

## Научная статья

УДК 332.05

DOI: 10.25683/VOLBI.2024.68.1025

Irina Victorovna Boiko

Doctor of Economics,  
Professor of the Economic Department,  
RANEPA St. Petersburg —  
North West Institute of Management  
Saint Petersburg, Russian Federation  
ivboyko@mail.ru

Ирина Викторовна Бойко

д-р экон. наук, профессор кафедры экономики,  
Северо-Западный институт управления — филиал  
Российской академии народного хозяйства  
и государственной службы при Президенте Российской Федерации  
Санкт-Петербург, Российская Федерация  
ivboyko@mail.ru

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ В КОНТЕКСТЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ

5.2.3 — Региональная и отраслевая экономика

**Аннотация.** Сложные геоэкономические и геополитические условия создают значительные риски для экспортноориентированных производств в России, в т. ч. для производства алюминия, как первичного, так и необработанного — глинозема. Несмотря на высокую востребованность изделий из алюминия в различных отраслях экономики, мировая динамика цен на них является понижательной, что создает особые проблемы для производителей, столкнувшихся с одновременным ростом затрат. Кроме того, в структуре мирового производства алюминия всё большую долю занимает производство вторичного алюминия, что связано с ростом экологических требований к данному производству. Российские производители испытывают дополнительное, «санкционное», давление, которое не только создает сложности в поисках рынков сбыта, но и в поставках сырья для производства алюминия. Для преодоления данной проблемы планируется строительство завода по производству глинозема в Ленинградской области. Цель данной статьи — выявить особенности соз-

дания производства глинозема в контексте глобальных тенденций, его значимости для российской экономики, а также с учетом специфических условий в данном конкретном регионе. Для этого анализируются мировые тенденции, связанные с ростом затрат и сокращением объемов производства первичного алюминия в США и в европейских странах. Определяются высокие экологические риски для экономики, а также устанавливается несоответствие производства алюминия региональным сравнительным преимуществам. В заключение обосновывается необходимость перехода от экспортноориентированной к импортозамещающей стратегии — производству конечной продукции из алюминия для удовлетворения внутреннего спроса и замещения импорта.

**Ключевые слова:** промышленная политика, экспортноориентация, импортозамещение, глинозем, мировой рынок алюминия, технологии, экологические проблемы, вторичный алюминий, региональная экономическая стратегия, региональные сравнительные преимущества

**Финансирование:** исследование выполнено в рамках инициативной НИР СЗИУ РАНХиГС, номер в системе ЕГИСУ НИОКТР № 124020100115-5.

**Для цитирования:** Бойко И. В. Региональные аспекты производства алюминия в контексте глобальных тенденций, технологических особенностей и экологических последствий // Бизнес. Образование. Право. 2024. № 3(68). С. 21—26. DOI: 10.25683/VOLBI.2024.68.1025.

## Original article

## REGIONAL ASPECTS OF ALUMINUM PRODUCTION IN THE CONTEXT OF GLOBAL TRENDS, TECHNOLOGICAL FEATURES AND ENVIRONMENTAL IMPACTS

5.2.3 — Regional and sectoral economy

**Abstract.** Geoeconomic and geopolitic instability increases risks for the export led strategy, pursued by Russian companies, including for the production of aluminum, both primary and unprocessed alumina. Despite the high global demand on aluminum in various industries, its world prices are declining, which creates problems for its producers, who are faced with rising production costs. In addition, aluminum recycling is playing an increasing role under the growing environmental requirements. Furthermore, Russian aluminum producers are experiencing global economic pressure in the form of imposed sanctions, which makes it difficult not only to export product but also to import raw materials for its production. To solve that problem, it is planned to build an alumina refinery in the Leningrad region. The purpose of this article is to identify the specifics of creating alumina production in the context of global

trends, its importance for the Russian economy, and taking into account the specific conditions in this particular region. For this purpose, global trends related to the growth of costs and reduction of primary aluminum production in the USA and in European countries are analyzed. High environmental risks for the economy are identified, and the inconsistency of aluminum production with regional comparative advantages is established. In conclusion the need to revise the strategy for aluminum production in Russia from export led to import substitution, aimed at satisfying primarily domestic demand, is justified.

