



ТЕКУЩЕЕ И БУДУЩЕЕ МИРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЛИТИЯ

Каюмов Ойбек Азамат угли.

доцент, Каршинский государственный технический университет

***Аннотация:** В статье рассматриваются современные тенденции и перспективы мирового производства лития как стратегически важного сырьевого ресурса, играющего ключевую роль в формировании низкоуглеродной экономики. Приведён комплексный анализ этапов переработки лития — от добычи из рассолов, руд и глин до получения соединений и производных, используемых в широком спектре отраслей: от аккумуляторной промышленности до стеклокерамики, смазочных материалов и фармацевтики. Особое внимание уделяется оценке мирового спроса на литий, формируемого преимущественно за счёт роста электромобильности и развития аккумуляторных технологий. Проведено сравнение сценариев высокого и низкого спроса, разработанных Deutsche Bank и Университетом Маккуори, соответственно, с прогнозом потребления лития к 2025 году.*

***Ключевые слова:** литий, устойчивое развитие, переработка лития, аккумуляторы, электромобили, сценарное моделирование, системная динамика.*

В настоящее время усиливается внимание к стратегическим материалам, имеющим решающее значение для устойчивого развития. Оценка степени критичности таких ресурсов основывается на вероятности перебоев в их поставках и возможных последствиях для социально-экономических систем в определённый временной промежуток. Потенциальные нарушения логистических цепочек могут существенно повлиять на стабильную работу промышленных предприятий и общий



уровень благосостояния населения. Литий относится к числу таких материалов, поскольку он играет важнейшую роль в продвижении технологий, направленных на снижение углеродного следа и формирование экологически устойчивой экономики. Кроме того, литиевые соединения находят широкое применение в различных отраслях — от оборонной и телекоммуникационной до производства промышленных товаров. В частности, они востребованы при выпуске керамических и стеклянных изделий, в составе смазочных веществ, фармацевтических средств, а также в алюминиевой промышленности. Обобщённая последовательность стадий переработки лития отражена на рисунке 1, где каждый этап раскрыт более детально в дальнейшем изложении.

На этапе извлечения лития основными источниками являются три типа природных образований: солевые рассолы, литиевые руды и глинистые материалы. Тем не менее, преобладающее количество лития в настоящее время добывается именно из рассольных бассейнов и рудных залежей. По оценкам, мировые ресурсы лития достигают порядка 53 миллионов тонн, из которых около 16 миллионов тонн считаются извлекаемыми запасами.

Под ресурсами подразумеваются природные материалы в твёрдом, жидком или газообразном состоянии, находящиеся в земной коре, тогда как





запасы включают лишь те объёмы, которые могут быть рентабельно освоены при текущих технологиях и экономических условиях. Наиболее богатые рассольные месторождения расположены в таких странах, как Чили, Аргентина и Боливия. В то же время значительные рудные залежи сосредоточены в Австралии и Китае. Дополнительные залежи лития зафиксированы также в Европе и других странах, включая Бразилию, Канаду, Португалию, США и Зимбабве, однако они составляют лишь незначительную часть — примерно 3,5% от глобального объема ресурсов.

Рис. 1. Этапы переработки лития

Химическая стадия переработки включает извлечение и получение литиевых соединений и их производных из природных источников, описанных ранее. Наиболее часто используемыми формами являются карбонат, гидроксид и хлорид лития. Существенное значение в этом процессе имеет литиевый концентрат, который подразделяется на два основных типа: технический и химический. Первый применяется преимущественно в производстве изделий из стекла и керамики, тогда как второй служит сырьём для синтеза различных литиевых соединений на химических предприятиях. Под производными лития понимаются вещества, образующиеся в результате переработки базовых соединений. Среди них особенно выделяются бутиллитий и металлический литий. Ведущими странами, обеспечивающими свыше 90% мирового объёма химического производства лития, являются Чили, Австралия, Аргентина и Китай.

