، یعنی ما پتانسیل تولید لیتیوم را هم درون کشور داریم و باید آن را جدی‌تر بگیریمو قوانین و مقررات محکم تری برای آن وضع نماییم. تا پیش از این منابع معدنی این فلز در کشور موجود نبوده که اقدام به فرآوری آن کنیم اما اگر این ماده معدنی در کشور کشف‌شده باشد، امکان فرآوری آن در بخش‌خصوصی وجود دارد و با ورود بخش خصوصی قوانین و مقررات جدی تری در حوزه ی آن لازم به استفاده خواهد بود ؛ زیرا لیتیوم کالای آینده است و بخش‌خصوصی به آن بی‌توجه نیست.

۴-۳-عملکرد سایر کشورها در حوزه حقوق بین الملل در خصوص لیتیوم:

بر اساس یک گزارش که سازمان زمین‌شناسی ایالات‌متحده پیش از این و در سال۲۰۲۲ منتشر کرد در مجموع ۸۹میلیون تن لیتیوم در سراسر جهان کشف‌شده‌است که استرالیا، شیلی، آرژانتین و چین تولیدکنندگان اصلی آن هستند. البته استخراج لیتیوم به دلایلی که ذکر شد به همین سادگی‌ها نیست. استخراج این فلز می‌تواند منجر به تحمیل برخی از خسارات جبران‌ناپذیر به محیط‌زیست شود.

بررسی وضعیت حمایت از محیط‌زیست در دنیا به حدی جدی است که کشوری مانند سوئد در اروپا با وجود داشتن بزرگ‌ترین معدن طلای اروپا (بولیدن)، آن را از سال۱۹۶۷ تعطیل کرده و تنها دو شرکت معدنی لوندین و سوندیک در این کشور مشغول به‌کار هستند. البته، استفاده از ذخایر معدنی در حوزه اقتصاد بسیار مهم و ضروری است. سوالی که سیاستگذار باید در مواجهه با کشف ذخایر ارزشمند فلزی از خود بپرسد، این است که استخراج این «نفت سفید» تا کجا منطقی است؟ یعنی تا چه اندازه می‌توان به منابع طبیعی دست‌اندازی کرد تا این فلز را استخراج کرد که نه صنعت کشور دچار نقصان شود و نه آسیبی جبران‌ناپذیر به محیط‌زیست کشور برسد. استخراج تخصصی و سخت این فلز که بیشتر از آب اقیانوس و کف دریاها به‌دست می‌آید؛ با این همه، این فلز در ایران در عمق نیم‌متری و در برخی موارد از سطح دریاچه‌های خشک شده و به سهولت به‌دست می‌آید. این نحوه استفاده زمانی از اهمیت برخوردار است که بر مبنای اصول توسعه پایدار باشد. برای مثال، سوئد ترجیح داده تا به‌جای درآمدزایی از معادن، در صنعت گردشگری سرمایه‌گذاری کند، تا از این طریق محیط‌زیست خودش را حفظ کرده و درست در زمانی‌که بیشتر نقاط دنیا با مشکل کم‌آبی و فرونشست روبه‌رو هستند، این کشور وضعیت بسیار خوبی داشته و بعید نیست تا در آینده یکی از معدود مکان‌های دنیا برای مهاجرت و فرار از وضعیت بحرانی محیط‌زیست باشد، اما ایران چنین شرایطی ندارد. بحران خشکسالی از یک‌سو و شرایط اقتصادی از سوی دیگر موجب‌شده که کشور بیشتر از اینکه مهاجرپذیر باشد، منطقه‌ای مهاجرفرست باشد. همین دلایل است که استخراج لیتیوم در کشور را منطقی جلوه می‌دهد ((De Almeida, A., Lopes, A,2005,195) .

