

Ж.В. ДАМПИЛОН

## ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ В РОССИИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

**Ключевые слова:** окружающая среда, экологические требования, экология производства, алюминиевая промышленность, конкуренция, отходы производства, утилизация отходов, местные бюджеты, ценообразование, альтернативные варианты.

Рассмотрены технологические и организационные вопросы снижения вредного воздействия производства алюминия на окружающую среду. Предложены обоснованные мероприятия по ужесточению экологических требований при осуществлении вредных производств. Исследованы влияние ценовых аспектов в алюминиевой промышленности на экологические взаимоотношения местных органов власти и производителей по поводу снижения вредного воздействия на окружающую среду.

**Z.V. DAMPILON**

### **INFLUENCE OF ALUMINIUM PRODUCTION IN RUSSIA ON THE ENVIRONMENT**

**Key words:** Environment, ecological requirements, production ecology, aluminium industry, competition, production waste, waste utilization, local budgets, pricing, alternative variants

Technological and organization questions of reducing harmful influence of aluminium production on the environment are studied in the article. Justified measures to tighten up ecological requirements in dangerous industries are offered. The influence of price aspects in aluminium industry on ecological relations between local authorities and producers concerning the question of reducing harmful influence on the environment is analyzed.

Производство алюминия в мире неуклонно растет. Благодаря своим конструкционным и эксплуатационным качествам использование алюминия увеличивается во всех отраслях мировой экономики. Сегодня спектр применения алюминия это машиностроение, аэрокосмический комплекс, производство упаковки и тары, судостроение, промышленное и гражданское строительство. Например, в современном строительстве используются самые разные виды продуктов из алюминия, а в качестве материала для высоковольтных линий электропередачи алюминий практически вытеснил медь. Половина посуды для приготовления пищи, продаваемой во всем мире каждый год, сделана из алюминия.

В условиях растущих конструкционных и экологических требований алюминий часто оказывается вне конкуренции по техническим, технологическим и экономическим показателям. Алюминий вытесняет черные металлы в тех отраслях, где высокие требования к снижению массы продукции. Так, увеличивается использование этого металла в автомобильной промышленности. К примеру, Европейский Союз рассматривает возможность ужесточения требований к выбросам углекислого газа автомобильным транспортом, что неизбежно приведет к увеличению спроса на легкий металл. Один килограмм алюминия, использованного в автомобильной конструкции вместо другого, более тяжелого металла, снижает общее потребление бензина на 8,5 литра, а выбросы CO<sub>2</sub> – на 20 кг. 10-процентное снижение массы машины дает в результате 9-процентное улучшение в динамике потребления ей топлива.

По совокупности эксплуатационных качеств, включая экологические требования, с учетом перспективы многократного использования металла алюминий в некоторых отраслях производства вытесняет и пластмассы.

Наконец, увеличение цен на металлы-субституты, такие как медь и цинк, способствует прямо пропорциональному росту спроса на алюминий в электроэнергетике, транспортной промышленности, строительстве и других отраслях. На настоящий момент, рынок алюминия уступает в объеме лишь рынку стали, и спрос на легкий металл продолжает расти. Этот спрос подстегивается растущим потреблением развивающихся стран. Наиболее высокие темпы роста экономики

Китай, страны, которая уже сейчас потребляет четверть произведенного в мире алюминия. Аналитики предсказывают 7-14-процентный годовой рост автомобилестроительной отрасли Поднебесной вплоть до 2011 г., 12-процентное увеличение расходов на строительство в текущем 2007 г. и, как минимум, 16-миллионное прибавление городского населения каждый год в течение следующих 8 лет. Все это, по мнению экспертов, доведет долю Китая в потреблении алюминия до 36% уже в 2010 г.

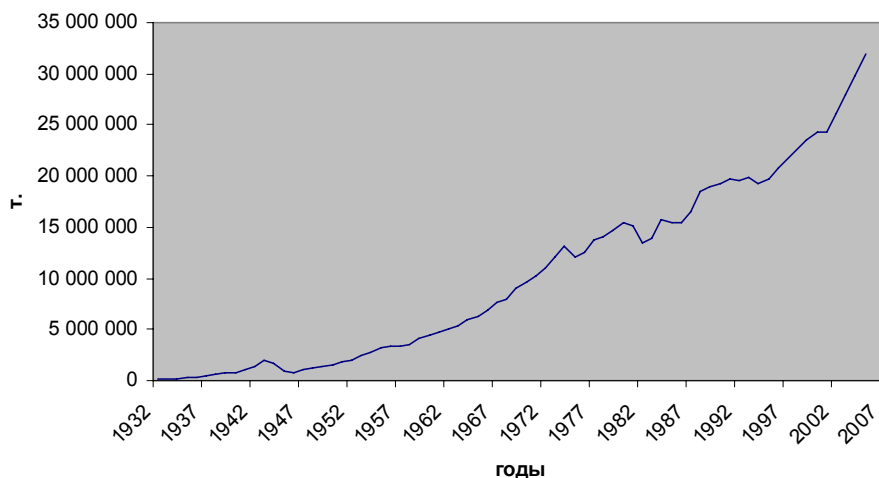
С учетом высокой потребности в алюминии предложение алюминия должно расти соответствующими темпами. Лидерами в производстве алюминия становятся те, кто может полностью обеспечить производственный цикл – добыча сырья, производство глинозема и восстановление алюминия.