**Keywords:** industrial policy, export-led business, import substitution business, alumina, world aluminum market, technologies, environmental degradation, recycled aluminum, strategy of regional economic development, regional comparative advantage

**Funding:** The study was carried out within the framework of the initiative research program at North West Institute, branch of RANEP, USISU R&D No. 124020100115-5.

**For citation:** Boiko I. V. Regional aspects of aluminum production in the context of global trends, technological features and environmental impacts. *Biznes. Obrazovanie. Pravo = Business. Education. Law.* 2024;3(68):21—26. DOI: 10.25683/VOLBI.2024.68.1025.

### Введение

**Актуальность.** Одним из крупнейших инвестиционных проектов на Северо-Западе России является строительство глиноземного завода в Ленинградской области. Первую очередь завода мощностью 2,4 млн т предполагается построить в 2028 г. Строительство завода позволит преодолеть экономические проблемы, с которыми столкнулись производители алюминия, но реализация данного инвестиционного проекта сопряжена со значительными экономическими, экологическими, технологическими проблемами, которые следует учитывать как при планировании, так и при реализации данного проекта. Это определяет целесообразность данной темы исследования.

Для решения практических задач требуется осмысление фундаментальных основ промышленного развития, в т. ч. производства алюминия, чему посвящены работы I. Abdullayev, T. Tadjiev, M. Saparova, D. Brough, H. Jouhara и др. Большую ценность для выполнения исследования имели результаты анализа экологических особенностей производства алюминия, его ресурсного обеспечения, экологических последствий производства первичного алюминия, осуществленного A. Ratvic, R. Mollabasi, H. Alamdari [1]. Изучены некоторые международные инициативы, например по управлению производством и использованием алюминия (*Aluminium Stewardship Initiative; ASI*) [2]. Учтены результаты анализа современных тенденций, складывающихся на мировом рынке алюминия [3, р. 256]. Анализ современных тенденций на рынке алюминия и прогноз его развития до 2030 г. представлен экспертами Всемирного экономического форума [4]. Перспективы экспортоориентированной стратегии развития отрасли анализируют китайские ученые S. Li, T. Zhang, обосновывая необходимость ее пересмотра в связи с высокой нагрузкой на окружающую среду [5].

**Цель** исследования состоит в обосновании необходимости учета особенных региональных сравнительных преимуществ при разработке и реализации крупных инвестиционных проектов, целесообразность которых должна соотноситься с общемировыми тенденциями. **Задачи** исследования включают: технико-экономический анализ производства алюминия, определение общемировых тенденций в данном рыночном сегменте, выявление экологических особенностей производства алюминия, определение особенностей позиционирования России на мировом рынке алюминия, анализ причин размещения производства алюминия в Ленинградской области и определение его соответствия региональным сравнительным преимуществам.

**Научная новизна** исследования определяется представлением критериев определения перспективности отдельных направлений промышленного развития с учетом внешних (экзогенных) и внутренних (эндогенных) факторов, глобальных технологических трендов, экологических рисков, ограничений для экспортоориентированного развития и ключевого значения импортозамещения, а также значимости учета региональных сравнительных преимуществ при размещении промышленных объектов на конкретной территории.

**Теоретическая значимость** исследования состоит в развитии теории промышленного развития, формировании кри-

териев определения структурно-неперспективных отраслей и обосновании теоретических подходов к определению целесообразности их размещения на конкретной территории.

**Практическая значимость** данной работы состоит в обосновании факторов риска при размещении производства алюминия на конкретной российской территории.

### Основная часть

**Методология.** Методологически данное исследование основано на авторских разработках принципов и механизмов промышленной политики, выбора таргетированных отраслей, определения условий для их развития, а также вопросов регионального экономического и технологического развития. В основе исследования — понимание промышленной политики как политики, направленной на «решение задачи адаптации экономической системы к новым внутренним и внешним устойчивым и долгосрочным условиям за счет изменения структуры ее промышленности» [6, с. 140]. Принципиальное значение имеет понимание того, что «регионализация (локализация) современного развития является общемировой тенденцией» [7, с. 106]. При этом следует стремиться к повышению специализации промышленности регионов на основе рационального использования сравнительных преимуществ [8].