دوفصلنامه
مطالعات حکمرانی و مدیریت توسعه
eISSN: 3060-7256
Volume 1. Issue 2. Winter 2025. Pages 376 to 390
https://www.jgsdm.ir

البته پیش از این و چند سال‌قبل، یک منبع خبر از کشف روشی تازه برای استخراج لیتیوم داده بود که هزینه‌های روش‌های دیگر را به کشور تحمیل نمی‌کند و از آنجایی‌که روشی بومی است، تمام تجهیزات آن در داخل کشور یافت می‌شود. در این روش که روشی نوین و برای اولین‌بار در دنیاست، فلز لیتیوم در حد خالص‌ترین عیار یعنی ۹۷/ ۹۹درصد از منابع شورابه‌ای استخراج شده‌است. این روش در مقیاس آزمایشگاهی و پایه نتایج خوبی داشته و مطالعات آن در حال تکمیل است. این فرآیند به روشی دیگر فقط در اختیار پنج کشور دنیاست و ما توانستیم روشی جدیدتر و با خلوص بالاتری ابداع کنیم؛ به‌عنوان مثال کشوری مانند آلمان فاقد منابع لیتیوم است، اما کربنات لیتیوم را مانند نمک لیتیوم از شیلی وارد و خالص‌سازی می‌کند. منابع لیتیوم به‌طور کلی به سه دسته تقسیم می‌شود که منابع شورابه‌ای یکی از آنهاست، این فلز مانند نمک داخل این آبها حل است و با توجه به حد اشباع پایینی که دارد، به‌صورت محلول در محیط شوره‌زارهایی که پتانسیل این فلز در آنها وجود دارد، موجود است که می‌توان با این فرآیند آن را استحصال کرد. سازمان زمین‌شناسی برای اولین‌بار این طرح را روی پهنه نمکی کشور بولیوی آغاز کرد و مطالعات خود را بر روی ۸۰ لیتر شورابه از این پهنه که بزرگ‌ترین پهنه نمکی دنیاست اجرا کرد و بعد از آن مطالعات روی پهنه‌های نمکی ایران آغاز شد.

۴-۴-نقش کره در استخراج لیتیوم و تاثیر آن بر محیط زیست:

پژوهشگران کره‌ای سرعت استخراج لیتیوم را با فناوری پلاسما ۳ برابر کردند و با معرفی پلاسمای دی اکسید کربن به این فرآیند، سرعت استخراج لیتیوم را تا ۲۷،۸۷ درصد افزایش دادند. مؤسسه فیوژن انرژی کره (KFE)با به نمایش گذاشتن مطالعه‌ای که به افزایش ۳ برابری بازدهی استخراج لیتیوم در مقایسه با روش‌های معمولی دست یافته است، از جدیدترین پیشرفت خود رونمایی کرد.

این شاهکار که توسط تیم پژوهشگران این موسسه رهبری می‌شود، از طریق استفاده نوآورانه از فناوری پلاسمای مایکروویو دی اکسید کربن به دست آمد. به گفته این تیم، پیامدهای این توسعه عمیق است و نویدبخش رفع چالش‌های حیاتی در تامین لیتیوم برای صنایع در حال رشد مانند خودروهای الکتریکی و ذخیره انرژی تجدیدپذیر است.از آنجایی که تقاضا برای لیتیوم همچنان در حال افزایش است که با انتقال شتابان به سمت راه‌حل‌های انرژی پایدار تقویت می‌شود، این رویکرد جدید نویدبخش پاسخگویی به نیازهای در حال تکامل آینده‌ای سبزتر است) .
Tiew, B.J., Shuhaimi, M., Hashim, H,2012,92)

۴-۴-۱-چالش های پایدار کره در خصوص استخراج و بهره برداری از لیتیوم:

کره ای ها در تلاش برای استخراج کارآمد لیتیوم، دو روش اصلی مدت‌هاست که غالب بوده‌اند که هر کدام چالش‌های خود را دارند. رویکرد مرسوم شامل مخلوط کردن کربنات سدیم۳CO۲(Na (با آب نمک غنی از لیتیوم و تولید کربنات لیتیوم۳CO۲ Li از طریق یک فرآیند پیچیده است. با این حال، هنگامی که کربنات لیتیوم با ناخالصی‌های سدیم درگیر می‌شود، اشکال قابل توجه ظاهر می‌شود و طی مراحل جداسازی بیشتر را ضروری می‌کند.

