

УДК 551.510.42:669.711:551.578.46:546.16

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РУСАЛА В ПРИБАЙКАЛЬЕ

Н.И. Янченко, А.Н. Баранов, А.О. Каменский

ГОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет», г. Иркутск

Ключевые слова и фразы: атмосферные осадки; выбросы; газоочистка; гидрологический круговорот; первичный алюминий; поверхностные воды; сера; фтор.

Аннотация: Рассмотрены некоторые экологические проблемы алюминиевых заводов в Иркутске и Братске, а также возможные экологические проблемы новых алюминиевых заводов в Прибайкалье. Выполнен химический анализ снежного покрова, аэрозолей, составлен материальный баланс фтора. Показано, что устойчивое развитие алюминиевой промышленности может быть достигнуто при снижении влияния на элементы гидрологического круговорота.

Размещение предприятий обусловлено, прежде всего, имеющейся доступной и дешёвой гидроэлектроэнергией, полученной на гидроэлектростанциях Ангары. В мире цена на электроэнергию (2 цента/кВт·ч) считается низкой, в Сибири алюминиевые заводы платят около 1 цента/кВт·ч, на Урале – 1,5 цента/кВт·ч [1]. Расход электроэнергии на 1 тонну алюминия составляет примерно 15 000 кВт·ч. В настоящее время в Прибайкалье расположен крупнейший в мире Братский алюминиевый завод, работающий с 1966 г. с современной производительностью более 1 млн т/год и Иркутский алюминиевый завод, работающий с 1962 г. с современной производительностью примерно 380 тыс. т/год. Идёт строительство Тайшетского (мощность 750 тыс. т/год) и Богучанского (мощность 600 тыс. т/год) алюминиевых заводов и пятой серии Иркутского алюминиевого завода (ИрКАЗ). Эти предприятия входят в глобальную систему Объединённой компании Российский алюминий (РУСАЛ).

Янченко Н.И. – доцент кафедры металлургии ИрГТУ, E-mail: info@istu.edu;
Баранов А.Н. – доктор технических наук, профессор кафедры металлургии ИрГТУ; Каменский А.О. – сотрудник кафедры металлургии ИрГТУ, г. Иркутск.

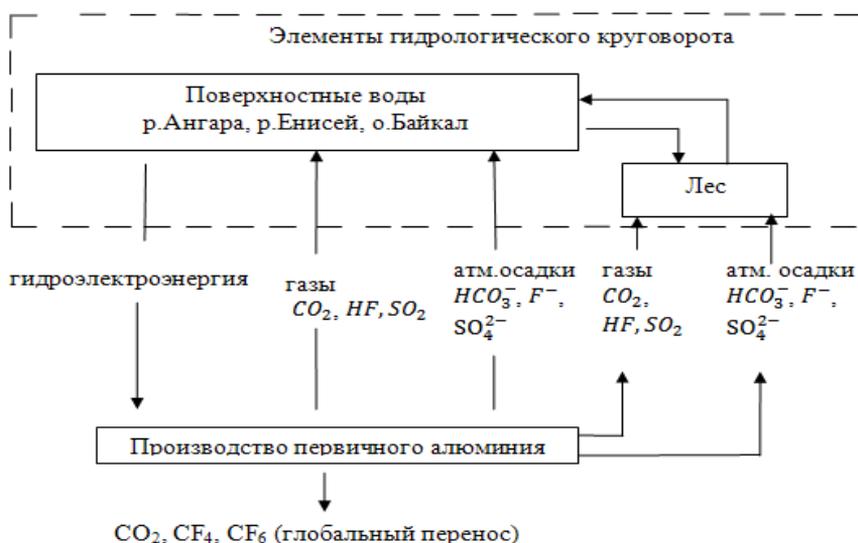


Рис. 1. Распространение выбросов производства алюминия в локальном и региональном масштабе и их влияние на гидрологический круговорот

В России объём производства РУСАЛ составляет 3,75 млн т. алюминия [2], следовательно, 37 % первичного алюминия производится в Прибайкалье. Из России вывозится металл в основном в «чушках» с невысокой добавленной стоимостью, вывоз составляет примерно 85 %. Потребление металла в России примерно 4 кг/чел., в индустриально развитых странах 20–25 кг и выше [2]. Известно, что многие страны не хотят размещать на своей территории производство первичного алюминия, в том числе и по проблемам, связанным с воздействием на окружающую среду и здоровье населения.