На завершающем этапе производственного цикла литиевые соединения, их производные, а также литиевый концентрат используются при выпуске широкого спектра продукции. Наиболее значимыми направлениями применения лития являются: аккумуляторные системы на основе литий-ионной технологии, производство стеклокерамики, смазочные составы, материалы для непрерывного литья, хладагенты, полимерные



материалы и алюминиевые сплавы. На сегодняшний день основная масса лития используется именно в аккумуляторной промышленности, тогда как вторую по значимости отрасль составляют стекло- и керамикопроизводство — на них приходится порядка 35% и 32% общемирового потребления лития соответственно. Также существует ряд нишевых направлений, доля которых на мировом рынке невелика, включая производство фармацевтических субстанций, модификаторов для цемента, органических синтез-продуктов, отдушек и ароматизаторов, пигментов и красителей, промежуточных органических соединений, катализаторов, а также пиротехнических изделий.

Поскольку в большинстве областей применения литий не имеет эффективных заменителей, стабильность его поставок напрямую связана с темпами роста глобального спроса. Прогнозируется, что мировая потребность в этом элементе будет ежегодно увеличиваться на 8–11%. В частности, литий стал доминирующим компонентом в аккумуляторной отрасли: его доля в этом секторе выросла с нуля до 80% за период с 1991 по 2012 год. Наибольший объём потребления приходится на Китай, который использует около 35% всего производимого лития. За ним следуют Европа, Япония, Республика Корея и Северная Америка с долями в 24%, 12%, 10% и 9% соответственно. Существенный рост спроса на литий ожидается и в ближайшей перспективе, главным образом из-за интенсификации производства литий-ионных батарей. Это обстоятельство может привести к возникновению новых вызовов для цепочек поставок, особенно с учётом ограниченности производственных мощностей. В связи с этим оценка потенциала каждого поставщика становится ключевым элементом в прогнозировании способности рынка удовлетворить растущий спрос в будущем.

Объёмы производства лития продолжают демонстрировать устойчивый рост. Тем не менее, несмотря на активное расширение спроса, это не является



гарантией того, что будущие потребности будут полностью удовлетворены. В связи с этим становится актуальной задача определения условий, необходимых для успешной реализации как действующих, так и перспективных проектов по добыче лития, с целью соответствия ожидаемому уровню мирового потребления. Настоящее исследование направлено на оценку возможностей производителей по обеспечению спроса за счёт эксплуатационных показателей уже функционирующих горнодобывающих объектов, а также проектов, находящихся в стадии согласования или планирования. Анализ охватывает производственные мощности ключевых стран-поставщиков лития, таких как Чили, Китай, Австралия и Аргентина.

Методология. Применённая в рамках данного исследования методология включает три основных этапа: сбор информации, моделирование на основе системной динамики и формирование прогностических сценариев. На первом этапе осуществляется сбор статистических данных, охватывающих мировое предложение лития за период с 1981 по 2015 год, а также проводится оценка предполагаемого спроса в интервале с 2015 по 2025 год. Далее разрабатывается модель системной динамики, позволяющая проанализировать поведение потоков и изменений в запасах в рамках глобальной цепочки поставок лития. Заключительный этап посвящён формированию сценарных прогнозов, отражающих возможные варианты развития предложения лития в зависимости от различных темпов наращивания производственных мощностей со стороны ведущих стран-поставщиков за период с 2015 по 2025 год. В последующем разделе даётся детализированное описание каждого этапа методологического подхода.

Сбор данных. Анализируемые в рамках исследования данные охватывают период с 1981 по 2025 год. Основной массив информации был



получен из авторитетных институциональных источников, как визуализировано на рисунке 2. Для этапа добычи ресурса использовались ретроспективные сведения о добыче лития по странам, охватывающие период с 1981 по 2015 год. Эти сведения отражают динамику производства и позволяют судить о тенденциях в развитии отрасли. Что касается химической переработки, соответствующая информация предоставлена профильными аналитическими центрами, специализирующимися на энергетике и экономике, и содержит данные о переходе от стадии сырьевой добычи к производству готовой продукции.