دوفصلنامه
مطالعات حکمرانی و مدیریت توسعه
eISSN: 3060-7256
Volume 1. Issue 2. Winter 2025. Pages 376 to 390
https://www.jgsdm.ir

یک روش جایگزین، استفاده از گاز دی اکسید کربن به جای کربنات سدیم است که یک راه حل بالقوه ارائه می‌دهد. با این حال، این روش با یک مانع روبرو می‌شود که نرخ پایین استخراج در آب نمک و جایی است که نمک لیتیوم با کلر پیوند ایجاد می‌کند. این یک مانع مهم است که نیاز به تحقیقات بیشتر برای غلبه بر آن دارد.

تلاش‌ها برای پالایش فرآیندهای استخراج لیتیوم در حال انجام است که به دلیل نیاز فوری برای برآورده کردن تقاضاهای فزاینده صنایعی مانند خودروهای الکتریکی و ذخیره‌سازی انرژی تجدیدپذیر انجام می‌شود.

به گفته پژوهشگرانKFE ، همانطور که دانشمندان به شکلی عمیق‌تر در این چالش‌ها کاوش می‌کنند، پیشرفت‌ها کلید باز کردن آینده‌ای پایدارتر با فناوری لیتیوم-یون هستند.

۴-۴-۲-نتایج امیدوار کننده استخراج توسط کره ای ها

این تیم از قدرت فناوری پلاسمای مایکروویو دی اکسید کربن برای افزایش قابل توجه نرخ استخراج لیتیوم استفاده کردند. این رویکرد شامل یونیزه کردن دی اکسید کربن به حالت پلاسما است که نشانگر پیشرفتی اساسی در تلاش برای روش‌های استخراج کارآمدتر است.

پژوهشگران در KFE یک مجموعه آزمایش‌ها را برای مقایسه کارایی استخراج لیتیوم با پلاسما دی اکسید کربن در مقابل روش‌های سنتی آغاز کردند. یافته‌های آنها با استفاده از آب نمک شبیه‌سازی شده به عنوان محل آزمایش، افزایش خیره‌کننده ۳ برابری در نرخ استخراج را هنگام استفاده از فناوری پلاسما نشان داد.

نتایج بسیار دلگرم کننده هستند، زیرا تزریق مستقیم گاز دی اکسید کربن نرخ استخراج متوسط ۱۰,۳ درصدی را به همراه داشت و معرفی پلاسمای دی اکسید کربن نرخ استخراج را به ۲۷,۸۷ درصد رساند. این نشان‌دهنده یک تغییر الگو در روش‌های استخراج لیتیوم است که نگاهی اجمالی به پتانسیل گسترده فناوری پلاسما در بهینه‌سازی استفاده از منابع ارائه می‌دهد.

تیم پژوهشگران KFE ادعا می‌کند که این تحقیق نشان‌دهنده یک لحظه تاریخی در این زمینه است و مزایای ملموس ادغام فناوری پلاسما در فرآیند استخراج لیتیوم را برای اولین بار نشان می‌دهد.دکتر جونگ کئون یانگ از KFE می‌گوید: توانستیم بر اثرات گرما و یون‌ها، الکترون‌ها، رادیکال‌ها و غیره را که هنگام تشکیل پلاسمای دی اکسید کربن بر سرعت استخراج لیتیوم تاثیر می‌گذارند، غلبه کنیم.پژوهشگران امیدوارند فرآیندهای استخراج لیتیوم مبتنی بر پلاسما، راه جدیدی برای پیشرفت این فناوری ارائه دهد که قادر به استخراج موثر لیتیوم از آب دریا، حتی در غلظت‌های پایین‌تر لیتیوم باشد (Allen, M. R.)۲۰۰۹،۴۵۸