Роль алюминия в экономическом прогрессе изначально прекрасно понимали в Советском Союзе, поэтому даже в условиях ограниченных запасов сырья (бокситов, из которых производится глинозем, являющийся исходным сырьем для выплавки первичного алюминия) в стране была создана мощная промышленность по производству алюминия. В России действуют 11 алюминиевых заводов общей мощностью 3 млн т, которые в 1990 г. довели выплавку металла до 2,9 млн т (этот уровень после небольшого спада был восстановлен в 1997 г.). Однако после перехода к рынку практически все промышленные гиганты страны снизили объемы производства, не обошли эти процессы и алюминиевую отрасль. Распад социалистического лагеря, а затем СССР в начале 1990-х ставит под удар российскую алюминиевую отрасль. Недостаток собственных источников сырья, резкое сокращение поставок глинозема из социалистических стран и бывших республик Советского Союза и фактическое исчезновение внутренних рынков толкает правительство на решение продавать российский алюминий за рубежом для получения средств на закупку сырья. Так, в 1991 г. в российские алюминиевые предприятия «входят» западные компании. Швейцарская трейдинговая компания Marc Rich устанавливает контроль над Красноярским алюминиевым заводом, а британская Trans World Group (TWG) – над Братским алюминиевым заводом. В 1993 г. начинается приватизация предприятий алюминиевой промышленности и в течение следующих двух лет TWG становится акционером Братского, Саяногорского и Красноярского алюминиевых заводов. К 1994 г. потребление алюминия в России падает до 15% от уровня 1989 г. и составляет около 2 кг на душу населения. После середины 1990-х годов в России начинается процесс образования крупного российского холдинга. На базе объединения Иркутского и Уральского алюминиевых заводов образуется холдинг СУАЛ, объединение акций Саяногорского алюминиевого завода, завода «САЯНАЛ» и Дмитровского алюминиевого завода дает возможность создать группу «Сибирский алюминий».

В 2000 г. TWG продает принадлежащие им акции российских предприятий акционерам «Сибнефти». Алюминиевые активы «Сибнефти» и «Сибирского алюминия» объединяются в холдинг РУСАЛ, который становится крупнейшим в России и вторым в мире производителем легкого металла. В 2007 г. создается крупнейшая в мире алюминиевая компания United Company RUSAL, объединившая активы РУСАЛа, СУАЛа и Glencore.

На настоящий момент можно смело сказать, что все трудности переходного периода преодолены, совокупные мощности нового лидера позволяют ежегодно производить более 4 млн т алюминия и 11 млн т глинозема. Алюминиевая отрасль сегодня является одним из лидеров российской промышленности и сейчас ее предприятия работают с максимальной отдачей. По количеству производимого первичного алюминия Россия уступает только Китаю. У нас выпускается 15% мирового глинозема и 12% – алюминия, причем за последние пять лет

объемы его производства стабильно возрастали на 1,5-3,5% в год. По объемам экспорта легкого металла наша страна является мировым лидером. Более 80% выпущенного российскими заводами алюминия отправляется за рубеж.



Динамика роста производства алюминия в мире  
(источник: <http://minerals.usgs.gov/> [3])

В период перестройки экономики страны предприятия алюминиевой промышленности, построенные в советское время, удалось сохранить в рабочем состоянии. Доступная и безопасная с экологической точки зрения энергия сибирских гидроэлектростанций в значительной мере способствует процветанию отрасли, ведь стоимость электроэнергии составляет от 25 до 40% затрат на производство крылатого металла, и именно ее дороговизна приводит к закрытию предприятий в Европе.

Уже сейчас число людей, занятых в алюминиевой промышленности, с учетом работников смежных производств и социального обслуживания, оценивается в 1 млн человек. Кроме того, предприятия отрасли, в большинстве своем, являются основными источниками доходов для местных бюджетов [1].

