



Металлургия

Пятница 19 декабря 2025 №235 (8167 с момента возобновления издания)

kommersant.ru

14 Об опыте внедрения в отечественной алюминиевой индустрии уникальной производственной системы

16 В ближайшие четверть века мировое ежегодное потребление алюминия вырастет на 25–125 млн тонн

16 Промышленный выпуск самого «зеленого» алюминия в мире стартует в 2026 году на Красноярском алюминиевом заводе

Цветные металлы на американских горках

Первая половина 2026 года обещает сохранить текущие тенденции на рынке цветных металлов. Спрос на большую их часть продолжит расти, а предложение будет бороться за соответствующий рост. Сохраняющиеся дефициты по основным металлам создадут базу для дальнейшего роста цен, тогда как рынки продолжат умеренное снижение. На горизонте видны очевидные риски, связанные с возможностью появления дефицита в случае чрезвычайных ситуаций или технических сбоев. На рынке цветных металлов в 2026 году эксперты предполагают умеренно позитивный прогноз, предвещающий высокие цены и возможность их роста. Однако без детализации о перспективах каждого металла.

— тенденции —

Панические закупки меди

8 декабря 2025 года цены на медь установили новый исторический максимум, достигнув уровня \$11 771 за тонну на Лондонской бирже металлов (LME). Основной причиной столь значительного роста стали серьезные перебои в поставках меди на мировой рынок. Например, аварии на крупных рудниках, таких как индонезийский «Грасберг», существенно снизили объемы добычи, вызвав дефицит предложения. Эта ситуация привела к паническим покупкам, поскольку участники рынка стремились обеспечить себе запасы меди перед возможным ухудшением ситуации.

Кроме того, важную роль сыграл фактор возможных политических решений, в частности слухи о введении Соединенными Штатами таможенных пошлин на импорт меди. Такие меры могли бы ограничить доступ других стран к этому ресурсу, создавая дополнительный риск дефицита. Все это усилило нестабильность на рынке и способствовало росту цен.

Дополнительным фактором, поддерживающим высокие цены на медь, является устойчивый рост спроса на этот металл, вызванный развитием технологий. Особенно заметно влияние экологических инициатив, направленных на расширение использования возобновляемых источников энергии и производство электромобилей. Электромобильная отрасль требует значительных объемов меди для изготовления аккумуляторов и двигателей, что дополнительно стимулирует рост потребления.

Хотя рынок периодически испытывает кратковременные коррективы, общий ценовой тренд остается положительным. Инвесторам и производителям рекомендуется внимательно следить за ситуацией, учитывая возможные изменения в регулировании торговли и дальнейший рост спроса на медь в связи с переходом к экологически чистым технологиям.

Потребление меди в 2025 году выросло на 5%, а к 2026 году планируется увеличение еще на 8–10%.

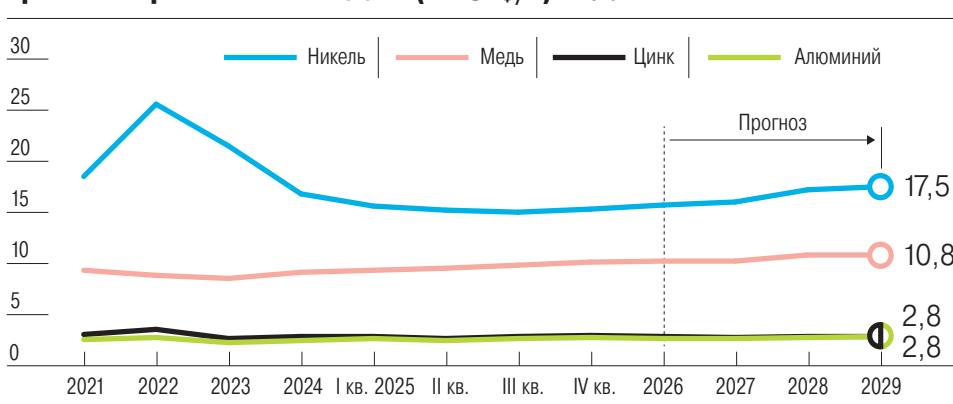
Огромное давление

С начала 2025 года цена на алюминий значительно выросла, увеличившись на 6,9% по сравнению с предыдущим кварталом и на 9,9% относительно аналогичных значений 2024 года. Этому способствовали поддержка экономических мер Китая, страхи относительно новых тарифов США и ограничение предложения в Европе. Сообщения о трудностях с поставками бокситов из Гвинеи добавили дополнительное давление на рынок, усилив эффект роста цен, прогнозируют аналитики Керт. Дефицит алюминия продолжает нарастать из-за насыщения китайского рынка и жестких регуляторных рамок.

Напротив, некоторые металлы, такие как никель, испытывали противоположную ситуацию — избыток предложения, обусловленный резким увеличением добычи в Индонезии и Китае.

В отличие от многих других металлов, никель переживал непростые времена. Его цена упала на 1% относительно второго квартала и на целых 7,7% по сравнению с третьей четвертью 2024 года. Основная причина заключается в избыточном предложении на рынке, спровоцированном резким увеличением объемов добычи в Индонезии. Многие крупные производители сталкиваются с затруднениями, и половина мирового производства никеля оказывается нерентабель-

ЦЕНЫ НА ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ (ТЫС. \$/Т) ИСТОЧНИК: КЕРТ.



ной. Некоторые надеются на восстановление равновесия спроса и предложения, но консенсус-показатели предполагают диапазон цен \$15,3–16 тыс. за тонну.

После некоторого снижения цены на цинк снова пошли вверх, демонстрируя рост на 7% по сравнению с предыдущим кварталом и на 1,7% относительно 2024 года. Замедленное производство рафинированного цинка и усложненная обстановка на перерабатывающих предприятиях создали дефицит на рынке. Благодаря активным действиям поставщиков в России и Китае цены смогли восстановить утраченные позиции, достигнув ориентировочного уровня \$2,8 тыс. за тонну.

Все опрошенные эксперты едины в своем выводе: рынок цветных металлов испытывает огромное давление из-за геополитических конфликтов, ограничений и трудностей с ресурсами.

Вклад в волатильность

В 2025 году рынок цветных металлов отличался повышенной волатильностью, отражавшей совокупность множества факторов. Одним из основных катализаторов рынка цветных металлов был непредсказуемый торговый климат, обусловленный во-

выми пошлинами и торговыми войнами, особенно со стороны США.

Дмитрий Смолин, руководитель направления по работе с драгоценными металлами УК «Ингосстрах-Инвестиции», отметил, что апрель 2025 года запомнился повышением американских импортных пошлин на металлы, создавшим хаотичность на глобальном рынке. Другие элементы неопределенности включали экономическую нестабильность, инфляцию и ухудшение макроклимата, что в купе приводило к интенсивным колебаниям цен.

Еще одним ключевым фактором стал дефицит и перебои в поставках металлов.

Расмотрев рыночную ситуацию глубже, эксперт Института мировой экономики и бизнеса экономического факультета РУДН Хаджимурат Белхароев подчеркнул, что рынок цветных металлов столкнулся с целым комплексом проблем. Пандемия и последующее ужесточение американской тарифной политики разрушили устойчивый баланс на рынке. Усугубляющими факторами стали высокая стоимость энергоресурсов, неравномерность спроса и предложения, географические особенности расположения важнейших рудников и недостаток качественных ресурсов.

Спекуляции и активное участие инвестиционных фондов также внесли вклад в высокую волатильность. В частности, объемы длинных спекулятивных позиций по алюминию на Лондонской бирже металлов выросли до рекордных уровней — более 130 тыс. контрактов, что соответствует примерно 5 млн тонн металла. Подобные спекулятивные маневры усиливали колебания цен и привлекали дополнительное внимание к отраслевым вопросам.

В региональном разрезе наибольшие проблемы с удовлетворением спроса возникли в Европе и Северной Америке. Европу поразил острый дефицит алюминия, особенно качественного, «зеленого» продукта, что было обусловлено ограничениями на выплавку и перебоями с поставками электроэнергии. Севе-

роамериканский рынок столкнулся с подобными трудностями, усугубленными внутренними ограничениями и торговыми препонами. Китай и другие азиатские страны менее зависимы от внешнего металла, но испытывают собственные локальные проблемы с сырьем.