۴-۵-بررسی مقایسه ای لیتیوم با نفت:

لیتیوم یک ماده معدنی تجدیدناپذیر است که استحصال انرژی تجدیدپذیر را ممکن می‌سازد. حال سوال این است که با توجه به استفاده بی‌رویه از این ماده، آیا لیتیوم در آینده تبدیل به نفت بعدی خواهد شد؟

تغییر به سمت تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر با سرعت زیادی در حال انجام است. در سال ۲۰۱۸ آنها ۲۶,۲ درصد از کل تولید انرژی را تشکیل داده‌اند و پیش‌بینی می‌شود طی چند دهه آینده این روند به طرز چشمگیری افزایش یابد.

دوفصلنامه
مطالعات حکمرانی و مدیریت توسعه
eISSN: 3060-7256
Volume 1. Issue 2. Winter 2025. Pages 376 to 390
https://www.jgsdm.ir

در هسته اصلی بحث سوخت‌های تجدیدپذیر و بحث آب و هوا بحثی به همان اندازه مهم در مورد آینده حمل و نقل پایدار وجود دارد. موتورهای احتراق داخلی یا خودروهای ICE ممکن است به اوج بهره وری خود رسیده باشند، اما هنوز هم گازهای مضری را وارد محیط زیست می‌کنند.

بنابراین طی سال‌های اخیر تصمیم گرفته شده است تا صنعت خودرو به سمت برقی کردن خودروها برود تا از آسیب بیشتر به محیط زیست جلوگیری شود. در این راه نیز باتری‌ها نقش اصلی را ایفا می‌کنند. اکنون باتری‌ها در زندگی روزمره ما نه تنها در خودروهای برقی ما بلکه در لپ‌تاپ‌ها، موبایل‌ها و بسیاری از وسایل دیگر ما نیز حضور دارند. اما تمام این باتری‌ها به چیزی موسوم به "لیتیوم (lithium)"احتیاج دارند که یک ماده تجدیدناپذیر است.

باتری‌های لیتیوم-یونی یا باتری‌های لیتیومی به طور کلی وقتی فاکتور مقرون به صرفه بودن را در نظر بگیرید، بسیار مؤثرتر و پایدارتر از هر روش دیگر توسعه باتری هستند. آنها همچنین در مقایسه با گزینه‌های دیگر دارای چگالی انرژی قابل توجهی هستند که باعث می‌شود آنها برای همه دستگاه‌ها و خودروهای برقی مناسب باشند.

اما تهیه مقدار زیادی لیتیوم مورد نیاز برای ادامه تولید باتری‌ها در واقع کاملاً برای محیط زیست مضر است. در حقیقت، اگر زیرساخت‌های تهیه و استخراج این مواد معدنی کنترل نشود، به یک فاجعه زیست محیطی منجر می‌شود.

بیش از ۵۰ درصد از کل ذخایر لیتیوم جهان در منطقه‌ای به نام "مثلث لیتیوم" در آمریکای جنوبی است. این منطقه آرژانتین، بولیوی و شیلی را در بر می‌گیرد و یکی از خشک‌ترین مکان‌های روی کره زمین است.

کارگران معدن برای استخراج لیتیوم از زمین، با حفر سوراخ در زمین و پمپاژ آب‌نمک داخل آن شروع می‌کنند و سپس آب‌نمک را رها می‌کنند تا روی سطح بماند. در این هنگام، مایع تبخیر می‌شود و مجموعه‌ای متراکم از مواد معدنی باقی می‌ماند. تقریباً ۱۲ تا ۱۸ ماه طول می‌کشد تا همه آبها تبخیر شود و جمع آوری مواد معدنی شروع شود. شایان ذکر است که هر بار انجام این فرآیند به یک تن آب نیاز دارد.