В настоящее время в бюджет поступают платежи за выбросы HF, 205 руб. за 1 т. (Постановление правительства РФ от 12.06.2003 № 344), при этом годовые платежи за выбросы составят примерно 0,001 % от продажи алюминия. Очевидно, что эта сумма не компенсирует ущерб, причиненный окружающей среде. Сейчас в Братске сложная экологическая ситуация, обусловленная деятельностью Братского алюминиевого завода (БрАЗ) и других промышленных предприятий. В начале 90-х гг. принято постановление Правительства РФ от 23.04.94 № 376 «О федеральной целевой программе неотложных мер по улучшению состояния окружающей среды, санитарно-эпидемиологической обстановки и здоровья населения г. Братска Иркутской области». Таким образом, основные экологические проблемы остаются в местах локализации заводов. Сейчас идет строительство двух новых заводов и не хотелось бы повторения экологических проблем на практически неосвоенных северных территориях. Байкальский регион поддерживает экологическое равновесие в Северном полушарии.

БрАЗ и ИркАЗ применяют технологию с самообжигающимися анодами и системой «мокрой» газоочистки, которая основана на абсорбции отходящих газов сододикарбонатным раствором. Применяемый сододикарбонатный способ очистки выбросов менее эффективен для улавливания фторидов по сравнению с «сухой» газоочисткой, основанной на адсорбции

фторидов сухим глиноземом. Но внедрение «сухой» газоочистки на действующих и строящихся заводах может привести к снижению фторидного загрязнения, к увеличению загрязнения окружающей среды выбросами соединений серы. В связи с этим приведена краткая оценка некоторых экологических проблем в районах размещения алюминиевых заводов и возможные проблемы, которые могут возникнуть при реализации предложенных проектов строительства алюминиевых заводов.

Использование вод Ангары для получения гидроэлектроэнергии влияющие выбросов БрАЗа на поверхностные воды Братского водохранилища. БрАЗ и ИркАЗ оказывают негативное влияние на объекты окружающей среды, в том числе и на поверхностные воды Ангары и Байкала с 1962 г. Это связано с прямым воздействием выбросов, выпадением загрязнённых атмосферных осадков (рис. 1), сбросами сточных вод. Косвенное воздействие на поверхностные воды связано со снижением продуктивности лесных экосистем. Постоянными исследованиями в 2008–2009 гг. установлено, что в дождевых осадках на метеоплощадке п. Падун, находящейся на берегу Братского водохранилища и удалённой от БрАЗа на 23 км, содержание фтора составляет 0,44–0,69 мг/л, что в 1,6–2,3 раза больше, чем в фильтрате снежных осадков. Атмосферные осадки поступают на подстилающую поверхность, в том числе и на поверхность Братского водохранилища. Как известно [3], в год в Братске выпадает 369 мм осадков, из них на тёплый период приходится 75 % осадков, т.е. 276 мм (276 000 тонн/км²). С учётом содержания фтора в осадках около 0,4 мг/л с дождевыми осадками выпадает примерно 0,11 т фтора/км². Известно, что Братское водохранилище разделено на 11 участков. В соответствии с направлением переноса выбросов с воздушными массами предполагаем, что наибольшее воздействие оказывается на участок I – Приплотинный (площадь примерно 220 км²) и участок VI – Долоновский (площадь 590 км²) [4]. Таким образом, оценено, что на поверхность I участка с дождем поступило 30 т фтора и на поверхность VI участка – 88,6 тонн фтора, в сумме примерно 120 т за летний период. Высота снега на водохранилище в феврале–марте составляла 10–15 см (рис. 2).



Рис. 2. Изучение распространения выбросов фторидов в снежном покрове Братского водохранилища (февраль 2009 г.):
слева – студент Братского государственного университета А. Шехов, справа – доцент Н.И. Янченко.

