

УДК 613.6:616-006.04

## ВЫБРОСЫ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ОТ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КОРПУСОВ НИКЕЛЕВЫХ ЗАВОДОВ

Липатов Г.Я., Адриановский В.И., Шарипова Н.П., Борисенко Л.А.

ГБОУ ВПО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Екатеринбург, e-mail: [adrianovsky@k66.ru](mailto:adrianovsky@k66.ru)

Приведены результаты изучения содержания пыли и вредных веществ в атмосферных выбросах от металлургических корпусов никелевых заводов. Показано, что никелевые предприятия являются значительными источниками загрязнения окружающей среды и заводских территорий диоксидом серы, пылью, её канцерогенными компонентами (никель и мышьяк). Основными источниками выбросов вредных веществ в атмосферу от производственных корпусов в металлургии никеля являются обжиговые и плавильные печи, конвертера. Значительный процент валовых выбросов составляют неорганизованные поступления вредных веществ в атмосферу. Условия, характер и количество выбросов вредных веществ зависят от уровня технической вооруженности промпредприятий, состояния газоочистных устройств и вентиляции цехов, степени утилизации вредных веществ. Автогенные процессы плавки убедительно продемонстрировали свое гигиеническое преимущество по сравнению с устаревшими способами получения никеля (шахтная и рудотермическая плавка).

**Ключевые слова:** металлургия никеля, пыль, диоксид серы, мышьяк, никель, бенз(а)пирен

## EMISSIONS OF HARMFUL SUBSTANCES FROM THE METALLURGICAL BUILDINGS OF NICKEL PLANTS

Lipatov G.Y., Adrianovskiy V.I., Sharipova N.P., Borisenko L.A.

The Ural State Medical University, Yekaterinburg, e-mail: [adrianovsky@k66.ru](mailto:adrianovsky@k66.ru)

The results of studying the dust and harmful substances in air emissions from the buildings of nickel plants are presented. It is shown that nickel enterprises are significant sources of pollution and factory areas sulfur dioxide, dust, its carcinogenic components (nickel and arsenic). The main sources of emissions to the atmosphere from industrial buildings in nickel metallurgy are kilns and furnaces, converters. A significant percentage of total emissions are fugitive allow harmful substances into the atmosphere. Conditions, the nature and quantity of emissions depends on the level of technical equipment of industrial enterprises, the state gas cleaning devices and ventilation plants, the degree of utilization of harmful substances. Autogenous smelting processes convincingly demonstrated their hygienic advantages compared to legacy methods of preparation of nickel (mine and ore-thermal fusion).

**Keywords:** nickel metallurgy, dust, sulfur dioxide, arsenic, nickel, benzo(a)pyrene

Техническое перевооружение металлургического производства никеля охватило все основные переделы, начиная с подготовки шихты, плавки и конвертирования, заканчивая получением товарного никеля. Наиболее радикальное изменение претерпела плавка – на смену устаревших способов переработки руд в шахтных и рудотермических печах пришли автогенные процессы, характеризующиеся высокой степенью автоматизации производства и утилизации отходящих газов. Никелевые заводы служат источником загрязнения атмосферного воздуха никелем, соединениями свинца, кобальта, марганца, мышьяка, диоксида и триоксида серы и др. [3, 6]. В связи с этим представляло интерес оценить выбросы вредных веществ в атмосферный воздух от металлургических корпусов никелевых заводов.

**Цель исследования** – дать гигиеническую оценку выбросов вредных веществ в зависимости от используемых технологических процессов в металлургическом производстве никеля.

### Материалы и методы исследования

Для реализации указанной цели нами проводилось изучение содержания пыли и вредных веществ в плавильных цехах предприятий металлургии никеля: ОАО «Уфалейникель», где осуществляется плавка никеля в шахтных печах, комбинат «Печенганикель», использующий рудотермические печи, и «Надединский медеплавильный завод» (НМЗ), где для получения никеля используются автогенные процессы (плавка во взвешенном состоянии).

Воздухообмен плавильных корпусов определялся по вытяжке и контролировался по притоку. Шахты и фонари в зависимости от размеров разбивались на равные части, в центре каждой из которых устанавливались замерные точки. Рабочая зона производственных корпусов делилась также на участки, соответствующие замерным сечениям на кровле. На протяжении 3–4 дней в течение рабочей смены в замерных точках аэрационных проемов, в рабочей зоне, в приточном воздухе замерялись концентрации пыли, никеля, мышьяка, диоксида серы и бенз(а)пирена. В период исследований осуществлялся контроль за работой санитарно-технического оборудования, проводились хронометражные наблюдения за ходом технологического процесса.