Вопросы несоответствия спроса и предложения также оставались острыми. Медленно реагирующее предложение стало следствием ограниченной способности увеличить производство в нужных количествах. Например, рост спроса на медь и алюминий, связанный с глобальным энергопереходом и развитием электротранспорта, превращал способность рынка удовлетворить его.

Аналитики Керт подчеркивают сложную обстановку на рынке цветных металлов, отмечая значительные колебания цен и внешние воздействия. Вместе с тем многие категории демонстрируют хорошие шансы на продолжение роста в предстоящие годы, главным образом из-за постоянного роста промышленного спроса и влияния геополитических факторов.

Сохранить текущие тенденции

Оценивая рынок цветных металлов на 2026 год, начальник отдела кредитного анализа и макроэкономики ООО «РСХБ Управление активами» Павел Паевский подчеркивает замедление роста по сравнению с 2024–2025 годами, однако рынок сохраняет устойчивость благодаря усилиям по реализации программы «зеленого» перехода и цифровой трансформации. Российский сектор рынка, по мнению Павла Паевского, продолжит ориентироваться преимущественно на Азиатско-Тихоокеанский регион и Ближний Восток, сталкиваясь с препятствиями в виде санкций, логистических ограничений и затрудненным доступом к финансированию крупных инвестиционных проектов.

Первая половина 2026 года обещает сохранить текущие тенденции: спрос на большую часть металлов продолжит расти, а предложение будет бороться за соответствующий рост. Сохраняющиеся дефициты по основным металлам создадут базу для дальнейшего роста цен, тогда как рынки продолжат умеренное снижение. На горизонте видны очевидные риски, связанные с возможностью появления дефицита в случае чрезвычайных ситуаций или технических сбоев.

Крупные консалтинговые фирмы предлагают умеренно позитивный прогноз на 2026 год, предвещая сохранение высоких цен и возможность их дальнейшего роста в силу специфики структуры спроса и предложения. Однако отсутствие детализированных выводов не позволяет сформировать четкое представление о конкретных перспективах каждого металла.

Полина Трифонова

Черная металлургия ушла в красную зону

— акции —

Акции компаний российского горно-металлургического сектора в текущем году чувствовали себя примерно так же, как и рынок в целом. За первые 11 месяцев 2025 года индекс Московской биржи потерял 7,2%, индекс металлов и добычи за это время ушел в минус на 7,9%. Однако внутри сегмента наблюдалось радикальное расхождение. Если акции ведущих сталеваров рухнули почти на треть, то большинство крупнейших представителей цветной металлургии смогли порадовать инвесторов.

Черная метка

Бумаги крупнейших российских сталелитейных компаний закончили первые 11 месяцев 2025 года с очень близкими и крайне разочаровывающими для инвесторов результатами. Акции «Мечела» за январь—ноябрь подешевели на 33,8%, ММК — на 32,2%, «Северстали» — на 29,8%, НЛМК — на 28,5%.

Основные причины падения — продолжающееся снижение цен и объемов производства стали в России, а также отсутствие дивидендных выплат, считает портфельный управляющий УК «Альфа-Капитал» Дмитрий Скрябин.

Главной проблемой сталеваров, которые ориентируются в основном на внутренний рынок, стало сокращение спроса со стороны отраслей—потребителей стали: строительства, энергетики и машиностроения, говорит аналитик ФГ «Финам» Алексей Калачев. В этих отраслях на фоне высокой ключевой ставки Банка России упала инвестиционная активность, поясняет он, поэтому внутренние цены на сталь снижались практически весь год. А экспорт не смог выступить достаточным подспорьем металлургам из-за санкционных ограничений, дорогой логистики, сильного рубля и низких экс-

портных цен, которые остаются под давлением выросшего китайского экспорта.

«Стальной прокат в большинстве регионов мира дешевел под давлением избыточного предложения из Китая», — рассказывает начальник аналитического отдела УК ПСБ Александр Головцов. — Российские сталевары сильно сократили экспорт с 2022 года, но мировые цены оказывают влияние и на внутрироссийские, препятствуя их повышению. Из-за укрепления рубля превышение цен стального проката на нашем внутреннем рынке над мировыми достигло рекордных величин. И поступает все больше сообщений об увеличении ввоза стали из КНР в Россию». Кроме того, отсутствие снижения внутренних цен в такой ситуации может привлечь внимание ФАС.

Сложности как с внутренним спросом, так и с экспортом пока еще не стали для сталеваров критически значимым фактором. В целом они обладают достаточным запасом устойчивости, чтобы пережить текущий кризис, считает Алексей Калачев. У всех них, за исключением «Мечела», все еще чрезвычайно низкая долговая нагрузка, поясняет он, сталевары не отказываются от реализации своих инвестиционных программ по ремонту и модернизации производства. «Да, прибыль в годовом сопоставлении у компаний черной металлургии сильно упала, но это все же пока прибыль, а не убыток, опять же, так как исключением «Мечела», — заключает Алексей Калачев.

«У компаний черной металлургии наблюдается снижение операционной маржи и чистой прибыли под воздействием высоких затрат и слабого спроса, что ведет к отказу ряда крупных игроков, таких как «Северсталь» и НЛМК, от промежуточных дивидендных выплат в текущем году», — отмечает аналитик «Цифра брокер» Дмитрий Вишневецкий.

Резкое сокращение внутреннего спроса на сталь со стороны строительного сектора

и гражданского машиностроения привело к тому, что сталевары вынуждены были снижать производство, а это отразилось на их рентабельности, рассказывает Александр Головцов. «Свободный денежный поток за девять месяцев 2025 года у «Северстали» и ММК был чуть ниже нуля, у НЛМК за первое полугодие — чуть выше. Это значит, что при текущих условиях компании способны выполнять свои обязательства, но не имеют возможности платить дивиденды», — описывает он перспективы получения дивидендных выплат инвесторами.

Поскольку главной проблемой для спроса на сталь стало поднятие ключевой ставки ЦБ, то перспективы снижения ставки хотя бы до 14%, а лучше до 12% могли бы стать драйвером для восстановления спроса на сталь, улучшения финансовых результатов металлургов и роста стоимости их акций, описывает целевые макроэкономические показатели роста Алексей Калачев. Другим сильным положительным фактором для металлургии, по его мнению, могло бы стать мирное урегулирование российско-украинского конфликта, поскольку оно открыло бы возможность для проектов по восстановлению разрушенной инфраструктуры на новых территориях, что создало бы дополнительный спрос на сталь.

Ставка на цвет

В сегменте наиболее ликвидных бумаг компаний цветной металлургии наилучший результат по итогам первых 11 месяцев 2025 года показали акции «Полоса» — за январь—ноябрь они выросли на 53,1%. Котировки акций «ВСМПО-Ависма» за тот же период прибавили 31,3%, «Норникеля» — 13,4%, бумаги РУСАЛа подешевели на 15,4%.

На акциях компаний цветной металлургии, как и на сталеварах, также сказывались общие негативные факторы — повышение налогов, высокая ключевая ставка, увеличи-

вающая процентные расходы компаний с высокой долговой нагрузкой, крепкий рубль, снижающий рентабельность экспорта, говорит Алексей Калачев. Однако растущие мировые цены на цветные металлы — титан, медь, а также на металлы платиновой группы, которые показали рост вслед за золотом, поддержали динамику акций производителей.

«Для золотодобытчиков год был отличным — им помогли рекордные цены на металл», — говорит Дмитрий Скрябин. То, что акции двух других, кроме «Полоса», торговые на бирже золотодобытчиков не показали соответствующий этим рекордам результатов, он объясняет «корпоративными факторами». Рост бумаг «Норникеля» Дмитрий Скрябин связывает, помимо роста цен на платину, палладий и медь, с сокращением капитальных затрат эмитента. А падение котировок РУСАЛа — с высоким уровнем долговой нагрузки компании в условиях дорогого фондирования, а также с «не слишком большим ростом цен на алюминий — в долларах металл вырос всего на 13% с начала года, что было более чем нивелировано укреплением рубля на 25%».

«Мировые цены на алюминий по сравнению с прошлым годом изменились мало, а рубль в среднем был крепче, чем в 2024 году. Это оказало давление на рентабельность РУСАЛа — так, по итогам первого полугодия 2025 года компания отчиталась об убытке», — отмечает Александр Головцов.