Согласно аналитическим оценкам, ключевым фактором роста мирового спроса на литий в перспективе выступает увеличение потребности в аккумуляторных системах. Прогнозы предполагают, что в будущем транспортная отрасль будет ориентироваться на электромобили, в связи с чем объёмы потребления лития будут напрямую зависеть от масштабов их распространения. Ожидается, что уже к 2025 году доля электромобилей составит более половины от общего потребления лития. Такой сценарий основывается на текущих тенденциях в области повышения топливной эффективности и ужесточения нормативов по выбросам CO₂ в странах Северной Америки и Европы. В основу прогноза положено допущение о достижении ценового паритета между электромобилями и транспортными средствами с традиционными двигателями внутреннего сгорания в начале 2020-х годов, а также с дизельными аналогами в течение последующих пяти лет. В данной работе такой прогноз рассматривается как сценарий высокого уровня спроса. Кроме того, прогноз охватывает и другие направления использования лития, включая стационарные системы хранения энергии, традиционные аккумуляторы, электровелосипеды, стекло и керамику, смазочные материалы, системы очистки воздуха, полимерные материалы,



фармацевтическую продукцию, первичные источники тока, алюминиевые сплавы и литейные порошки.

С альтернативной точки зрения, оценка, представленная исследовательской группой Университета Маккуори, подчёркивает, что основным фактором роста потребления литья остаётся увеличение доли электромобилей на глобальном рынке. Дополнительно отмечается влияние таких аспектов, как наращивание ёмкости аккумуляторных батарей для легковых авто и стабильное расширение производства электрических автобусов и грузового транспорта, особенно в Китае. Прогнозы основываются на динамике развития ведущих автопроизводителей, включая Tesla и китайские компании, активно внедряющие электромобильные технологии. Несмотря на то что литий рассматривается как наиболее быстрорастущее сырьё среди добываемых ресурсов, приведённые в этом исследовании оценки потенциального спроса остаются более сдержанными по сравнению с прогнозами Deutsche Bank. В рамках настоящего анализа данный прогноз интерпретируется как сценарий низкого спроса. Среди предполагаемых направлений использования литья — гибридные и подключаемые транспортные средства, энергетические накопители, двухколёсный электротранспорт, стеклокерамическая продукция, смазочные составы, климатические системы, полимеры, фармацевтика, альтернативные аккумуляторы, алюминиевые изделия и технологии непрерывного литья.



Результаты и обсуждение. Анализ данных, полученных из базы USGS, а также прогнозов, представленных Университетом Маккуори и Deutsche Bank, позволил построить графическое представление, отражающее динамику глобального предложения лития в ретроспективе, а также сценарные оценки будущего спроса — как по низкому, так и по высокому варианту. Согласно сценарию с высоким уровнем спроса, объём потребления лития к 2025 году может достичь порядка 493 тыс. тонн в пересчёте на



карбонат лития (LCE), при среднегодовом темпе роста (CAGR) около 11%. В то же время более консервативная оценка указывает на достижение уровня приблизительно 393 тыс. тонн LCE к тому же году, с прогнозируемым CAGR на уровне 9%.

Рис. 2. Предложение и спрос на литий.

В таблице 1 представлены значения среднегодового темпа роста (CAGR), рассчитанные для регулярного сценария, а также прогнозные показатели использования производственных мощностей по странам на 2025 год. Значения CAGR для Чили и Аргентины имеют схожие значения, отражая сопоставимые темпы расширения добычи. В то же время Австралия демонстрирует наибольший рост, что позволило ей значительно нарастить



производство за анализируемый период. Однако к 2019 году Австралия, по всей вероятности, достигнет предельного значения своих производственных мощностей (100%), что указывает на возможное прекращение дальнейшего расширения. В отличие от этого, в Китае среднегодовой темп роста в период с 2005 по 2015 годы оставался на нулевом уровне, что свидетельствует об отсутствии увеличения объёмов производства лития в стране.