Предполагаем, что количество фтора, запасённое в снежном покрове на площади 810 км² при высоте 10 см плотности 0,25 г/см³ и содержании фтора 0,2 мг/л, приблизительно равно 7,3 т.

Использование вод Байкала для получения гидроэлектроэнергии и влияние выбросов г. Шелехова. ИркАЗ и БрАЗ используют электроэнергию Иркутской ГЭС и Братской ГЭС, построенных на Ангаре, которая вытекает из о. Байкала. Например, доля байкальских вод, поступающих через Иркутскую ГЭС в Братское водохранилище, в общем притоке составляет 65 % [4]. В Иркутском водохранилище доля байкальских вод выше, так как плотина Иркутской ГЭС расположена на расстоянии примерно 70 км от о. Байкал. Река Ангара впадает в реку Енисей, на которой будет построена Богучанская ГЭС, акции которой принадлежат и Объединённой компании РУСАЛ. Известно, что происходит постоянное воздействие выбросов ИркАЗа и Иркутска на поверхностные воды Ангары и Байкала в районе п. Листвянка. С использованием численных моделей распространения примесей выявлены области повышенного загрязнения соединениями серы в регионе о. Байкал [5].

Влияние выбросов оксидов углерода, перфторуглеродов (ПФУ) на парниковый эффект. Известно, что на алюминиевых заводах Прибайкалья в настоящее время применяют самообжигающиеся аноды (расход анода примерно 540 кг/тА1), изготовленные из нефтеепекового и одна серия электролизеров ОА с анодами из нефтяного кокса (ИркАЗ). Технологией электролитического получения алюминия предусмотрено сгорание анодов и соответственно выделяются оксиды углерода, которые сгорают до диоксида углерода (рис.1). Во время анодных эффектов выделяются перфторуглероды, относящиеся к парниковым газам. Время существования ПФУ в атмосфере 2,6–5 тыс. лет [6]. Вклад ПФУ в парниковый эффект 0,29 %. Так, в отличие от диоксида углерода, который не является чужим для биосферы, ПФУ являются чужими и не участвуют в биогеохимических циклах. CF₄ имеет потенциал потепления в 6 500 раз больше, чем диоксид углерода, CF₆ в 9 200 раз больше [6]. Таким образом, может измениться температурный режим существования биоценозов бореальных лесов, что отразится на гидрологическом цикле.

Влияние анодного эффекта на лесные ресурсы. В процессе электролиза происходят анодные эффекты. При этом на гашение анодного эффекта расходуется один деревянный гасильный шест (жердь), изготовленный из подроста берёзы или осины, т.е. из лиственных пород (хотя применяют и сосну), которые характеризуются меньшим содержанием смолистых веществ, гибкостью и другими технологическими показателями. При выпуске алюминия на заводах Иркутской области в количестве 2 000 000 т, расход гасильных шестов составит 980 000 – 1 200 000 штук. Таким образом, для нужд алюминиевого завода применяется молодой подрост, который не всегда вырубается в процессе санитарной рубки. Одно из возможных направлений дополнительного ресурсосбережения в производстве алюминия: применение брикетирования древесных отходов от переработки перестойных или иных лиственных деревьев, с целью получения гасильного шеста.

Влияние выбросов фторидов на лес. В выбросах производства алюминия присутствуют газообразные и твёрдые фториды и диоксид серы, оказывающие негативное влияние на лес, в том числе на хвойные деревья.

Сходство динамики ослабления лесов вблизи ИркАЗа и БрАЗа заключалось в том [7], что в обоих случаях появлению очага поражения предшествовала латентная (скрытая) стадия, во время которой происходило накопление «критической массы» воздействия и нарушение буферных свойств экосистем, затем поражение проявилось визуально. Так, вблизи БрАЗа латентный период составил менее 2 лет, вблизи ИркАЗа – около 12 лет [7]. Угнетение роста хвойных деревьев сказывается и на гидрологическом режиме. В работе [8] указано, что площадь водосбора Ангары на участке от Иркутска до Братска уменьшилась на 3 % по разным причинам. Известно, что вода и лес – основные звенья гидрологического круговорота и не исключено, что негативное влияние выбросов заводов косвенным или прямым образом отражается на хвойных лесах (площади водосбора) и гидрологическом режиме в районе Прибайкалья (рис. 1). Локальное воздействие фторидов очевидно. Влияние фторидов, «уходящих» в дальний перенос требует рассмотрения.