Однако то, что результаты компаний цветной металлургии гораздо лучше, чем в сегменте черной металлургии, вовсе не означает, что инвесторы могут рассчитывать на дивиденды.

«У «Полоса» все отлично: рост ЕВБТДА на 27% г/г, прибыли — на 30%. Рекомендован дивиденд за третий квартал 2025 года в размере 36 руб. на акцию, что соответствует почти двухпроцентной доходности», — говорит Дмитрий Скрябин. — По «Норникелю»

и «Русалу» дивидендов в этом году не ожидаем». Акции «Полоса», считает он, сохраняют потенциал роста и в 2026 году.

Алексей Калачев, говоря о наиболее перспективных бумагах сектора цветной металлургии, советует обратить внимание на акции «Норникеля»: в первом полугодии выручка компании выросла на 15% г/г, ЕВБТДА увеличилась на 12%, чистая прибыль — на уровне \$842 млн (+2%). «Несмотря на ограничения западных рынков, «Норникель» сохраняет стабильный экспорт за счет переориентации на Азию, а экспортная ориентация, дающая более 90% выручки, делает его одним из главных бенефициаров ожидаемого ослабления рубля. Мы сохраняем по акциям «Норникеля» рейтинг «Покупать» с целевой ценой 156,4 руб.», — говорит Алексей Калачев.

«Норникель» может показать значимый свободный денежный поток — больше 10% от капитализации, говорит Александр Головцов. «Акции ГМК стоит иметь в портфеле как экспозицию на расширение «бычьего» рынка в драгметаллах. Кроме того, неплохую динамику стала показывать медь, обеспечивающая треть выручки компании», — считает он.

«В цветной металлургии предпочтительнее рассматривать бумаги РУСАЛа, несмотря на умеренное снижение котировок акций компании, но учитывая ее стабильные рыночные позиции», — говорит Дмитрий Вишневецкий.

В первой половине года позиции бумаг «Русала» оставались слабыми, говорит Алексей Калачев. Вместе с тем, полагает он, рост цен на алюминий в последние месяцы дает компании шансы улучшить результаты по итогам 2025 года и в следующем году. Кроме того, говорит Алексей Калачев, РУСАЛ будет бенефициаром как от снижения ставки, имея высокую долговую нагрузку, так и, будучи экспортером, от возможного ослабления рубля.

Петр Рушайло

металлургия



«Постоянное совершенствование — это не подвиг, не революция, это борьба за секунды»

— система —

Новейшая история российской алюминиевой индустрии — испытания и вызовы смутных 1990-х годов, последующее возрождение и развитие в 2000-х годах и последующий рывок к мировому лидерству — общеизвестна. Рассказывалось и о том, как алюминиевая индустрия сохранила и преумножила свои активы, одной из первых в стране перешла к эффективному производству, выйдя на первые в мире позиции по производительности труда. Однако об опыте освоения новой производственной системы на предприятиях РУСАЛа говорилось вскользь, хотя этот фактор стал поворотным моментом в российской алюминиевой отрасли на пути к успеху. В результате РУСАЛ стал алюминиевой компанией номер один в мире, а объем выпуска алюминия вдвое превысил показатели советской алюминиевой промышленности. И 25-летний юбилей РУСАЛа в текущем году — это еще одно из достижений на этом пути.

Разорвана на клочки

В середине 1990-х годов Российская алюминиевая отрасль, когда-то обеспечивавшая СССР независимый ВПК, покорение космоса и собственную авиацию, была разорвана на клочки, превратившись в доходные места отдельных — нередко преступных — групп. Между предприятиями новейшей России ходил натуральный бартер, зарплаты выдавали выпущенными товарами, а крепкие парни в спортивных костюмах прочно обосновались на ведущих заводах.

«Промышленность массово переходила под контроль бандитов — им было плевать, как устроены заводы, в каких условиях трудятся люди. Невыплаты зарплат, рабочие в марлевых повязках, деградация оборудования стали обыденностью. Производительность и охрана труда, техника безопасности — наоборот — настоящей экзотикой», — вспоминает Олег Виханский, декан Высшей школы бизнеса МГУ им. М. В. Ломоносова, основатель и генеральный директор Института комплексных стратегических исследований.

На тот момент американская алюминиевая индустрия олицетворяла собой триумф индустриальной политики США. Алюминиевые гиганты, такие как Alcoa и Reynolds Metals, контролировали не просто производственные мощности, но и во многом технологические стандарты, финансовые потоки и интеллектуальную собственность мировой отрасли. Это было время, когда Пенсильвания и Виргиния, а не Пекин, Москва или Дубай определяли будущее «крылатого металла» и вызвали зависть по всему миру. Капитализация Alcoa превышала \$30 млрд, что делало компанию крупнейшим производителем алюминия в мире и символом американского промышленного превосходства.

И тем не менее спустя всего лишь полтора десятилетия расстановка сил в мировой алюминиевой отрасли для США и России серьезно меняется.

Период полураспада

Хотя распад Союза привел к разрыву прежних производственных цепочек и краху внутреннего рынка, ни один алюминиевый завод своего существования не прекратил. Стабильный мировой спрос на крылатый металл и твердо конвертируемый доллар на биржах привлекли новых собственников, развернувших русский алюминий на экспорт. Сами заводы, впрочем, плодов своей работы частенько не видели: день-



В 2007 году под руководством Олега Дерипаски (на фото) РУСАЛ стал алюминиевой компанией номер один в мире. В 2008-м объем производства РУСАЛа (4,4 млн тонн) вдвое превысил рекордные показатели советской алюминиевой промышленности. А вместе с ними — и американские

ги оседали на офшорных счетах или прямо в карманах бандитов.

Вероятно, поворотным моментом для индустрии стал приезд в далекий хакасский Саяногорск выпускника физфака МГУ Олега Дерипаски, рискнувшего вложить доходы от биржевой торговли алюминием в Саяногорский алюминиевый завод (САЗ). Завод в Саяногорске, по замыслу Дерипаски, должен был выйти на уровень мировых аналогов, а помочь в этом — научный подход к организации производства.

«Дерипаска обратился ко мне в 1995 году, ему было всего 27 лет, его несколько месяцев назад (в ноябре 1994 года) избрали гендиректором САЗа. Он с командой пришел ко мне в МГУ и, помню, долго рисовал на доске, как все устроено, буквально засыпал меня вопросами. Вскоре мы встретились уже у него в офисе. Стол Дерипаски был целиком завален разного рода книгами и учебниками, в том числе моими, по менеджменту и стратегическому управлению», — вспоминает Олег Виханский. — Мы стали разбираться в процессах. Это в самой его натуре — стремление понять, разобраться на системном уровне, а затем улучшать каждый процесс. В этом он был полной противоположностью многим „эффективным“ собственникам того времени».

О производственной культуре того времени вспоминает президент машиностроительного холдинга ИСО Алексей Баранцев, руководивший в те годы алюминиевыми производствами в Красноярске и Братске, а позднее — нижегородским ГАЗом. «Общим слабым местом заводов в самых разных отраслях было неумение управлять производством, планировать запасы и поставки. Какого-то сырья и компонентов на складах лежало на 90 дней производства, а чего-то хронически не хватало», — рассказывает Алексей Баранцев. — В итоге получалось, что склады переполнены, рабочие перегружены избыточными операциями, а конвейеры то и дело простаивают».

Эффективность как наука

Хотя САЗ на тот момент был самым современным алюминиевым заводом СССР (запущенным в 1985 году), Дерипаска столкнулся со всем букетом проблем постсоветской промышленности: нарушением технологий, операционным бардаком, многомесячными задержками зарплат, дефицитом внимания к охране труда и безопасности.

Характерный пример того, как все работало, приводит Алексей Баранцев. Ток большой силы, от которого работают электролизеры, вызывал магнитные поля в электролизных цехах, нормальных технологий компенсации магнитных полей на советских алюминиевых гигантах не было. У рабочих не было антимагнитных инструментов, лишь обычные. В результате инструменты намагничивались так, что порой вырывались из рук рабочих и чуть ли не летали по цеху, и это никого не удивляло, казалось в порядке вещей. Культура производства была буквально на нуле.

Дерипаска собрал сильную команду, наладил трудовую и производственную дисциплину, перестроил процессы с фокусом на автоматизацию и соблюдение правил охраны труда, организовал своевременную выплату зарплат. Но производительность труда оставалась проблемой, требующей принципиально нового решения.