В то же время динамичный рост алюминиевой промышленности в России, увеличение объемов производства, строительство новых заводов, без сомнения, оказывают растущее влияние на окружающую среду. Ведь любое промышленное производство, и тем более металлургия, всегда сопряжено с экологическими рисками. Это и выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, и образование отходов, и высокое потребление энергии. Безусловно, экологические стороны производства алюминия принимались во внимание при строительстве алюминиевых заводов в советский период. Однако необходимо помнить, что значение и острота экологических проблем возникла не в одночасье и меры по защите окружающей среды также принимались по нарастающей. Поэтому становление экологии производства алюминия в России формально можно разделить на три этапа. Первый из них, так же как и во многих других отраслях промышленности в то время, можно охарактеризовать как период пренебрежения экологическими проблемами. На тот момент одной из главных задач стоял выпуск продукции, экологическая сторона рассматривалась по остаточному принципу.

Второй период – это постепенное осознание необходимости решения экологических проблем. При создании новых технологий уже учитываются экологические ограничения. Во Всероссийском алюминиево-магниево институте осуще-

ствляется разработка, а потом и внедрение аппаратов и установок двухступенчатой очистки газов. На Красноярском и Братском алюминиевых заводах монтируются установки сухой очистки газов, такие же установки внедряются на Кандакшском и Богословском алюминиевых заводах. Такие установки на тот момент не уступали по эффективности и эксплуатационным характеристикам зарубежным образцам, а по экономичности даже превосходили их. Создается методическая база для инструментального и расчетного определения выбросов в атмосферу. Но вводимые изменения носили точечный характер, без системного подхода.

На третьем периоде уже происходит значительный рост экологических проблем, когда последние начинают лимитировать и тормозить расширение производства. Такие ограничения устанавливаются не только государством, но и общественным мнением, кредитными институтами. В целом требования третьего этапа можно объединить в одно, которое заключается в замене устаревших технологий на более экологичные и эффективные. Но проблема в том, что технологии, используемые в алюминиевом производстве в настоящее время, были разработаны в первый период, когда внимание к экологии было минимальным. Их модернизация в настоящий момент потребует времени и значительных финансовых затрат. Однако в условиях острой конкурентной борьбы на мировом алюминиевом рынке, роста потребления алюминия и озвученных планов объединенной компании RUSAL по увеличению объемов производства инвестиции в замену всех технологий и оборудования маловероятны. Здесь необходимо искать другие решения, их поиск должен осуществляться в различных направлениях.

В производстве алюминия основное влияние на окружающую среду оказывают выделяющиеся вредные газы и твердые отходы. Выделение газов и образование отходов образуются на разных этапах производства.

Детально процесс производства алюминия выглядит следующим образом: сначала происходит добыча бокситов, специальной руды, в которой содержатся глинозем и примеси железа, кремния и пр. Далее бокситы поставляются на глиноземный завод, где бокситы дробят и производят мокрый размол. Полученную бокситовую пульпу выщелачивают в автоклавах с перемешиванием при определенной температуре и давлении. Из полученной смеси отделяют нерастворимый осадок (пески). В полученный алюминатный раствор добавляют затравку и выделяют кристаллы тригидрата алюминия. Раствор после отделения тригидрата алюминия выпаривают и подают на мокрый размол и выщелачивание боксита. Выделенные кристаллы тригидрата алюминия промывают и фильтруют. Полученный тригидрат алюминия прокалывают в печах кальцинации, где после прокалывания получается глинозем. В действующий электролизер загружают определенное количество глинозема, где под воздействием электрического тока в электролизере протекает электрохимический процесс восстановления алюминия из глинозема. Расплавленный металл периодически выливают из электролизера и транспортируют в литейное отделение. Далее алюминий доводят до нужного состояния путем добавления различных легирующих материалов. Готовый по химическому составу алюминий или алюминиевый сплав очищают от различных примесей, при необходимости модифицируют различными добавками.

Наиболее опасное для окружающей среды образование отходов происходит на этапе получения глинозема из бокситов, а выделение вредных газов образуется в основном на этапе электролиза глинозема.

Отходы на этапе получения глинозема из бокситов — это так называемый «красный шлам», густая суспензия из нерастворимых в воде силикатов, алюмосиликатов и окислов металлов.

Причиной выделения большого количества вредных газов является широко применяемая на этапе электролиза технология Содерберга. Ее использование приводит к выделению значительного количества вредных газов с примесями.