Таблица 1. Расчетный CAGR в регулярном сценарии и увеличение мощности с 2015 по 2025 год.

Страна	CAGR (Сценарий Рег.) 2005–2015 (%)	Мощность поставок лития в 2015 (%)	Мощность поставок лития в 2025 (%)
Аргентина	3	51	67
Австралия	11	65	100
Чили	2	62	71
Китай	0	20	20

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В результате проведённого анализа установлено, что литий является одним из наиболее критически важных ресурсов современного мира, играющим ключевую роль в переходе к экологически устойчивой и низкоуглеродной экономике. Основные этапы производственной цепочки — от добычи до химической переработки и конечного использования — охватывают широкий спектр промышленных отраслей, включая производство аккумуляторов, стекла и керамики, смазочных материалов и фармацевтической продукции. Прогнозы показывают, что в ближайшие годы спрос на литий будет стремительно расти, в первую очередь за счёт распространения электромобилей и систем накопления энергии.



Сравнительный анализ сценариев высокого и низкого спроса, основанных на данных Deutsche Bank и Университета Маккуори, позволяет оценить потенциальную нагрузку на существующие и планируемые производственные мощности. Установлено, что ведущие страны-поставщики лития — Чили, Австралия, Аргентина и Китай — играют решающую роль в обеспечении стабильности глобальных поставок. Для успешного удовлетворения прогнозируемого спроса необходимо развитие новых проектов, модернизация инфраструктуры и диверсификация источников добычи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Grosjean, C., Miranda, P. H., Perrin, M., Poggi, P. «Assessment of world lithium resources and consequences of their geographic distribution on the expected development of the electric vehicle industry» // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012. Т. 16. №3. С. 1735–1744.
2. G. Martin, L. Rentsch, M. Hoeck, and M. Bertau, "Lithium market research-global supply, future demand and price development", *Energy Storage Mater.*, vol. 6, pp. 171-179, 2017.
3. Saidaxmedov A. A., Eshonqulov U. X., Ruziyev U. M., Xaydarov I.I., "Roasting of alumina-containing material in a rotary kiln" *Scientific review of the problems and prospects of modern science and education*, 2025. (22-28).
4. Amirjon Khojakulov, Ulugbek Ruziyev, Najmiddin Boymurodov, Iskandar Shernazarov, Eldor Mashaev, Komila Shoyimova. *Research and determination of parameters for extracting valuable components from technological waste* // *BIO Web of Conferences*, Vol. 149, 01049 (2024). Genetic Resources 2024.
5. O'G'Li, T. S. S., Mamarasulovich, R. Z. U. B., & O'G'Li, E. U. X. (2024). KALSIY TARKIBLI QO 'SHIMCHALAR TARKIBIDAGI ALYUMOGETIT



VA BOKSITDAN GLINOZEMNI AJRATIB OLISH. Строительство и образование, 3, 203-210.

6. Вохидов, Б. Р. & Каюмов, О. А. у., 2023. ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВАНАДИЯ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ (ОВК-ОТРАБОТАННЫЙ ВАНАДИЕВЫЙ КАТАЛИЗАТОР).

7. Каюмов, О. А. & Вохидов, Б. Р., 2023. ИЗУЧЕНИЕ ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ МЕТАЛЛОВ В ОКИСЛЕННЫХ РУД СИЖЖАКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБОГАТИМОСТИ МИНЕРАЛОВ. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 1(2), pp. 79-86.

8. Мамараймов, Ф. Ф., Хасанов, А. С., Вохидов, Б. Р. & Каюмов, О. А., 2023. ЎЗБЕКИСТОН ШАРОИТИДА СУЛФАТ КИСЛОТА ИШЛАБ ЧИҚАРИШ САНОАТИ ЧИҚИНДИЛАРИДАН ВАНАДИЙ БЕШ ОКСИДИНИ АЖРАТИБ ОЛИШ. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 2(01), pp. 46-55.