**Результаты. Мировое производство глинозема: тенденции и факторы.** Для получения алюминиевых слитков из бокситов используются три основных процесса: процесс Байера для получения глинозема из боксита; процесс изготовления анодов для производства электродов и процесс плавки по технологии Холла — Эру [9]. Глинозем является сырьем для производства алюминия — одного из наиболее востребованных на мировом рынке металлов. В основе процесса производства алюминия используется электролиз растворенного оксида алюминия в электролитах на основе расплавленного криолита ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), который был изобретен в 1886 г. [1]. Для производства 1 т алюминия требуется около 2 т глинозема, что, в свою очередь, требует переработки около 4—5 т бокситов. Важно подчеркнуть, что алюминий является промежуточной продукцией, используемой для производства конечной промышленной продукции и, следовательно, зависит от конъюнктуры на этих рынках. Это оказывает влияние на производство глинозема — сырья для производства первичного алюминия. Мировыми потребителями алюминия являются следующие отрасли: строительство (25 %), транспорт (23 %), электроэнергетика (12 %), производство машин и оборудования (11 %), производство фольги (9 %), производство упаковочных материалов (8 %) и др.

Мировой рынок алюминия не является стабильным. Ситуация на рынке цветных металлов, сегментами которого являются рынки первичного алюминия, в значительной степени зависит от финансовой ситуации, а также от динамики затрат на энергоносители. При этом импорт и экспорт алюминия необработанного подвержен резким колебаниям спроса и цен [2]. В течение последних лет происходит снижение мировых цен на алюминий. В 2023 г. понижительная динамика мировых цен на алюминий сохранилась. «В первом полугодии 2023 г. цена на алюминий на Лондонской

бирже металлов снизилась на 264 долл./т до 2 096,5 долл./т. Это стало минимальным значением с сентября 2022 г., при том что в середине января 2023 г. цена достигала отметки в 2 636 долл./т» ([https://rusal.ru/press-center/press-releases/Master\\_RUSAL\\_2023HIR\\_RUS\\_11-08-23%20Final.pdf](https://rusal.ru/press-center/press-releases/Master_RUSAL_2023HIR_RUS_11-08-23%20Final.pdf)). Причем падение цены на алюминий началось еще в 2018 г. (временный рост в 2021—2022 гг. был связан с восстановлением рынков после коронавирусной пандемии).

Особенную сложность для производителей алюминия представляет ситуация «ножниц цен», которая сформировалась в результате падения цен на алюминий на мировом рынке при одновременном росте затрат на его производство. Поскольку западные производители не раскрывают информацию о своих затратах, то можно затратить российской компании *UC Rusal*, которая зафиксировала их рост на приобретение глинозема в 2022 г. в 149,3 % — до 1,8 млрд долларов США — по сравнению с 2021 г. Себестоимость тонны алюминия выросла на 31,8 %, до 2 325 долларов США.

Данная ситуация несет угрозу стабильному развитию российского производителя алюминия — компании *UC Rusal*, которая в результате санкций потеряла около 40 % алюминиевого рынка (на данную компанию приходится более 90 % производства алюминия в России и 5,4 % его мирового производства). Одной из проблем для *UC Rusal* является сырьевая проблема — прекращение поставок глинозема от основных поставщиков, расположенных в Украине и Австралии, откуда поступало около 30 % глинозема. Осуществленное в этих условиях частичное замещение сырья поставками из Казахстана и Китая неспособно создать для российского производства алюминия «подушку сырьевой безопасности», поэтому остро встал вопрос о собственном производстве глинозема.

В решении проблемы замещения импорта глинозема его российским производством заинтересовано и российское правительство, поскольку в компании занято около 60 тыс. чел. (по данным за 2021 г.) и она является одним из крупнейших российских налогоплательщиков. Поэтому строительство глиноземного завода в Ленинградской области должно решить важнейшую проблему импортозамещения сырья для производства алюминия.

**Региональный аспект производства алюминия: Ленинградская область.** В Ленинградской области планируется построить не только крупнейший в стране завод по производству глинозема, но и мощности для хранения до 30 тыс. т глинозема и до 200 тыс. т бокситов, а также место для приема танкеров с каустической содой в объеме до 100 тыс. т/г. Для этого планируется построить глубоководный порт с соответствующей инфраструктурой и терминалом.