Оглядываясь на тогдашние столпы отрасли — американские корпорации, Олег Дерипаска решил сам поехать в США, чтобы разобраться в преимуществах и особенностях организации современного алюминиевого производства, рассказывает Олег Виханский.

Олег Дерипаска побывал на американских заводах Alcoa, где стало понятно, что американцы, чтобы удержать лидерство по производительности, внедрили у себя производственную систему, заимствованную у японцев.

«Тогда я и предложил съездить в Японию, чтобы воочию познакомиться с тем, как японская производственная система работает на родине. Через свои контакты я организовал встречи с руководством нескольких ведущих японских компаний, в итоге мы вместе осматривали их заводы», — вспоминает Олег Виханский.

Приехав в Японию, Дерипаска сам ходил вдоль конвейеров, с секундомером и рулеткой вникая в каждую операцию. Это все изменило.

Делать как Toyota

Побывав в Японии, Дерипаска всерьез увлекся производственной системой, которая была рождена на Toyota и называлась Toyota Production System (TPS). К тому времени система Toyota, по сути, стала целой философией производства, направленной на безжалостное устранение потерь и вовлечение каждого сотрудника в непрерывное улучшение процессов. Ключевые элементы TPS — философия кайдзен («непрерывное совершенствование»), подходы мура (борьба с издержками и неэффективными действиями) и канбан (снабжение по принципу «точно в срок»).

TPS вышла далеко за рамки самой Toyota, она революционизировала мировую промышленность, потому что на практике сумела доказать: производить больше и лучше можно не увеличением ресурсов и людей, а умным устранением того, что замедляет работу, — излишние запасы, ожидания, переделки и ненужные движения на производственной площадке в процессе производства. TPS легла в основу повышения эффективности других легендарных бизнесов, в том числе Ford, General Electric, McDonald's, Siemens, Sony и других.

Для внедрения TPS на российских производствах Дерипаска не стал жалеть ресурсов: он пригласил в Россию как идеологов системы с самой Toyota, так и гарвардских профессоров, переведших на эту систему Alcoa. Он очень много времени уделял общению с этими людьми, стремился как можно больше у них перенять, рассказывает Олег Виханский.

Алексей Баранцев в те годы руководил командами, которые внедряли TPS в Красноярске, Братске, Нижнем Новгороде. Конечно, было множество курьезных случаев столкновения двух миров, двух производственных культур, вспоминает он.

Иностранцы часто не могли поверить своим глазам. Особенно их шокировало безалаберное отношение рабочих к технике безопасности, к своему здоровью. Но очень скоро иностранные специалисты удивлялись тому, насколько стремительно ситуация смогла поменяться к лучшему. «Я выигрывал споры у японцев о том, как быстро мы сумеем один цех вывести на нулевой травматизм», — вспоминает Алексей Баранцев. — «Постоянное совершенствование — это не подвиг, не революция, это борьба за секунды, понимание, что производство состоит из набора многократно повторяющихся операций, которые должны занимать строго определенное время. Для этого лишние или неоптимальные процессы из этих цепочек нужно исключать».

«При этом все наши преобразования были прежде всего человекоцентричными, все обязательно начиналось с обучения сотрудников, рабочих и руководителей», — отмечает Алексей Баранцев.

Именно успешное внедрение TPS на заводах организованной в 2000 году компании РУСАЛ и, как следствие, новые возможности развития позволили компании в считанные годы стать реальным лидером в гло-

бальном масштабе, выступить ядром консолидации российской алюминиевой отрасли, объясняет Олег Виханский. При этом TPS и кропотливая работа по ее внедрению для широкой общественности исторически оставались в тени других достижений РУСАЛа, таких как покупка иностранных активов или строительство новых заводов, отмечает Олег Виханский.

От погони за чужим успехом к собственному лидерству

Кажется, в те годы основатель РУСАЛа нащупал для алюминиевой отрасли и новую сверхидею. «Олег Владимирович прямо об этом никогда не говорил, ведь для многих это могло прозвучать как несбыточные мечтания, но его близкий круг понимал: с 2000 года неким Монбланом, стратегической целью стало превзойти американскую Alcoa», — вспоминает Олег Виханский.

Одним из самых серьезных препятствий было как раз сопротивление людей на местах. Промышленность словно мечтала вернуться в состояние до распада СССР, ностальгия была сильна, и чуть ли не каждый второй находил причину, почему новая производственная система ему не подходит, добавляет Олег Виханский.

Олег Дерипаска запустил образовательные программы по TPS на площадке МГУ. «Обучение там проходил менеджмент всех уровней РУСАЛа вплоть до директоров заводов. Программа, к слову, существует уже больше 20 лет, и набор всегда полный», — отмечает Олег Виханский.

В результате привезенная из Японии производственная система организации труда с годами получила любопытный эффект на уровне всей страны. Практическое обучение TPS на заводах РУСАЛа и ГАЗа прошло огромное количество руководителей, многие из которых потом перешли на работу в другие компании и даже отрасли, всюду распространяя полученное знание. «Обучались у нас и чиновники — например, мэр одного немаленького города после обучения вернулся к себе и уволил руководителей муниципальной ТЭЦ за некомпетентность в построении рабочих процессов», — вспоминает Алексей Баранцев. — В то время никто в России не делал ничего подобного, никто даже не представлял, что такое производственная система и для чего она нужна. Следом те же подходы стали применять другие отечественные гиганты, например ЛУКОЙЛ, КамАЗ, АЛРОСА, «Росатом» и другие».

«Я начал свой бизнес в необычный исторический момент: страна, в которой я родился и вырос, исчезла, а новая еще не полностью сформировалась. Первая дала мне отличное образование, вторая — шанс на успех», — вспоминал в одном из интервью Олег Дерипаска.

Одним из ключевых факторов этого успеха стала принципиально новая производственная система, впоследствии оказавшая влияние и на российскую промышленность в целом.

К середине 2000-х молодой тогда еще РУСАЛ начал превращаться в глобальную компанию, формируя международную ресурсную базу — бокситовые рудники в Гвинее, Гайане, глиноземное производство в Австралии. В 2007-м в результате очередного этапа консолидации РУСАЛ стал алюминиевой компанией номер один в мире. В 2008-м объем производства РУСАЛа (4,4 млн тонн) вдвое превысил рекордные показатели советской алюминиевой промышленности. А вместе с ними — и американские. Так сверхидея Олега Дерипаски была реализована, но впереди уже маячили новые цели и перспективы.

Илья Арзуманов



Саяногорский алюминиевый завод (САЗ) в Хакасии стал последним советским алюминиевым предприятием. Это первый завод, где была внедрена эффективная производственная система, давшая импульс к лидерству отечественной отрасли в глобальном масштабе