این فرآیند ۵۰۰ هزار گالن برای تولید هر تن لیتیوم مصرف می‌کند. برای مثال در شیلی، استخراج لیتیوم ۶۵ درصد از کل آب منطقه را مصرف کرده است.

این فرآیند استخراج از معادن همچنین می‌تواند مواد سمی دیگر را از طریق آب‌های زیرزمینی یا باران‌های اسیدی به منابع آب اطراف منتقل کند. این روند در آمریکای شمالی و کشورهای توسعه یافته کمی تمیزتر انجام می‌شود، اما باز هم محققان در این مناطق متوجه تغییراتی در حیات وحش ۱۵۰ مایل دورتر از این معادن شدند.

همه این‌ها نشانگر این است که خودروهای برقی و تولید باتری به آن بی‌ضرری هم که گفته می‌شود نیستند و فرآیند استحصال لیتیوم به خودی خود برای محیط زیست مضر است.

استخراج لیتیوم به محیط اطراف آسیب می‌زند و باعث ایجاد آسیب‌های زیست محیطی در دوردست نیز می‌شودکه در اینجا لازم است تا حقوق محیط زیست ورود کند.

تولید و جغرافیای منابع لیتیوم نیز ممکن است در آینده صنعت لیتیوم تاثیرگذار باشند. اغلب لیتیوم جهان در سرزمین‌های متعلق به کشورهای غیر ثروتمند واقع شده است. این امر منجر به شیوه‌های استخراج غیراخلاقی و عدم مراقبت از محیط زیست و نزاع‌های شدید سیاسی برای به دست آوردن کنترل این ثروت بالقوه در آینده خواهد شد.

دوفصلنامه
مطالعات حکمرانی و مدیریت توسعه
eISSN: 3060-7256
Volume 1. Issue 2. Winter 2025. Pages 376 to 390
https://www.jgsdm.ir

موقعیت جغرافیایی این ماده معدنی همچنین پتانسیل تاسیس سازمانی مشابه برای نفت موسوم به "اوپک" را دارد تا بتواند کنترل تولید و توزیع این ماده معدنی را در دست بگیرد. روشی که ما در صنعت لیتیوم می‌بینیم، از بسیاری جهات اکنون به مرحله پایان دوره کودکی یا قبل از بلوغ خود می‌رسد، مشابه آنچه در ابتدای رونق نفت در جهان روی داد.

بازیافت باتری‌های لیتیومی نیز فرآیندی نسبتاً جدید است و هنوز به طور گسترده مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و به طور کلی بازیافت مقرون به صرفه باتری‌ها دشوار است، بنابراین به سهم بزرگی انجام نمی‌شود.از آنجا که کاتد لیتیوم با استفاده تخریب می‌شود، تهیه یک تصویر شیمیایی دقیق از آنچه در آن باتری برای اهداف بازیافتی اتفاق می‌افتد، دشوار است. این بدان معناست که در سناریوی باتری در مقیاس کوچک مانند گوشی‌های هوشمند یا سایر باتری‌ها، بازیافت باتری منطقی نیست.تولید کنندگان مدرن باتری نیز به دلیل رقابت در این صنعت، نحوه تولید باتری‌های خود را مخفی نگه می‌دارند. بنابراین هیچ شرکت بازیافتی نمی‌تواند ایده خوبی از چگونگی بازیافت باتری‌های مختلف بدون آزمایش گسترده روی آن باتری‌ها داشته باشد.در پایان می‌توان گفت که آینده تولید باتری‌های لیتیومی روشن به نظر می‌رسد، اما آینده محیط زیست در نتیجه استخراج لیتیوم نامشخص است و با رشد سریع فناوری و توسعه باتری‌ها، به نظر می‌رسد لیتیوم در حکم نفت بعدی برای جهان باشد.