По многим параметрам Ленинградская область обладает рядом благоприятных условий. Прежде всего это транспортно-логистические преимущества региона, особенно выход к морским транспортным артериям (включая использование Северного морского пути) и наличие универсального морского порта — Усть-Луга. Это важно для производства глинозема, поскольку оно связано как с поставками бокситов — сырья для производства глинозема, — которое планируется поставлять преимущественно из Гвинеи по морю, так и с экспортом готовой промышленной продукции — глинозема — преимущественно в Китай. В регионе также расположены принадлежащие *UC Rusal* Бокситогорский и Пикалевский глиноземные заводы.

Другим преимуществом региона является наличие относительно дешевых энергоресурсов в необходимых

объемах. Этот фактор определяет расположение глиноземного завода, поскольку его производство является высокоэнергетозатратным (доля затрат на энергоносители при производстве алюминия составляет около 38 %). Обеспеченность трубопроводным газом, а также расположенная неподалеку Ленинградская АЭС (суммарная установленная мощность которой составляет 4 337,6 МВт) создают высокую привлекательность данной локации для размещения глиноземного завода. Поскольку, как отмечают зарубежные ученые D. Brough и H. Jouhara [10], производство алюминия требует использования значительных объемов водных ресурсов, то и данным ресурсом Ленинградская область обладает в достаточном количестве.

Производство глинозема достаточно трудоемко. В решении вопроса обеспечения трудовыми ресурсами данного производства Ленинградская область имеет особенную привлекательность. Численность населения региона составляет около 2 млн чел., численность населения г. Санкт-Петербурга — около 5 млн чел., в то время как предполагаемая численность занятых на глиноземном заводе составляет 7,5 тыс. чел.

Создание новых рабочих мест, а также рост доходной части регионального бюджета создает привлекательность данного производства для Ленинградской области.

**Проблемы и ограничения для производства необработанный алюминия в Ленинградской области.** Данный проект сопряжен с различными рисками. Рассмотрим их более подробно.

• **Геополитические и геоэкономические риски.** Согласно статистике, производство первичного алюминия в России в 2021 г. составило 3,7 млн т, что составило 5,4 % общемирового, из которых более 80 % пришлось на экспорт. Поскольку производство алюминия в России является экспортноориентированной отраслью, то это предопределяет высокие риски со стороны сбыта продукции на зарубежных рынках. Прежде всего это падение цен на алюминий при одновременном росте затрат. Как отмечает X. Chen, «с 2018 года большие колебания цен на алюминий оказали влияние на экономику, а также на связанную с ней производственную цепочку» [11, р. 137]. Как реакция на данную негативную ситуацию, девять европейских алюминиевых заводов совокупной производительностью 1,63 млн т/г. объявили о ежегодном сокращении объемов производства алюминия примерно на 1 млн т начиная с IV квартала 2021 г. Прогнозируется, что по сравнению с 2021 г. производство алюминия в 2024 г. в Европе сократится на 2,8 млн т. Очевидно, менеджмент данных компаний оценил высокие риски поддержания существующих объемов производства.

Кроме того, на мировом рынке, во многом по экологическим причинам, происходит постепенное замещение первичного алюминия вторичным, т. е. алюминием, полученным не из рудного сырья, а из металлолома и отходов. В 2023 г. мировое производство вторичного алюминия достигло 28,3 млн т, «вторичный алюминий становится более привлекательным ввиду своих экономических и экологических преимуществ» [10].

Алюминий легко поддается переработке и может использоваться вторично неограниченное число раз. Переработанный алюминий, полученный из металлолома, производится с 95 % экономии энергии, необходимой для производства первичного алюминия [12]. В то время как для производства 1 т первичного алюминия требуется около 14 тыс. кВт·ч электроэнергии, всего 5 % от этого идет на переплавку металла и производство 1 т вторичного алюминия. Разницы в качестве

между первичным и вторичным алюминием практически нет. Переработка 1 кг алюминия экономит 8 кг бокситов, 4 кг химикатов и 14 кВт·ч электроэнергии. Объем выбросов вредных веществ в атмосферу значительно снижается благодаря установлению новых сухих газоочистных сооружений, способных поглотить почти 99 % фтороводорода и не менее 97 % смолистых веществ и бензапирена [13]. По данным *International Aluminium Institute*, «более 1/3 всего мирового производства алюминия в настоящее время составляет переработка вторичного сырья, металлолома» (<https://international-aluminium.org/wp-content/uploads/2021/09/Global-Aluminium-Recycling.pdf>). В странах Евросоюза доля вторичного сырья в автопроме и строительстве достигает 90—95 %, в алюминиевой банке — 74 %, а в целом в упаковке — 60 %.