металлургия

Царский глиный

— открытие —

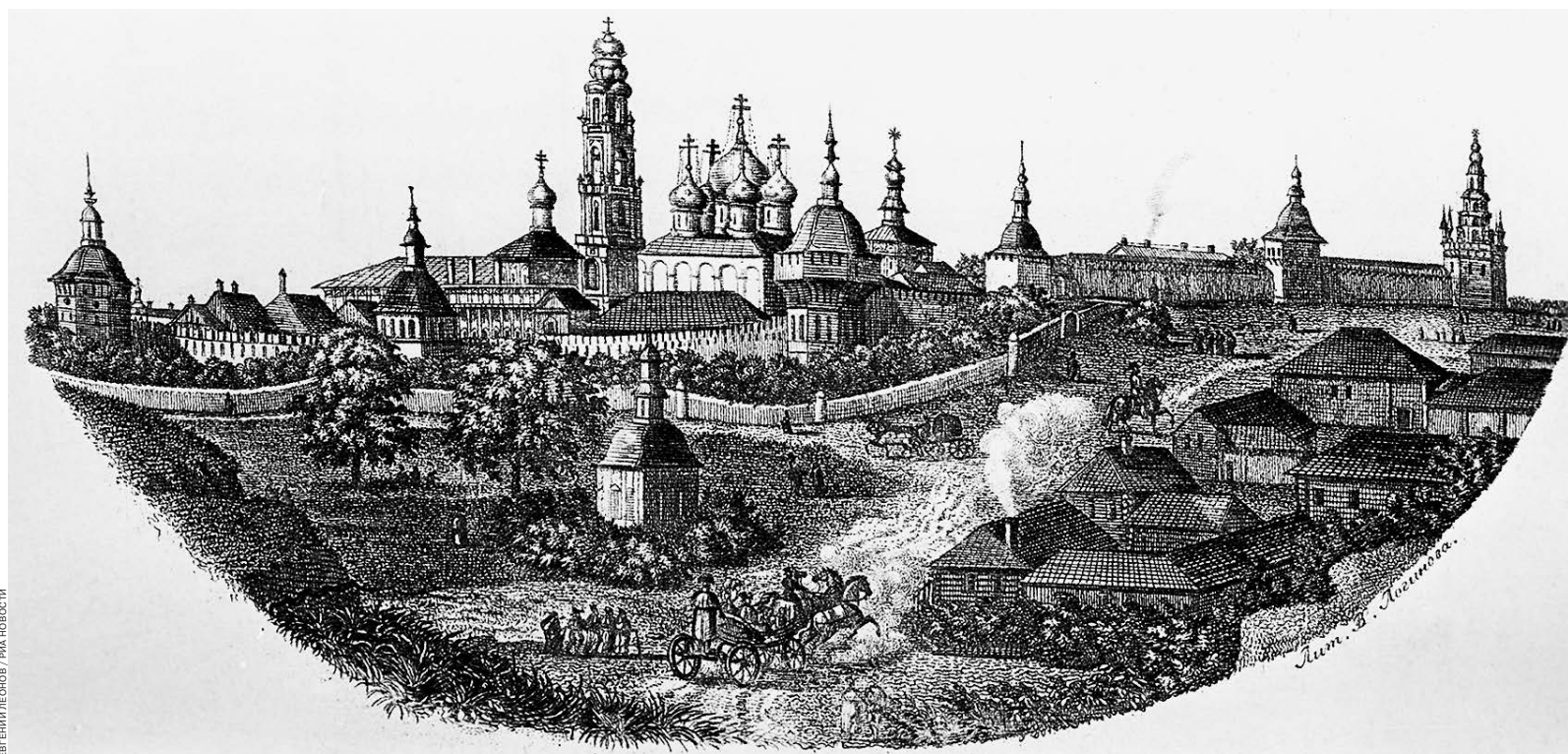
Алюминий — самый распространенный металл на планете (более 8% массы земной коры), однако получить его научились лишь в 1825 году, и до начала XX века по-настоящему массовое производство алюминия запустить не удавалось. Набрать обороты новой алюминиевой индустрии помогло неожиданное открытие, совершенное в России совсем по другому поводу — в интересах текстильной промышленности. Это открытие стало началом зарождения алюминиевой отрасли в России.

Соль земли

Поскольку алюминий легко вступает в соединения с другими веществами, в природе он встречается почти исключительно в виде примесей (исключение — жерла вулканов, однако до 1970-х об этом никто не догадывался). Этот металл входит в состав бесчисленного количества минералов: от изумрудов и рубинов до самой обычной глины. Последняя в значительной степени образована из оксида алюминия, отсюда другое его название — глинозем.

История освоения алюминия берет начало с античности, когда соли этого металла — квасцы — широко применялись для дубления кож, в качестве протравы при крашении тканей, а еще как кровоостанавливающее средство, антисептик, антиперспирант, в качестве огне- и биоэрозионной пропитки древесины и так далее. Римляне называли квасцы словом «alumen», от которого впоследствии и произошло название «алюминий».

Природа квасцов занимала умы многих алхимиков и естествоиспытателей: от Парацельса до Менделеева.



Первый отечественный алюминиевый завод был открыт в 1885 году в подмосковном Сергеевом Посаде недалеко от Троице-Сергиевой лавры. Четыре года спустя завод закрылся: не выдержал конкуренции с иностранными производителями алюминия

Предполагалось, что получаемый из их раствора осадок представляет собой окисел некоего неизвестного металла. На практике это было доказано в 1825 году, когда впервые удалось выделить алюминий в чистом виде (восстановлением из глинозема при помощи калия).

«Серебро из глины», но дороже золота

Новый металл отличался целым рядом преимуществ: легкость, пластичность, прочность, стойкость к коррозии, и вдобавок приятный глазу серебристый блеск.

Однако промышленный способ его получения (восстановление оксида алюминия натрием), впервые внедренный во Франции в 1856-м, больших объемов обеспечить не мог. В результате «серебро из глины», как прозвали новый металл, стоило дороже золота — около \$34 против \$19 за унцию (28,4 г).

В дореволюционной России алюминий было принято называть глинием — термин этот встречается и у Дмитрия Менделеева (он предсказывал: «Фабрикация глиния будет производиться в больших размерах, и тогда металл будет стоить весьма дешево»), и у Николая Бекетова. Тот в

1859–1865 годах разработал метод алюминотермии — получения различных металлов и неметаллов восстановлением их оксидов алюминием. Сегодня так производят в том числе хром, марганец, бериллий и бор.

В мире Россия освоила промышленное производство алюминия третьей по счету, после Франции и Великобритании.

Первый отечественный алюминиевый завод был открыт в 1885 году в подмосковном Сергеевом Посаде недалеко от Троице-Сергиевой лавры российским предпринимателем А. А. Нововейским (история не сохранила его полного имени). Поначалу

завод разместился в небольшом одноэтажном здании. В одном помещении получали металлический натрий, в другом — плавляли алюминий. Сырьем служила глина, добываемая в Черниговской губернии. Четыре года спустя завод закрылся: не выдержал конкуренции с иностранными производителями алюминия.

Глиноземная революция

С 1856 по 1889 год во всем мире химическим методом произвели всего 200 тонн алюминия. При этом уже в 1900-м темпы составляли 8 тыс. тонн в год. Революцию обусловили два изобретения. Одним из них стал промышлен-

ный способ получения этого металла электролизом глинозема — его в 1886 году независимо друг от друга разработали американцы и французы.

К слову, в лабораторных условиях алюминий путем электролиза получали еще в 1850-х. Однако тогда метод не получил развития, поскольку требовал большого количества электроэнергии и никто не понимал, откуда его получать. Так, динамо-машины для промышленной генерации появились лишь в 1870-х, а система трехфазного тока для эффективной передачи потребителям — только в 1890-м (ее предложил российский инженер Михаил Доливо-Добровольский).

Второе изобретение, обусловившее алюминиевый бум на рубеже XIX–XX столетий, было сделано в России. В 1887 году на Тентелевском химическом заводе в Санкт-Петербурге австриец Карл Йозеф Байер разработал недорогой метод получения глинозема из бокситов. В результате выщелачивания руды едким натром оксид алюминия переходил из нее в щелочной раствор, откуда затем мог быть осажден, отфильтрован и промыт. При этом господин Байер все же лишь пытался облегчить получение глинозема для текстильной промышленности: оксид алюминия применялся как закрепляющее вещество для окраски хлопка. Годом позже Байер получил патент.

Внедрение этого метода сократило стоимость промышленного производства алюминия в сотни раз. «Процесс Байера» служит основным методом получения глинозема по сей день. Кроме того, изобретение положило начало развитию современной гидрометаллургии — по этой технологии получают в том числе оксид урана, цинк, никель, кадмий и кобальт.

Илья Арзуманов

Индустрия полного цикла

— технологии —

Теоретический базис отечественной алюминиевой отрасли был разработан в последние годы Российской империи. А на практике перешли уже при советской власти. Государственным планом по электрификации России (ГОЭЛРО) предусматривалось создание алюминиевых заводов в симбиозе с гидроэлектростанциями. К концу 1920-х страна обладала собственной сырьевой базой и опытными производствами, а по итогу 1930-х — сформировавшейся индустрией полного цикла с крупными промышленными кластерами в Ленинградской области и на Урале.

От рождения научной школы к становлению индустрии

Дореволюционная Россия своей развитой алюминиевой промышленностью не имела. Единственное химическое предприятие просуществовало всего несколько лет. Его продукция не могла конкурировать по цене с зарубежной — французской и британской, освоивших промышленный электролиз алюминия. Однако научная школа электрометаллургии алюминия в царской России была создана, причем мирового уровня.