Решение обеих проблем, влияние отходов «красного шлама» и выделение вредных газов на настоящий момент разрешается разными путями.

Красный шлам – это смесь, имеющая красный цвет благодаря высокому содержанию железа, которая образуется в ходе процесса Байера. На каждую тонну полученного оксида алюминия приходится от 360 до 800 кг шлама. Теоретически красный шлам может служить сырьем для переработки, однако пока это экономически невыгодно. Сейчас шлам складировать на изолированных территориях – шламохранилищах. Шламохранилища устроены таким образом, чтобы содержащиеся в отходах щелочи не проникали в грунтовые воды. Как только хранилище отрабатывает свой потенциал, территорию можно вернуть в первоначальный вид, покрыв ее песком, золой или дерном и посадив определенные виды деревьев и трав. На полное восстановление уходят годы, но в итоге местность возвращается в изначальное состояние.

Для снижения выделения вредных газов во всем мире переходят от технологии Содерберга к технологии обожженных анодов.

В настоящее время существует три вида электролизеров, которые отличаются конструкцией анодного узла, с боковым и верхним токоподводом, а также предварительно обожженными анодами. Если коротко описать электролизер, то его можно представить как ванну, с одной стороны которой вставлен катод, с другой – анод. На катоде мы получаем алюминий, на аноде углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ). В мире используются несколько типов анодов. На первом этапе, когда к защите окружающей среды не уделялось должного внимания, широко использовались аноды Содерберга. Такие аноды были на тот момент наиболее эффективными, поскольку в течение продолжительного использования становились более электропроводными и механически крепкими. Однако по мере сгорания анода Содерберга выделяются смолистые вещества, часть из которых обладает канцерогенным эффектом. Даже после спекания аноды выделяют 2-3 кг смолистых веществ на 1 т алюминия, наработанного ванной.

Решение данной проблемы заключается в применении электролизеров с обожженными анодами, которые оснащаются предварительно обожженными анодными блоками, благодаря чему из них не выделяются смолистые вещества, что является весьма важным с экологической точки зрения.

Для новых и вводимых в эксплуатацию на настоящий момент алюминиевых заводов такая мера является необходимостью. Однако для заводов, которые на сейчас используют электролизеры Содерберга, такие как Красноярский, Братские заводы, это мало реалистично. Для перевода их на другую технологию необходимы значительные инвестиции и длительное время. Необходим поиск внедрения альтернативных методов. Например в 1970-1980-е годы исследовались панельный и кольцевой газоотсосы, укрытия различных конструкций [2]. Это сопряжено с необходимостью отсоса и очистки дополнительного объема газов и соответствующими затратами, однако это экономичнее, чем перевод на обожженные аноды. Кроме этого, объемы вредных газов можно снизить за счет обучения персонала. Для этого необходимо предусмотреть организацию внутри-заводских экологических семинаров, «круглых столов», лекций, с привлечением соответствующих специалистов. Создать систему экологического образования работников электролизных корпусов: объяснить им, что разгерметизация электролизеров сопровождается выделением вредных веществ, опасных для населения.

Основные экологические проблемы алюминиевой промышленности связаны с образованием отходов при переработке бокситов в глинозем и выделением фторидов из электролизеров. Для решения этих проблем применяются, по существу, одинаковые меры во всем мире. Так, для утилизации отходов производства алюминия строятся шлакохранилища. За снижением вредных выбросов из электролизеров стоят более сложные решения. В развитых странах проблема решается путем перевода устаревшей технологии Содерберга на технологию предварительно обожженных анодов. Однако с учетом того, что наиболее крупные алюминиевые заводы в России используют технологии Содерберга, перевод на новые технологические решения потребует значительных инвестиций и большого срока реализации. Такое решение в ближайшее время невозможно. Поэтому необходимо рассматривать альтернативные и более экономичные варианты снижения объемов выброса вредных газов.

#### Литература

1. *Галевский Г.В.* Металлургия алюминия. Мировое и отечественное производство: оценка, тенденции, прогнозы / *Г.В. Галевский*. М.: Флинта: Наука, 2004.
2. *Галевский Г.В.* Экология и утилизация отходов в производстве алюминия / *Н.М. Кулагин, М.Я. Минцис*. М.: Наука, 2005.
3. Данные сайта: <http://minerals.usgs.gov/>.

---

**ДАМПILON ЖАРГАЛ ВАЛЕРЬЕВИЧ** родился в 1983 г. Окончил Бурятский государственный университет. Аспирант кафедры экономики природопользования экономического факультета Московского государственного университета. Область научных интересов – экономика природопользования. Автор 1 научной статьи.

---