В России собирается и перерабатывается более 600 тыс. т алюминиевого лома, т. е. около 15,7 % всего производства (согласно расчетам на 2021 г., когда было произведено 3,8 млн т алюминия). Иными словами, российское производство алюминия не соответствует мировой тенденции.

Риски со стороны спроса дополняются существенными рисками со стороны предложения сырья. В России нет крупных месторождений бокситов, поэтому большую часть сырья для своих металлургических заводов *UC Rusal* получает из-за рубежа. В 2018 г. компания ввела в эксплуатацию рудник мощностью 3 млн т бокситов в год на месторождении Диан-Диан в Республике Гвинея. Однако следует учитывать то, что политическая ситуация в Гвинее нестабильна. В 2021 г. в этой стране произошел военно-политический переворот, что привело к временному прекращению отгрузки бокситов в Россию из порта Комсар.

• Структурные риски. Российское производство алюминия ориентировано на экспорт прежде всего в Китай. В 2022 г. китайский импорт необработанных сплавов из России увеличился на 71 % по сравнению с 2021 г., что сделало нашу страну крупнейшим поставщиком для Китая за пределами Азии. Кроме того, в 2022 г. поток необработанных сплавов из России в Китай стал крупнейшим мировым потоком по группе товаров «алюминий необработанный» (1,47 % мирового экспорта, или 1,32 млрд долларов США).

Россия также алюминий импортирует из Китая. Причиной «встречных» экспортно-импортных потоков является различие их структуры. Согласно *The Observatory of Economic Complexity (OEC)*, в 2021 г. (до возникновения санкционной «ненормальности») Россия экспортировала в Китай алюминий необработанный (7601 по коду ТН ВЭД); а импортировала металлоконструкции алюминиевые (7610 по коду ТН ВЭД); плиты, листы, полосы или ленты алюминиевые толщиной более 0,2 мм (7606 по коду ТН ВЭД); прутки и профили алюминиевые (7604 по коду ТН ВЭД); изделия столовые, кухонные и прочие изделия для бытовых нужд и их части из алюминия (7615 по коду ТН ВЭД) и прочие изделия из алюминия (7616 по коду ТН ВЭД) (<https://oec.world/en/profile/bilateral-country/rus/partner/chn>). Иными словами, в экспорте алюминия в Китай преобладал «алюминий необработанный», а в российском импорте преобладали изделия из алюминия, что свидетельствует о структурном дисбалансе во внешней торговле России по данной группе товаров.

О структурных диспропорциях в производстве алюминия и изделий из него свидетельствует и ценовые различия. Так, реализация глинозема компанией *UC Rusal* в 2021 г. составила 1 677 т по средней цене реализации 364 доллара США/т, а реализация первичного алюминия и сплавов

составила 3 904 т по средней цене реализации 2 553 доллара США/т. Иными словами, замещение алюминия необработанного (составляющего менее половины в структуре реализации продукции) первичным алюминием и изделиями из него способно значительно повысить доходы компании и, следовательно, уровень рентабельности производства.

В то же время внутреннее потребление алюминия в России составило в 2021 г. 1,547 млн т (часть этой потребности, как уже было отмечено, покрывалась за счет китайского импорта), т. е. почти в 3 раза меньше, чем объем производства первичного алюминия и сплавов из него компанией *UC Rusal*. Переход от стратегии экспортоориентации к стратегии импортозамещения готовой продукции мог бы не только сократить расходы на импорт, снизить внешне-торговые риски, но и сократить спрос на сырье, которое Россия ввозит из других стран мира.

• **Экологические риски и несоответствие «региональным сравнительным преимуществам».** В процессе реализации проекта по строительству и запуску в эксплуатацию глиноземного завода в Ленинградской области данный регион столкнется с существенными экологическими рисками.