Определение пыли в воздухе проводилось в соответствии с методическими указаниями [4].

Содержание в воздухе рабочей зоны никеля, мышьяка, диоксида серы и бенз(а)пирена было проведено по общепринятым в гигиенических исследованиях стандартным методикам [5]. Гигиеническая оценка концентраций пыли и вредных веществ в воздухе проводилась в сравнении их с ПДК на основании гигиенических нормативов 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

### Результаты исследования и их обсуждение

Основными источниками выбросов вредных веществ в атмосферу от производственных корпусов в металлургии никеля являются обжиговые и плавильные печи, конвертера. Обжиговые газы, содержащие в своем составе 7–18% диоксида серы и пыль, после технологической очистки от пыли в пылевых камерах, циклонах и электрофильтрах подвергаются утилизации с получением серной кислоты или элементарной серы. Высота труб, предназначенных для отведения металлургических газов, колеблется от 70–100 м на уральских заводах до 200–250 м на предприятиях Крайнего Севера.

Газы, образующиеся при плавке никелевых руд в шахтных и рудотермических печах, из-за незначительного содержания диоксида серы (0,6–1,8%) технически непригодны для утилизации, вследствие чего полностью удаляются в атмосферу.

При конвертировании содержание диоксида серы в отходящих газах возрастает до 3–4%, обеспечивая тем самым утилизацию их в производстве элементарной серы или серной кислоты. Следует отметить, что на большинстве предприятий вследствие малой эффективности пылеочистных сооружений более 50% конвертерных газов не утилизируется, а удаляется в атмосферу [1].

Таким образом, несовершенство технологического оборудования, малый удельный объем серы в отходящих газах и незначительная эффективность очистных сооружений, – все это обуславливает низкий процент утилизации серосодержащих металлургических газов, а также весьма существенный объем валовых выбросов диоксида серы и пыли (табл. 1).

Таблица 1

Валовые выбросы вредных веществ, кг/ч

Производство, предприятие	Диоксид серы		Пыль	
	Всего	На тонну	Всего	На тонну
Комбинат «Печенганикель»	64400	200	457	14,0
ОАО «Уфалейникель» завод	10579	96	1234	11,0
НМЗ	33445	27	1042	6,9

Ни на одном из металлургических предприятий, за исключением НМЗ, степень утилизации вредных веществ не превышала 35–40%.

Наглядно характеризуют предприятия как источники загрязнения окружающей среды удельные выбросы диоксида серы и пыли. Наиболее низки они на ОАО «Уфалейникель» и НМЗ. Что касается ОАО «Уфалейникель», то относительно низкие выбросы сернистого ангидрида на тонну используемого сырья объясняются технологией производства: сера вводится с пиритом только как технологическая добавка. При этом, если при окисленной плавке (ОАО «Уфалейникель») содержание соединений серы в тонне шихты не превышает 120–130 кг, то при сульфидной плавке достигает 230–250 кг. На НМЗ с внедрением автогенных процессов плавки значительно увеличилась степень утилизации диоксида серы, содержание которого в отходящих газах достигает 25–30%. И лишь малая мощность производства элементарной серы и серной

кислоты не позволяет радикально изменить экологическую обстановку, максимально сократить организованные выбросы серосодержащих газов в атмосферу.

Значительный процент валовых выбросов составляют неорганизованные поступления вредных веществ в атмосферу. В табл. 2 приведены результаты исследования неорганизованных выбросов диоксида серы, пыли, неорганических соединений мышьяка и никеля, бенз(а)пирена от металлургических корпусов, оборудованных, с одной стороны рудотермическими печами (комбинат «Печенганикель»), с другой – агрегатами автогенной плавки сульфидных медно-никелевых руд во взвешенном состоянии (НМЗ). Гигиеническое преимущество последних не вызывает сомнений. Так, например, удельные выбросы (на тонну шихты) пыли через аэрационные и технологические проемы в металлургическом корпусе НМЗ более чем в 3 раза меньше таковых на комбинате «Печенганикель», никеля – в 12 раз, сернистого ангидрида –

в 44 раза. Снизить выбросы предприятиям удалось, в первую очередь, за счёт герметизации оборудования, повышения эффективности газоотсоса и вентиляционных

систем, а также организационных форм работы, в частности, введения экономического стимулирования рабочих, обслуживающих пылегазоочистное оборудование [2].