Ее основателем стал профессор Петербургского политехнического института Павел Федотьев. В 1910-м он оборудовал в Санкт-Петербурге электрохимическую лабораторию, получил в ней алюминий электролитическим методом и опубликовал первые отечественные работы по этой теме (в 1912, 1913 и 1915 годах). Все они, начиная с самой первой («Экспериментальное исследование по электрометаллургии алюминия»), получили мировую известность и оказали влияние на развитие технологии в том числе за рубежом.

Именно под руководством Павла Федотьева родилась советская алюминиевая индустрия.

27 августа 1929 года первые килограммы алюминия выдало опытное производство на ленинградском заводе «Красный выборжец».

А 14 мая 1932 года в Волхове заработал первый советский завод алюминия — Волховский алюминиевый комбинат мощностью 5 тыс. тонн металла в год.

Годом позже в Запорожье был пущен Днепровский алюминиевый комбинат, способный выдавать уже 15 тыс. тонн в год.

Электрификация всей страны

Места расположения первых и последующих советских алюминиевых заводов выбирались неслучайно: их строили при гидроэлектростанциях, с помощью которых советское руководство электрифицировало страну.

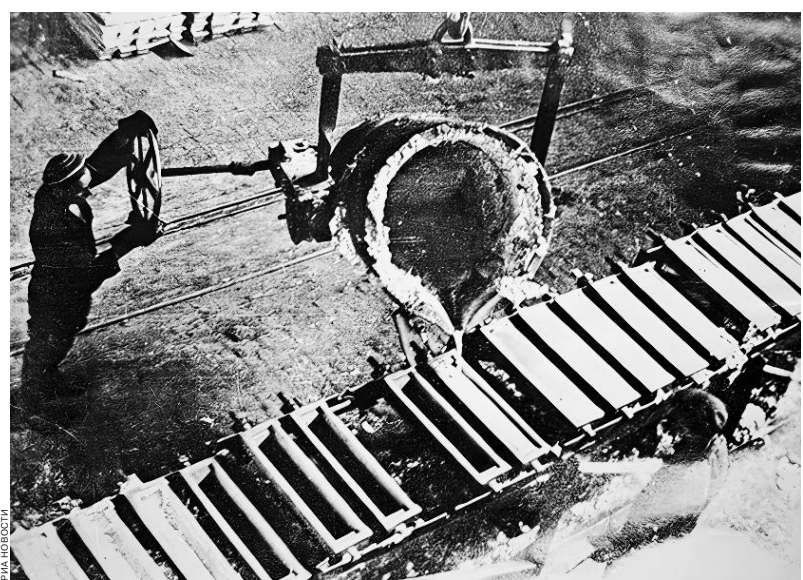


Первые килограммы советского алюминия были получены на ленинградском заводе «Красный выборжец» 27 августа 1929 года

На получение тонны алюминия уходит порядка 20 тыс. кВт•ч электроэнергии, поэтому использовать для становления новой индустрии безграничное богатство страны — энергию ее рек — было самым логичным решением.

Строительство алюминиевых заводов именно в связке с ГЭС было составной частью Государственного плана по электрификации России (ГОЭЛРО), который в 1920 году утвердил советское правительство во главе с Владимиром Лениным.

Индустриальная синергия, характерная для российской алюминиевой индустрии, по сей день служит примером эффективного энергопромышленного кластера (и притом «зеленого» — энергия рек, как известно, возобновляемая).



14 мая 1932 года в городе Волхове Ленинградской области пущен в строй первый советский завод по выплавке алюминия — Волховский алюминиевый комбинат мощностью 5 тыс. тонн серебристого металла в год

Отечественное сырье

Помимо электричества, на тонну алюминия уходит 1,9 тонны глинозема. Самым дешевым способом его получения с конца 1880-х служит байеровский метод переработки бокситов, которые потому и считаются основной алюминиевой рудой.

Первое в России месторождение этих минералов, зачастую неотличимых от глины, — Тихвинское — было открыто в 1916 году, однако осваивать его начали только при советской власти, во второй половине 1920-х.

Отечественной науке пришлось решать проблему: тихвинские бокситы не подходили для существовавших на то время технологий производства, поскольку содержали сравнительно много кремнезема. Это, к слову, было причиной, по которой представители американского алюминиевого гиганта Alcoa, участвовавшие в разведке по приглашению Геологического комитета России, не рекомендовали месторождение к промышленному освоению. По мнению американских специалистов, произ-

вести алюминий из столь «грязного» сырья было просто невозможно.

Обратное доказали российские химики-металлурги Александр Яковкин, Александр Кузнецов и Евгений Жуковский. В 1920-х они разработали целый ряд технологических методов получения глинозема из любых бокситов независимо от степени их загрязнения кремнеземом или окислами железа. Российские технологии позволили выстроить отечественную алюминиевую индустрию на отечественном же сырье. Самые первые опытные килограммы советского алюминия, полученные на «Красном выборжеце» в 1929-м, были произведены из тихвинских бокситов.

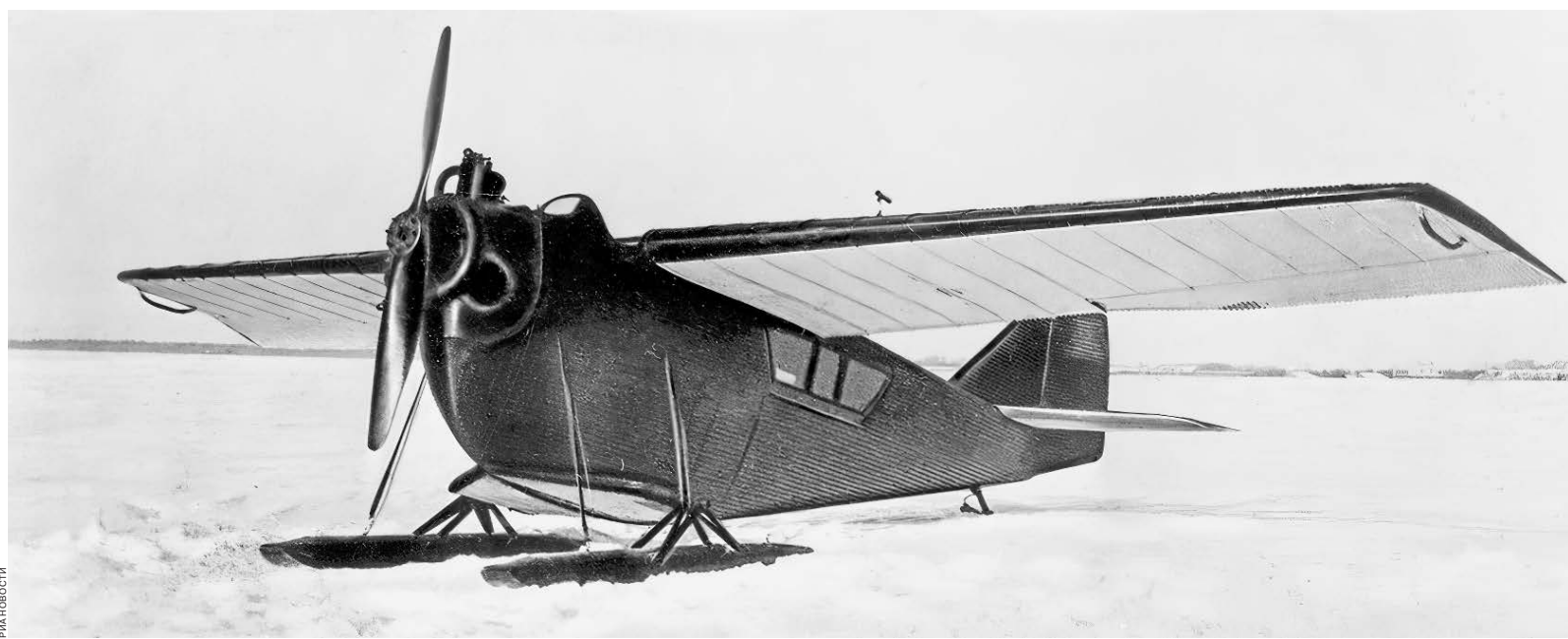
На третье место в мире

Формирование алюминиевой индустрии полного цикла в стране завершилось 13 ноября 1940-го года: в этот день при тихвинском месторождении заработало первое в стране отдельное предприятие по производству глинозема из бокситовой руды — Тихвинский глиноземный завод.