Как утверждают российские эксперты, при производстве первичного алюминия «наиболее опасное для окружающей среды образование отходов происходит на стадии получения глинозема из бокситов, а выделение вредных газов образуется в основном на стадии электролиза глинозема» [14, с. 351]. Для завода мощностью 4,8 млн т/г. требуется ввозить порядка 13 млн т сырья — бокситов. Заявленная технология ультрасухого складирования подразумевает возникновение шламовых полей — шламохранилищ. Прирост объемов шлама составит до 8 млн т/г., а шламовая пыль будет покрывать местность в радиусе 50 км, это склон Балтийско-Ладожского уступа: в 10 км — Ленинградская АЭС, рядом — два заказника, две особо охраняемые природные территории, 30 предприятий агросектора федерального и регионального значений — здесь производят мясо, молоко, выращивают овощи, 250 садово-некоммерческих товариществ, тысячи личных подсобных хозяйств. Поэтому строительство глиноземного завода приведет к серьезным проблемам в развитии аграрно-промышленного комплекса региона. В бюджете Ленинградской области увеличатся расходы на восстановительное природопользование. А, как утверждают российские авторы, «разрушение экосистемы региона приводит к нарушению жизнеобеспечения населения в зоне ответственности добывающей компании, в результате возникнут конфликты с местным населением» [2].

Нельзя исключать и возникновения нештатных ситуаций. Такая ситуация, к примеру, возникла в Венгрии в 2010 г. в результате аварии на алюминиевом заводе *Ajkai Timfoldgyar*, где после продолжительных дождей произошел прорыв хранилища продуктов выработки глинозема и разлив оксида железа. Около 1 млн м<sup>3</sup> токсичной красной рекой затопили ближайшие 7 городов. Пострадали около 7 тыс. чел., погибли 4 чел., число раненых достигло 140, пришлось эвакуировать 400 чел.

Немаловажным обстоятельством, ставящим под сомнение целесообразность строительства глиноземного завода в Ленинградской области, является и то, что это решение противоречит «региональным сравнительным преимуществам». Основным, базовым ресурсом для производства глинозема является сырье — бокситы, которое в Ленобласти

отсутствует. Мировая практика показывает, что крайне рискованно создавать производство, зависимое от импорта сырья, особенно в условиях высокой турбулентности мировой экономики. В производстве глинозема планируется задействовать значительные по численности трудовые ресурсы, «дешевый труд» (что является одним из условий конкурентоспособности производимой продукции). В этой связи следует помнить о кризисной ситуации, сложившейся на Пикалевском глиноземном заводе (также расположенном в Ленинградской области) в 2008 г., когда низкие (в т. ч. по причине сдерживания роста затрат и цен на конечную продукцию) зарплаты привели к масштабному протесту рабочих и их «бегству» в соседний г. Тихвин, где уровень оплаты труда был выше.

### Выводы

В условиях, когда мировая экономика в силу циклического спада и геополитических угроз создает существенные риски для российских компаний, продукция которых ориентирована на экспорт, ключевое значение приобретает реализация политики импортозамещения. Поэтому следование стратегии экспортоориентации и попытки сохранения доли мирового рынка «любой ценой» может создавать угрозы стабильному развитию российской экономики в целом и российских регионов в частности.

Экспортные перспективы алюминия представляются сомнительными ввиду геополитических факторов, общемировой тенденции локализации бизнес-процессов, высоких экологических требований к производству алюминия и усиления тенденции к замещению первичного алюминия вторичным. Снижение привлекательности алюминиевой промышленности как экспортной подчеркивают китайские ученые: «За последние несколько десятилетий китайская алюминиевая промышленность добилась роста экспорта алюминиевой продукции. Однако этот рост сопровождается высокими экологическими издержками. Китайской алюминиевой промышленности необходимо завершить переход от экспорта дешевого сырья к производству высококачественной алюминиевой продукции» [5, р. 1482].