۴-۶-مسئولیت بین المللی دولت ها در حوزه ی استخراج لیتیوم:

همان‌گونه که در پیش‌نویس ماده ۱ کمیسیون حقوق بین‌الملل آمده است «هر عمل بین‌المللی غیرقانونی یک دولت، موجب مسؤولیت بین‌المللی آن دولت می‌شود» و بر طبق ماده ۲، یک عمل بین‌المللی غیرقانونی، در واقع هرگونه فعل یا ترک فعلی است که «تحت نظامات حقوق بین‌الملل قابل استناد به دولت» بوده و موجب شکل‌گیری «نقض یک تعهد بین‌المللی توسط آن دولت» گردد؛ بنابراین، مسؤولیت دولت شامل مجموعه‌ای از قواعد است که عواقب ناشی از نقض تعهدات بین‌المللی دولت را تعریف می‌نماید. محاکم بین‌المللی در موارد متعددی مسؤولیت دولت را به عنوان یک قاعده حقوقی بین‌المللی تصدیق نموده‌اند. مسؤولیت دولت به نقض حقوق بین‌الملل محیط زیست نیز گسترش می‌یابد. بدین ترتیب، برای مثال، کشورها به جهت نقض تعهداتشان مبنی بر عدم ایجاد ضرر زیست‌محیطی مسؤول می‌باشند. همان‌گونه که پیش‌تر ذکر شد، اصل ۲۱ اعلامیه استکهلم و اصل ۲ اعلامیه ریو به «مسؤولیت دولت‌ها مبنی بر ضمانت اینکه فعالیت‌های آنها در سرزمین یا تحت نظارتشان، منجر به ایراد صدمه به محیط زیست نمی‌شود» اشاره می‌نماید. از همین رو، بسیاری از مفسران به اصل ۲۱ اعلامیه استکهلم و اصل ۲ اعلامیه ریو به عنوان شرحی بر اصل «مسؤولیت دولت به موجب آسیب زیست‌محیطی» اشاره می‌کنند. علی‌رغم رابطهٔ به وضوح نزدیک میان مسؤولیت دولت و تعهد مبنی بر عدم ورود ضرر، بررسی «تعهد به عدم ایجاد آسیب زیست‌محیطی» و اصل «مسؤولیت دولت» به صورت جداگانه می‌تواند امری مفید باشد؛ چراکه مورد دوم گسترده‌تر بوده و بر نقض کلیه تعهدات مبتنی بر حقوق بین‌الملل ازجمله نقض تعهد به اطلاع‌رسانی و مشارکت و نه‌فقط آسیب زیست‌محیطی، اِعمال می‌گردد.

دوفصلنامه
مطالعات حکمرانی و مدیریت توسعه
eISSN: 3060-7256
Volume 1. Issue 2. Winter 2025. Pages 376 to 390
https://www.jgsdm.ir

نتیجه گیری:

لیتیوم که وجودش در دنیای امروز یکی از ملزومات تکنولوژی محسوب می‌شود، یک فلز قلیایی نقره‌ای- سفید و نرم با عدد اتمی ۳ است. این عنصر در شرایط استاندارد دما و فشار سبک‌ترین فلز و کم چگالی‌ترین عنصر جامد است.در ظاهر این‌طور به نظر می‌رسد که لیتیوم هیچ نقشی در زندگی حیوان‌ها و گیاهان ندارد و آن‌ها بدون لیتیوم هم می‌توانند زنده بمانند، اما در عمل در همه اندام‌های زنده می‌توان ردپای بسیار کم رنگ لیتیوم را پیدا کرد. یون لیتیم که در قالب نمک‌های گوناگون پیدا می‌شود، بر روی اعصاب انسان اثر می‌گذارد و می‌تواند به عنوان دارو در درمان اختلال دوقطبی کمک کند.لیتیوم اولین بار در سال ۱۸۱۷ در سوئد کشف شد و معلوم شد از آلیاژ این فلز با آلومینیوم، کادمیم، مس و منگنز در ساخت قطعات هواپیماهای بلند پرواز می‌توان استفاده کرد. پیدایش لیتیوم بسیار پراکنده‌است، اما به‌علت واکنش‌پذیری زیادی که دارد در طبیعت به صورت آزاد وجود ندارد و همیشه به صورت ترکیب با یک یا چند عنصر یا ترکیب دیگر دیده می‌شود. این فلز بخش کوچکی از تمامی سنگ‌های آذرین را تشکیل داده و همچنین در بسیاری از شوراب‌های طبیعی وجود دارد. لیتیوم یکی از اجزای مهم در باتری‌های قابل شارژ است که در تلفن‌های همراه، رایانه‌های دستی و خودروهای برقی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حال حاضر، آلیاژی از لیتیوم و آلومینیوم در صنایع هواپیماسازی مورد استفاده قرار می گیرد که سبک، قابل انعطاف، محکم و مقاوم است.علاوه بر این، لیتیوم نیروی کششی زیادی دارد و به دلیل وزن کم آن گزینه بسیار مناسبی برای باتری‌های کم وزن و پرانرژی است. همچنین، این ماده معدنی همراه با سرب آلیاژی را تولید می‌کند که در ساختن بلبرینگ چرخ‌های قطار استفاده می‌شود. از دیگر مصارف لیتیوم می‌توان به کاربرد آن در صنعت داروسازی اشاره کرد

با این همه در مورد مصرف لیتیوم هم در صنایع و همچنین در داروسازی توجه به یک نکته بسیار مهم محسوب می شود؛ چرا که مرز میان سودمند بودن این ماده و سمی بودنش برای انسان و محیط زیست بسیار بسیار نازک و شکننده‌است.از مضرات و تاثیرات سوء لیتیوم بر محیط زیست می توان گفت استخراج لیتیوم می تواند ماهی ها را تا ۱۵۰ مایلی پایین دست تحت تاثیر قرار دهد. این که آیا صنعت لیتیوم آبیاری محصولات را نیز آلوده خواهد کرد یا خیر، یک سوال برای دوستداران محیط زیست است.وجود مشکلات فوق همچنین عوامل بسیاری از کشورها را برای توسعه باتری های لیتیومی خود محدود می کند.

از ملاحظات زیست محیطی و ملاحظات فرآیند فنیاگر الزامات فرآیندی کافی وجود نداشته باشد، باعث آسیب به محیط زیست محلی ناشی از تولید داخلی لیتیوم می شود. به همین دلیل است که بسیاری از کشورها از توسعه استخراج لیتیوم در کشورهای خود امتناع می ورزند.چین به طور مداوم آستانه ورود شرکت‌های استخراج و پانسمان لیتیوم را افزایش می‌دهد یا بازبینی و نظارت حفاظت از محیط زیست بر پروژه‌های استخراج لیتیوم را افزایش می‌دهد. افزایش مدیریت اکولوژیکی مناطق استخراج لیتیوم، افزایش سرمایه گذاری در تأسیسات تصفیه محلی حفاظت از محیط زیست و غیره. تنها با استفاده از ابزارهای مختلف برای کاهش آسیب به محیط زیست محیطی می توان مسیر انرژی های جدید را بیشتر و طولانی تر کرد. شاید برداشت به این شیوه بسیار راحت و بدون دردسر و کم هزینه باشد، اما در بلند مدت تاثیرات بسیار زیادی بر اکوسیستم داشته و مرگ بسیاری از دریاچه‌ها و تالاب‌ها به منزله مرگ طبیعت و خالی از سکنه شدن منطقه درگیر این روند است.