Влияние выбросов БрАЗа на содержание сульфат-ионов атмосферных аэрозолей. В настоящее время содержание диоксида серы в атмосферном воздухе Братска не превышает ПДК_{с.с.}. Доля БрАЗа в выбросах диоксида серы от промышленных предприятий города составляет примерно 30 %. Вероятно, надо учитывать возможность превращения диоксида серы в сульфаты и присутствие их в составе аэрозолей. Авторами установлено, что в феврале–марте 2008 г. содержание сульфат-иона в аэрозолях в п. Чекановский находится в интервале 3–7 мкг/м³, в аэрозолях в г. Братске – в интервале 3–7 мкг/м³. На станции Монды (фоновая станция наблюдений Лимнологического института СО РАН, расположенная на Байкальской природной территории) содержание сульфат-иона зимой составляет 0,7 мкг/м³ [9], т.е. в Братске отмечено превышение в 10 раз.

Внедрение «сухой» газоочистки и увеличение выбросов диоксида серы. Предполагаем, что поступление соединений серы в окружающую среду Прибайкалья в ближайшие годы может увеличиться вследствие использования высокосернистых нефтяных коксов для изготовления анодов. В проекте на строительство БоАЗа ожидается 8 тыс. т в год выбросов сернистых соединений. В России нефть высокосернистая и при использовании её для производства нефтекокса содержание серы в аноде может увеличиться с 1,5 % до 2,5–3 %, тогда выбросы серы составят 16–24 тыс. т в год. В этом случае возможно ещё большее отрицательное воздействие на окружающую среду, тем более что в районе строительства БоАЗа почвы кислые и рН воды некоторых подземных источников менее 6, что также необходимо учитывать. Как указано выше, в Братске при наличии «мокрой» газоочистки, которая эффективна для улавливания диоксида серы, содержание сульфат-ионов в атмосферном воздухе выше, чем на фоновой станции. Вероятно, в проекте строительства Богучанского алюминиевого завода (БоАЗ) необходимо предусмотреть очистки от диоксида серы, так как предложенный метод «сухой» газоочистки малоэффективен по отношению к диоксиду серы.

Причина фторидного загрязнения – высокий удельный расход фтора. Авторы участвовали в подготовке отчёта «Экспертная оценка материалов (ОВОС) к материалам обоснования инвестиций строительства Богучанского алюминиевого завода на соответствие российским и международ-

ным стандартам» ООО «Сибирской экологической компании» в 2008 г. В проекте БоАЗа заложен удельный расход AlF_3 22,5 кг/т алюминия. При производительности завода 600 тыс. т/год на завод поступит 13 200 т/год фтористого алюминия, что в пересчёте на фтор ($K_p=0,62$) равно поступлению 8 976 т/год фтора. Расчёт авторов по данным проекта: выбросы в атмосферу составят 285,6 тонн; складировано на полигоне – 1 555 т; итого вышло фтора с завода – 1 840,6 т. Неувязка баланса – 7 135,4 т. Необходимо решить вопрос о распределении более 7 000 т фтора. Если этот фтор поступит в атмосферу, то будет экстремальное воздействие на окружающую среду с учётом выбросов диоксида серы без очистки 8 000 т/год. Если этих выбросов не будет, удельный расход фтора должен быть на уровне 4 кг/т алюминия, т.е. в 5 раз меньше заложенного в материалах ОВОС – 22,5 кг/т. Таким образом, нет баланса по фтору. В перспективном проекте, рассчитанном на эксплуатацию десятилетиями, уже заложено негативное влияние на окружающую среду БоАЗа, подобно тому, которое сейчас наблюдается в районе Братска [10] и г. Шелехов.