Что касается перспектив переориентации производства алюминия на внутренний рынок, то здесь спрос рас-

тет в т. ч. и по причине начавшейся реиндустриализации — восстановления российской промышленности. Даже существующий внутренний спрос на алюминий — 1 547 млн т/г. — может вполне обеспечиваться продукцией российских производителей. Но здесь следует учитывать следующие важные обстоятельства:

- в объемах производства должна расти доля вторичного алюминия (что приведет к снижению зависимости от импорта сырья для производства глинозема — бокситов); это также позволит сократить масштабы экологических проблем [15];

- производство вторичного алюминия в совокупности с производством первичного алюминия, произведенного на основе собственного сырья (около 3 млн т/г.), может вполне удовлетворить внутренние потребности в алюминии в России (мощности в производстве цветных металлов, к которым относятся медь и алюминий, в основном избыточны);

- необходимо постепенно повышать уровень технологической глубины переработки сырья, что приведет к росту добавленной стоимости, следовательно, к росту доходов компаний и налоговых поступлений в бюджеты различных уровней; должна быть реализована политика импортозамещения — замещения импорта готовой продукции из алюминия его собственным производством, а не замещения сырья его импортом;

- определить территориально-пространственные вопросы размещения производства алюминия возможно за счет модернизации уже существующих производственных мощностей, а перерабатывающие производства должны быть как можно ближе расположены к источникам сырья.

### Заключение

Таким образом, важно разработать импортозамещающую политику в алюминиевом производстве, определить технологические ориентиры в ее развитии, связанные как с ресурсосбережением и необходимостью соответствия экологическим стандартам, так и в соответствии с особенностями «региональными сравнительными преимуществами», которыми обладает российский регион, в котором предполагается его размещение.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ratvic A. P., Mollabbasi R., Alamdari H. Aluminium production process: from Hall-Héroult to modern smelters // *ChemTexts*. 2022. Vol. 8. Art. 10. DOI: 10.1007/s40828-022-00162-5.
2. Матевосова К. Л., Грязнова В. А., Чазов Т. К. Экологические проблемы и устойчивое развитие алюминиевой промышленности // *Отходы и ресурсы*. 2019. Т. 6. № 2. DOI: 10.15862/11ECOR219.
3. Modern trends and challenges of development of global aluminum industry / M. N. Dudin, N. A. Voykova, E. E. Frolova et al. // *Metalurgija*. 2017. Vol. 56. No. 1—2. Pp. 255—258.
4. Aleksić J., Boergo Vargas D. Aluminium demand will rise 40% by 2030. Here's how to make it sustainable // *World Economic Forum*. Nov. 23, 2023. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2023/11/aluminium-demand-how-to-make-it-sustainable/> (дата обращения: 24.04.2024).
5. Li S., Zhang T. The Development Scenarios and Environmental Impacts of China's Aluminum Industry: Implications of Import and Export Transition // *Journal of Sustainable Metallurgy*. 2022. Vol. 8. Iss. 4. Pp. 1472—1484. DOI: 10.1007/s40831-022-00582-0.
6. Бойко И. В. *Фундаментальные основы инновационной экономики (методологический, исторический и эмпирический контекст)*. М. : Макс-Пресс, 2005. 308 с.
7. Бойко И. В. *Основы инновационного развития и новой экономики*. СПб. : Ун-т ИТМО, 2015. 120 с.
8. Abdullayev I., Tadjiev T., Saparova M. Evaluation Factors of Industrial Production in the Region // *E3S Web of Conferences*. 2023. Vol. 449. Art. 01002. DOI: 10.1051/e3sconf/202344901002.
9. Alamdari H. Aluminium Production Process: Challenges and Opportunities // *Metals*. 2017. Vol. 7. Iss. 4. Art. 133. DOI: 10.3390/met7040133.
10. Brough D., Jouhara H. The aluminium industry: A review on state-of-the-art technologies, environmental impacts and possibilities for waste heat recovery // *International Journal of Thermofluids*. 2020. Vol. 1—2. Art. 100007. DOI: 10.1016/j.ijft.2019.100007.

11. Chen X. Factor Analysis and Influence of Aluminum Price // *BCP Business & Management*. 2023. Vol. 44. Pp. 137—143. DOI: 10.54691/bcpbm.v44i.4804.
12. Das S. K., Yin W. The worldwide aluminum economy: The current state of the industry // *JOM*. 2007. Vol. 59. Iss. 11. Pp. 57—63. DOI: 10.1007/s11837-007-0142-0.
13. Колчина И. Пути снижения негативного влияния производства алюминия в России на окружающую среду // Студенческий научный форум — 2011 : III Междунар. студ. науч. конф. 2011. URL: <https://scienceforum.ru/2011/article/2011001160> (дата обращения: 24.04.2024).
14. Красников А. В., Онищенко С. А. Экологические аспекты производства алюминия // *Металлургия XXI столетия глазами молодых : сб. докл. V Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и студентов*. Донецк : Донец. нац. техн. ун-т, 2019. С. 349—352.
15. Padamata S. K., Vasinskiy A., Polyakov P. A review of secondary Aluminium production and its byproducts // *JOM*. 2021. Vol. 73. Iss. 9. Pp. 2603—2614. DOI: 10.1007/s11837-021-04802-y.