Reference

- Abadie, LM., Goicoechea, N., Galarraga, I., Adapting the shipping sector to stricter emissions regulations: Fuel switching or installing a scrubber? Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol. 57, pp. 237-250, 2017. https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.09.017.
- Allen, M. R. Warming caused by cumulative carbon emissions towards the trillionth tone. Nature. No. 458, pp. 1163–1166, 2009.
- Bertrand, V., Carbon and energy prices under uncertainty: A theoretical analysis of fuel switching with heterogeneous power plants, Resource and Energy Economics, Vol. 38, pp. 198-220, 2014. https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2014.08.001.
- De Almeida, A., Lopes, A., Carvalho, A., Mariano, J., Nunes, C., Evaluation of fuel-switching opportunities in the residential sector, Energy and Buildings, No. 36, pp. 195-203, 2004. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2003.11.003.
- Delarue, E.D., Ellerman, A.D., D'haeseleer, W.D., Robust MACCs? The topography of abatement by fuel switching in the European power sector, Energy, No. 35, pp.1465-1475, 2010. https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.12.003.
- Flores Fernández, Cristián, and Rossella Alba. "Water or mineral resource? Legal interpretations and hydrosocial configurations of lithium mining in Chile." Frontiers in Water 5 (2023): 1075139.
- Hailes, Oliver. "Lithium in international law: Trade, investment, and the pursuit of supply chain justice." Journal of International Economic Law 25.1 (2022): 148-170.
- Jepma CJ, Munasinghe M. Climate change policy: facts, issues and analysis, Cambridge University Press, 1998.
- Luh, S, Budinis, S, Giarola, S, Thomas J. Schmidt, Adam Hawkes, Long-term development of the industrial sector – Case study about electrification, fuel switching, and CCS in the USA, Computers & Chemical Engineering, Vol. 133, pp. 106-126, 2020. https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.106602.
- Mahmoud, A, Shuhaimi, M. Abdel Samed, M., A combined process integration and fuel switching strategy for emissions reduction in chemical process plants, Energy, No. 34, pp. 190-195, 2009. https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.11.007
- Marvão Pereira, A., Marvão Pereira, MR., Is fuel-switching a no-regrets environmental policy? VAR evidence on carbon dioxide emissions, energy consumption and economic performance in Portugal, Energy Economics, Vol. 32, pp. 227-242, 2010. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.08.002.
- Michelini, Emanuele, et al. "Potential and most promising second-life applications for automotive lithium-ion batteries considering technical, economic and legal aspects." Energies 16.6 (2023): 2830.
- Mousavi, S. F. , Hosseini, S. H. and Mousavi far, S. H. (2015). Principles of International Environmental Law in Light of International Case Law. Public Law Researsh, 17(48), 9-25. doi: 10.22054/qjpl.2015.1752. (In Persian)
- Ramazani Ghavamabadi, M. H. (2007). Quick Review of the Principle of the Unharmful (Sustainable) Utilization of Territory in International Environmental Law. Advanced Environmental Sciences, 4(4), (In Persian)
- Rehfeldt, M., Fleiter, T., Herbst, A., Eidelloth, S., Fuel switching as an option for medium-term emission reduction - A model-based analysis of reactions to price signals and regulatory

action in German industry, Energy Policy, Vol. 147, pp. 111-189, 2020, https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111889

- Rezaei, Bahram, (2015), Mineral Processing Technology, Noor Research and Publishing Institute, p. 323
- Rioja, Héctor Santiago Sanchez, Santiago Saravias, and Michel López. "Geological, legal and environmental aspects of lithium brine projects, NW Argentina." Brazilian Journal of Development 9.11 (2023): 29387-29395.
- Tiew, B.J., Shuhaimi, M., Hashim, H., Carbon emission reduction targeting through process integration and fuel switching with mathematical modeling, Applied Energy, Vol. 92, pp. 686-693, 2012. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.07.048.
- Zamani, S. G. (2002). Development of International Responsibility in Shadow of International Environment Law. Journal of Legal Research, 1(1), 27-58. (In Persian)