Развитие алюминиевой промышленности в Прибайкалье обеспечивается дешёвой гидроэлектроэнергией, вырабатываемой на ГЭС реки Ангара с 1962 г. Уровень воды Братского и Иркутского водохранилища определяется многими факторами, в том числе и условиями гидрологического режима. ГЭС регулирует уровень водохранилища для обеспечения выработки электроэнергии, необходимой и для алюминиевых заводов, при этом нарушаются условия существования прибрежных экосистем. Анализ экологической ситуации показывает, что воздействие выбросов фторидов и серосодержащих соединений нарушает экологическое равновесие и, возможно, это отразится на гидрологическом режиме. В связи с этим, может и не быть дешёвой электроэнергии.

Таким образом, устойчивое развития алюминиевой промышленности в Прибайкалье определяется многими экологическими и экономическими факторами. Так European aluminium association (европейская алюминиевая ассоциация) придерживается идеи – Aluminium for Future Generations (алюминий для будущих поколений), в РФ также есть всё необходимое для обеспечения развития алюминиевой промышленности без деградации и разрушения окружающей среды в будущем.

Работа выполнена при поддержке проекта 2.1.1/6468 аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 гг.)» Федерального агентства по образованию Министерства образования и науки Российской Федерации.

Список литературы

1. Зельберг, И.С. Перемены на рынке алюминия за десятилетие : 1996–2006 гг. / И.С. Зельберг // *Электрометаллургия легких металлов* : сб. науч. Трудов. – Иркутск : СибВАМИ, 2006. – 289 с.
2. Сизяков, В.М. Проблемы развития производства глинозема в России / В.М. Сизяков // *Цветные металлы* : сб. докладов первого международного конгресса. – Красноярск : Версо, 2009. – С. 120–134.
3. *Климат Братска* / Под ред. Ц.А. Швер, В.Н. Бабиченко. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 168 с.

4. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Братское водохранилище / Под ред. Ф.И. Белых, В.А. Знаменского. – Л. : Гидрометеоиздат, 1978. – 166 с.
5. Потемкин, В.Л. Исследование процессов распространения диоксида серы и озона на юге Восточной Сибири / В.Л. Потемкин. – 2006. – № 7. – С. 19.
6. Антонов, Б.И. О Киотском протоколе и не только о нем / Б.И. Антонов, И.С. Пронин, С.И. Пронин // Безопасность жизнедеятельности. – 2005. – № 2. – 20 с.
7. Комплексная оценка состояния лесов Тайшетского района перед запуском алюминиевого производства в Тайшете / Под ред. Т.А. Михайловой. – Иркутск : Изд-во Института географии СО РАН, 2005. – С. 159.
8. Синюкович, В.Н. Водный режим Братского водохранилища в период нормальной эксплуатации / В.Н. Синюкович, И.А. Мартынова // География и природные ресурсы. – 2003. – № 3. – С. 105–110.
9. Ходжер, Т.В. Исследование состава атмосферных выпадений и их воздействия на экосистемы Байкальской природной территории / Т.В. Ходжер. – М., 2005. – 45 с.
10. Янченко, Н.И. Распределение фтора в зоне влияния алюминиевого производства / Н.И. Янченко, В.Л. Макухин, А.Н. Баранов, 2008. – С. 22–25.

Problems of Steady Development of Aluminum Manufacturing at RUSAL Enterprises in Baikal Region

N.I. Yanchenko, A.N. Baranov, A.O. Kamensky

Irkutsk State Technical University, Irkutsk

Key words and phrases: atmospheric condensation; emission; gas purification; hydrologic circulation; primary aluminum; surface water; sulfur; fluorine.

Abstract: The paper studies some ecological problems of aluminum companies in Irkutsk and Baikal region as well as possible ecological problems of new aluminum companies in Baikal region. The chemical analysis of snow cover, sprays is carried out; material balance of fluorine is composed. It is shown that steady development of aluminum industry can be achieved when the effect on elements of hydrologic circulation is decreased.

© Н.И. Янченко, А.Н. Баранов, А.О. Каменский, 2009