## REFERENCES

1. Ratvic A. P., Mollabbasi R., Alamdari H. Aluminium production process: from Hall–Héroult to modern smelters. *ChemTexts*. 2022;8:10. DOI: 10.1007/s40828-022-00162-5.
2. Matevosova K. L., Gryaznova V. A., Chazov T. K. Environmental problems and sustainable development of aluminium industry. *Otkhody i resursy = Russian journal of resources, conservation and recycling*. 2019; 6(2). (In Russ.) DOI: 10.15862/11ECOR219.
3. Dudin M. N., Voykova N. A., Frolova E. E. et al. Modern trends and challenges of development of global aluminum industry. *Metallurgiya*. 2017;56(1—2):255—258.
4. Aleksić J., Boergo Vargas D. Aluminium demand will rise 40% by 2030. Here’s how to make it sustainable. *World Economic Forum*. Nov. 23, 2023. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2023/11/aluminium-demand-how-to-make-it-sustainable/> (accessed: 24.04.2024).
5. Li S., Zhang T. The Development Scenarios and Environmental Impacts of China’s Aluminum Industry: Implications of Import and Export Transition. *Journal of Sustainable Metallurgy*. 2022;8(4):1472—1484. DOI: 10.1007/s40831-022-00582-0.
6. Boiko I. V. Basic principles of the innovation-driven economy: methodological, historic and empirical context. Moscow, Maks-Press, 2005. 308 p. (In Russ.)
7. Boiko I. V. The foundation of the innovation driven development and the new economics. Saint Petersburg, ITMO University publ., 2015. 120 p. (In Russ.)
8. Abdullayev I., Tadjiev T., Saparova M. Evaluation Factors of Industrial Production in the Region. *E3S Web of Conferences*. 2023;449:01002. DOI: 10.1051/e3sconf/202344901002.
9. Alamdari H. Aluminium Production Process: Challenges and Opportunities. *Metals*. 2017;7(4):133. DOI: 10.3390/met7040133.
10. Brough D., Jouhara H. The aluminium industry: A review on state-of-the-art technologies, environmental impacts and possibilities for waste heat recovery. *International Journal of Thermofluids*. 2020;1—2:100007. DOI: 10.1016/j.ijft.2019.100007.
11. Chen X. Factor Analysis and Influence of Aluminum Price. *BCP Business & Management*. 2023;44:137—143. DOI: 10.54691/bcpbm.v44i.4804.
12. Das S. K., Yin W. The worldwide aluminum economy: The current state of the industry. *JOM*. 2007;59(11):57—63. DOI: 10.1007/s11837-007-0142-0.
13. Kolchina I. The main directions for decreasing the negative environmental consequences of the aluminum production. *Studencheskii nauchnyi forum — 2011 = Student Scientific Forum — 2011. III international student scientific conference*. 2011. (In Russ.) URL: <https://scienceforum.ru/2011/article/2011001160> (accessed: 24.04.2024).
14. Krasnikov A. V., Onishchenko S. A. The ecological aspects of aluminum production. *Metallurgiya XXI stoletiya glazami molodykh = Metallurgy of the XXI century through the eyes of the young. Collection of reports of the V international scientific and practical conference of young scientists and students*. Donetsk, Donetsk National Technical University publ., 2019:349—352. (In Russ.)
15. Padamata S. K., Vasinskiy A., Polyakov P. A review of secondary Aluminium production and its byproducts. *JOM*. 2021;73(9):2603—2614. DOI: 10.1007/s11837-021-04802-y.

Статья поступила в редакцию 10.05.2024; одобрена после рецензирования 12.06.2024; принята к публикации 25.06.2024.  
The article was submitted 10.05.2024; approved after reviewing 12.06.2024; accepted for publication 25.06.2024.