К этому времени география новой отрасли успела расшириться на Урал. В 1931–1935 годах были открыты месторождения высококачественных бокситов на Северном и Южном Урале, организованные там рудники послужили сырьевой базой для Уральского алюминиевого завода (УАЗ). Пуск первой очереди УАЗа мощностью в 25 тыс. тонн алюминия в год состоялся 5 сентября 1939 года, энергетической базой производства послужила Красногорская ТЭЦ.

В 1940 году СССР вышел на третье место в мире по объему производства алюминия (около 90 тыс. тонн) — он уступал только Германии (200 тыс. тонн) и США (150 тыс. тонн), при этом обгонял Канаду (75 тыс. тонн) и Францию (50 тыс. тонн). Примечательно, что столь высокий результат был достигнут всего через восемь лет после первой промышленной плавки на Волховском заводе.

Илья Арзуманов



Первый отечественный цельнометаллический самолет АНТ-2, произведенный из отечественного кольчугалюминия (дюралюмин Д1), поднимается в небо 26 мая 1924 года

металлургия

Крылатый металл Победы

— прорыв —

К началу 1940-х годов алюминий стал одним из самых востребованных металлов, в том числе в оборонной промышленности. Он был необходим буквально для всего: от постройки самолетов и судов до производства приборов и снарядов. На момент нападения нацистской Германии Советский Союз испытывал алюминиевый голод. Преодолеть его удалось благодаря производственным подвигам тыла, что стало одним из ключевых компонентов Победы.

Рождение целлюлозно-металлической авиации

«Крылатым» алюминий постепенно сделался в первой трети XX столетия, когда ведущие мировые державы одна за другой наладили массовое производство целлюлозно-металлических самолетов. Однако в чистом виде этот металл для использования в авиационной промышленности по причине своей хрупкости. Проблему решили немцы, разработавшие в самом начале 1900-х годов алюминиевый сплав с медью, магнием и марганцем — дюралюминий (дюралюмин, дюраль), в честь немецкого города Дюрена, где в 1909 году открылось его первое производство.

Выпускать боевую авиацию из этого сплава Германия начала уже в годы Первой мировой войны. В частности, из него состоял первый в истории принятый на вооружение целлюлозно-металлический истребитель — им в 1918 году стал моноплан Junkers D1.

В 1922-м немецкий трофейный истребитель разобрали по инициативе Комиссии по металлургическому самолетостроению, работавшей



Во время Великой Отечественной войны единственным предприятием в стране, способным выпускать алюминий и его сплавы, оставался Уральский алюминиевый завод (1939–н. вр.), расположенный в городе Камensk-Uralsky Свердловской области. За военные годы из продукции предприятия было построено 108 тыс. самолетов

под руководством Андрея Туполева при Центральном аэрогидродинамическом институте. В ходе лабораторных испытаний удалось определить химический состав сплава, из которого был сделан Junkers D1. Незамедлительно опытное производство сплава запустили на Кольчугинском заводе по обработке цветных металлов.

Получившийся аналог дюрала назвали кольчугалюминием. Он ничем не уступал германской разработке, но отличался от нее содержанием никеля и иными пропорциями меди и марганца. 26 мая 1924 года поднялся в небо произведенный из него первый отечественный целлюлозно-металлический самолет

АНТ-2. Впоследствии советский сплав стали классифицировать как марку дюрала (дюралюмин Д1).

Алюминиевый голод

К концу 1930-х алюминий сделался незаменимым сырьем не только в авиационной — он широко применялся в автомобильной, приборостроительной, судостроительной и многих других отраслях. От способности обеспечить себя этим металлом стал зависеть военный потенциал ведущих держав.

Нацистская Германия развязала Вторую мировую войну, будучи мировым лидером по производству алюминия (около 200 тыс. тонн в год). Когда же она напала на СССР, то,

напротив, испытывал острую нехватку этого стратегического материала.

Ситуация дополнительно осложнялась потерей в первый год войны основных предприятий цветной металлургии, располагавшихся на западе страны. В частности, под контролем врага оказались Днепровский и Волховский алюминиевые заводы, а также Тихвинский глиноземный.

С сентября 1941-го по январь 1943-го единственным предприятием в стране, способным выпускать алюминий и его сплавы, оставался Уральский алюминиевый завод. В одиночку он конкурировал с десятками европейских алюминиевых заводов, работавших на Германию. По итогам 1941-го советское производство

«крылатого металла» сократилось до 31 тыс. тонн, а у противника с учетом всех спутников и оккупированных стран оно составляло 218 тыс. тонн.

Трудовой подвиг

Немцам так и не удалось наладить выпуск алюминия ни на одном из оккупированных советских производств. Под артобстрелами наступающего врага их оснащение и работники были эвакуированы вглубь страны — на Урал и в Сибирь, где с их участием стали создаваться новые мощности.

В октябре 1941-го приступили к строительству второй очереди УАЗа. О том, как оно велось, в декабре 1941-го писала газета «За уральский алюминий»: «Территория завода выглядела как огромное поле грандиозного боя. Окончив смену в действующих цехах, сотни рабочих, инженеров и техников выходят на строительные площадки новых цехов. Вручную копают мерзлую землю, отогревая ее кострами. Не хватает механизмов — на руках подносят тяжелые детали».

В 1942-м про производственная мощность УАЗа достигла 84 тыс. тонн алюминия, практически столько же выдавала вся алюминиевая промышленность страны в мирное время. За все военные годы из продукции этого предприятия построили 108 тыс. самолетов.

Металл против дерева

Благодаря трудовым подвигам тыла выпуск целлюлозно-металлических самолетов в СССР с началом войны просел лишь незначительно (с 3404 шт. в 1940-м до 3196 шт. в 1941-м) и уже с 1942-го стал неуклонно расти. Впрочем, основная часть авиации все же имела смешанную конструкцию.

Практически целиком из дюрала СССР производил преимущественно бомбардировщики, в том чи-

сле тяжелый ТБ-3, фронтовой СБ и дальний Ил-4. Последнему, правда, с 1942-го ради экономии дюрала (до 169 кг на машину) из авиационной древесины начали изготавливать переднюю часть фюзеляжа, пол пилота и хвостовой кок.

Историк Николай Симонов в статье «Производство в СССР авиационных материалов в период Великой Отечественной войны» подчеркивает: «Реальную задачу строить самолеты смешанной конструкции, заменяя, где это возможно, металлические детали, обусловил дефицит наиболее передового авиационного материала — «крылатого металла»».

Ближе к окончанию войны благодаря усилиям оборонной промышленности в истребителях удалось применять больше дюрала. Пример — лучшие аппараты своего времени Як-3 и Ла-7, имевшие металлические словые элементы крыла, они начали поступать на фронт в ходе операции «Багратион» в Белоруссии в 1944-м. Они по всем параметрам, включая скорость, скороподъемность и маневренность, превосходили аналогичные самолеты, стоявшие на вооружении у люфтваффе.

Этому способствовал пуск Новокузнецкого (в то время — Сталинского) алюминиевого завода в январе 1943-го. Он стал первым производством «крылатого металла» в Сибири, вместе с УАЗом обеспечивая бесперебойную работу оборонной промышленности страны до самого конца войны. Одновременно в Красноуральске (Свердловская область) строился Богословский алюминиевый завод. Однако свою лепту он внес не в приближение Победы, а уже в послевоенное восстановление страны: первую плавку торжественно выдал 9 мая 1945 года.

Илья Арзуманов

Первый по алюминию, первый в космосе

— база —

С 1950-х годов советская алюминиевая индустрия переживала настоящий бум, выступая опорой для послевоенного восстановления страны. В результате к 1980-м годам СССР стал крупнейшим в мире производителем и потребителем алюминия. Критическую роль алюминиевая промышленность сыграла в становлении космонавтики и освоении космоса. Без сплавов алюминия человечество так и не покинуло бы пределы планеты. Замены этим материалам в космических кораблях, ракетах и спутниках не изобрели до сих пор.

Послевоенное чудо

Стремительный рост отечественной алюминиевой промышленности после Победы стал одним из элементов советского послевоенного «экономического чуда». В кратчайшие сроки были восстановлены заводы на западе страны, одно за другим появлялись новые производства.

В 1951 году заработал завод в Кандалакше (Мурманская область) — до сих пор это единственное алюминиевое предприятие за Полярным кругом. В 1954-м дал первый металл алю-

миниевый завод в Надвоицах (Карелия), в 1959-м — в Волгограде. В том же году в Волхове и Пикалево Ленинградской области заработали первые в мире заводы по производству глинозема из нефелина — руды, которая служит отходом добычи апатита.

В 1950–1960-х годах полным ходом продолжалась электрификация Восточной Сибири, великие русские реки обрастали плотинами гидроэлектростанций. Так, на Ангаре заработали Иркутская, Братская и Усть-Илимская ГЭС, на Енисее — Саяно-Шушенская, Майнская и Красноярская ГЭС. Большие объемы доступной электроэнергии позволили открыть Иркутский (в 1962-м), Красноярский (в 1964-м) и Братский (в 1966-м) алюминиевые заводы. Последний стал на то время крупнейшим в мире — его мощность составила почти 1 млн тонн.

Последним советским алюминиевым предприятием стал Саяногорский алюминиевый завод (Хакасия). Он заработал 21 апреля 1985 года, питался от Саяно-Шушенской ГЭС, был самым технологичным предприятием цветной металлургии своего времени и крупнейшим производством алюминиевых сплавов в стране. Эту свою роль он сохраняет по сей день, выступая базовой площадкой тести-

рования и внедрения металлургических инноваций РУСАЛа.

К началу 1980-х за Советским Союзом было мировое первенство как по ежегодному выпуску (более 3 млн тонн), так и потреблению (17 кг на душу населения) алюминия. Колоссальные по тем временам цифры диктовались насущными потребностями одной из передовых экономик мира. На алюминиевую индустрию опиралась вся отечественная промышленность, включая машиностроение, энергетику, транспорт, строительство, оборону, электротехнику и ракетно-космическую отрасль.

Первый в космосе

Одним из инновационных потребителей алюминия в послевоенные годы стала советская космическая программа. Еще в 1865-м Жюль Верн в своем «Из пушки на Луну» писал о применении алюминия в космических аппаратах. Советский Союз первым преворил это пророчество в жизнь менее века спустя.

Собственно, алюминий стал первым, что человечество вывело на орбиту: «Спутник-1» — первый искусственный спутник Земли, запущенный 4 октября 1957 года, представлял собой две полусферы диаметром

58 см из алюминиево-магниевого сплава АМгб толщиной 2 мм. Алюминий буквально окружал и Юрия Гагарина, когда тот 12 апреля 1961-го совершал первый в истории пилотируемый космический полет. Из сплавов этого металла были выполнены конструкции приборного отсека, трубопроводов, силовых деталей и систем жизнеобеспечения корабля «Восток-1», герметичный корпус спускаемого аппарата, топливные баки ракеты Р-7.

Незаменимым в освоении космоса сплавы алюминия сделали присущее им сочетание прочности, коррозионной стойкости и легкости. Так, малый вес алюминиевых конструкций снижает расход топлива, необходимого для вывода на орбиту, и вдобавок обеспечивает большую грузоподъемность. А стойкость и прочность позволяют выдерживать экстремальные условия, в том числе предохранять космонавтов и чувствительную аппаратуру от космической радиации. В результате без этих материалов еще не обошлось ни один спутник, космический корабль, орбитальная станция или ракета, на алюминиевые сплавы приходится от 50% до 90% их массы.

Из этих же материалов предполагается строить лунные и марси-



На алюминиевые сплавы приходится 50–90% массы всех космических аппаратов, включая первый искусственный спутник Земли «Спутник-1» (1957), корабль «Восток-1» Юрия Гагарина (1961), советскую станцию «Мир» (на фото) (1986–2001) и Международную космическую станцию, работающую уже четверть века на орбите

анские базы. Причем на Луне сырье для производства алюминия в избытке. Высоким содержанием этого элемента отличается минерал анортит, которым богаты застывшие базальтовые лавы, образующие плоское ровное дно лунных морей. Не

исключено, что РУСАЛ однажды откроет там свои предприятия. Впрочем, пока это кажется чистой фантастикой, как было когда-то с мечтами о полетах в космос во времена Жюль Верна.

Илья Арзуманов

Алюминий 4.0

— перспектива —

Алюминий — прямо как на заре своего промышленного освоения полтора столетия назад — остается металлом будущего и основным материалом зеленого перехода. Это определяет особое место российской алюминиевой промышленности: РУСАЛ является крупнейшим в мире производителем «зеленого» алюминия и лидером в развитии «зеленых» технологий. А в ближайшем четверть века мировое ежегодное потребление алюминия вырастет на 25–125 млн тонн в зависимости от модели развития.

К своему 25-летию РУСАЛ подошел глобальной компанией с активами в пяти частях света, добывающей сырье в экваториальном поясе и производящей крылатый металл в России с максимальной эффективностью благодаря доступной энергии сибирских рек. РУСАЛ является крупнейшим за пределами Китая производителем алюминия и ведущим в мире производителем «зеленого» низкоуглеродного алюминия, спрос на который неизменно растет.

Согласно оценке Всемирного банка, совокупные потребности зеленой энергетики в этом металле оцениваются в 100–200 млн тонн к 2050 году в зависимости от сценария раз-



Красноярский алюминиевый завод стал первым в мире, где началось опытно-промышленное производство крылатого металла по революционной технологии инертных анодов

вития мировой экономики. По этому показателю среди 11 наиболее востребованных в энергетике минералов алюминий занимает второе место после железа, в разы превосходя медь с цинком, в десятки раз — свинец, никель и хром, в сотни — марганец, молибден и серебро.

Неслучайно правительство США включило алюминий в список материалов, критически важных для национальной безопасности. Обеспечение экономики материалами из этого списка является предметом мониторинга и в случае необходимости регулируется пошлинами.

Алюминий необходим для развития всех отраслей машиностроения, в том числе для перехода на электрические двигатели от двигателей внутреннего сгорания. Это самый востребованный металл зеленой энергетики (используется для производства солнечных панелей, аккумулято-

ров, кабелей электросетей), без алюминия невозможны современная архитектура и высотное строительство.

Появление новых алюминиевых сплавов способствует развитию аддитивных технологий: алюминиевые порошки — идеальный материал для 3D-печати компонентов и изделий, в том числе крупногабаритных. Особенно актуальным производством порошковых сплавов стало в условиях импортозамещения.

В среднем по миру алюминиевая промышленность производит около 11 тонн CO₂ на каждую тонну выплавленного металла. У РУСАЛа этот показатель уже доведен до рекордно низких 2,3 тонны CO₂ на тонну алюминия (что позволяет говорить о мировом лидерстве России в выплавке низкоуглеродного металла). Это не единственный способ, которым алюминиевая индустрия делает наше будущее более экологичным: «зеленым» в ближайшие годы станет и само производство этого металла. Для этого РУСАЛ разрабатывает технологию инертного анода, которая открывает новую главу в электрометаллургии.

Суть ее в том, чтобы уйти от углеродного анода, на котором работает алюминиевая промышленность уже полтора века. Анод служит положительным электродом в электролизной ванне, в которой под действием тока из глинозема (оксида алюминия) образуются алюминий и кисло-

род. Углеродный анод в течение месяца постепенно расходуется, а выделяющийся кислород вступает в реакцию с углеродом, образуя преимущественно углекислый газ и не некоторые другие соединения, которые также могут поступать в атмосферу. Инертный анод способен работать многие месяцы, не расходуясь (отсюда название «инертный»), благодаря чему удается избежать выбросов в атмосферу различных продуктов «горения» анода.

Более того, при электролизе с инертным анодом в окружающую среду выделяется чистый кислород, до 900 кг на тонну алюминия, за счет чего каждый электролизер становится эквивалентом 70 га леса. Учитывая, что на современных предприятиях число этих агрегатов исчисляется сотнями, мировая алюминиевая индустрия имеет шанс стать дополнительными «легкими» планеты наряду с тропическими и сибирскими лесами.

РУСАЛу принадлежит мировое лидерство в создании и развитии этой технологии, прямо сейчас компания первой в истории испытывает ее на промышленной силе тока. На сегодняшний день в ходе опытных плавков на Красноярском алюминиевом заводе произвели уже свыше 5 тыс. тонн самого «зеленого» алюминия в мире. Промышленное внедрение технологии стартует в 2026 году.

Илья Арзуманов