**Таблица 2**

Неорганизованные выбросы вредных веществ в атмосферу

Вредные вещества		Предприятие	
		НМЗ	Комбинат «Печенганикель»
Пыль, кг/ч	Всего	204,4	85,8
	На тонну шихты	0,8	2,7
Мышьяк, г/ч	Всего	29,9	5,6
	На тонну шихты	0,11	0,17
Никель, кг/ч	Всего	2,3	3,5
	На тонну шихты	0,009	0,11
Бенз(а)пирен, г/ч	Всего	2,23	12,3
	На тонну шихты	0,009	0,39
	На 1 мВА	0,030	0,081
Диоксид серы, кг/ч	Всего	269,2	1416,9
	На тонну шихты	1,1	44,0

К сожалению, при решении проблемы выбросов вредных веществ в атмосферу при строительстве, реконструкции и техническом перевооружении предприятий зачастую первоочередной задачей ставится экономический эффект внедренных мероприятий (снижение потерь металла, серы и т.д.) и забываются или игнорируются гигиенические критерии. Так, ликвидация самоспекающихся электродов при автогенных процессах плавки на НМЗ позволила сократить, но не исключить выбросы смолистых веществ, в том числе бенз(а)пирена, источниками которых остаются электропечи,

используемые для обеднения шлаков печей взвешенной плавки и конвертеров.

Неорганизованные выбросы вредных веществ в значительной степени определяют состояние воздушной среды производственных территорий и особенно приточного воздуха, поскольку большая часть его не подвергается очистке. Как видно из табл. 3, наиболее высокие концентрации пыли наблюдались в приточном воздухе НМЗ, характеризуемом неорганизованными максимальными выбросами промышленных аэрозолей. Тем же, по-видимому, можно объяснить загрязнение приточного воздуха диоксидом серы.

**Таблица 3**

Концентрация вредных веществ в воздухе на территориях металлургических корпусов, мг/м<sup>3</sup>

Производство, предприятие	Диоксид серы		Пыль		Никель		Бенз(а)пирен	
	среднее	макс.	среднее	макс.	среднее	макс.	среднее	макс.
ОАО «Уфалейникель»	3,8 ± 0,5	4,4	1,4 ± 0,2	1,9	0,006 ± 0,0003	0,04	–	–
Комбинат «Печенганикель»	8,5 ± 2,2	54,5	3,4 ± 0,2	9,4	0,06 ± 0,006	0,14	0,07 ± 0,007	0,22
НМЗ	2,9 ± 0,2	4,6	6,9 ± 1,5	20,3	0,04 ± 0,003	0,12	0,06 ± 0,01	0,12

На все предприятия воздух поступает загрязненный неорганическими соединениями никеля в концентрациях на уровне ПДК (для воздуха рабочей зоны) или значительно выше ее.

Наиболее высоким содержанием бенз(а) – пирена в приточном воздухе, как

и следовало ожидать, характеризуются металлургические предприятия, использующие для переработки рудного сырья электропечи, оборудованные самоспекающимися электродами (комбинат «Печенганикель»). Согласно проведенным исследованиям, концентрации бенз(а)пирена в приточном

воздухе при неблагоприятных климатических условиях и значительных неорганизованных выбросах вредных веществ превышали ПДК для воздуха рабочей зоны (табл. 3).

Концентрации никеля и его соединений в воздухе на территориях никелевых заводов колеблются от 0,001 до 0,06 мг/м<sup>3</sup>, содержание мышьяка и его неорганических соединений не превышает 0,002 мг/м<sup>3</sup>. По данным химического и рентгеноструктурного анализа никель и мышьяк находятся преимущественно в виде малорастворимых сульфидных и оксидных соединений.

Содержание бенз(а)пирена в воздухе территорий никелевых заводов, использующих рудотермическую плавку, находится в пределах 1/2 ПДК для воздуха рабочей зоны, на остальных предприятиях на уровне тысячных долей мкг/м<sup>3</sup>.

### Заключение

Таким образом, никелевые предприятия являются значительными источниками загрязнения окружающей среды и заводских территорий диоксидом серы, пылью, её канцерогенными компонентами (никель и мышьяк). Условия, характер и количество выбросов вредных веществ зависят от уровня технической вооружённости промпредприятий, состояния газоочистных устройств и вентиляции цехов, степени утилизации вредных веществ.

### Список литературы

1. Бабаджан А.А., Поплаухин А.С., Завьялов М.М. Основные направления научно-технического прогресса в металлургическом производстве Урала // Цветная металлургия. – 1986. – № 5. – С. 10–13.
2. Липатов Г.Я., Адриановский В.И. Гигиеническая оценка строительно-планировочных и санитарно-технических решений в пирометаллургии меди // Уральский медицинский журнал. – 2011. – № 9. – С. 23–25.
3. Липатов Г.Я. Гигиена труда и профилактика профессионального рака в пирометаллургии меди и никеля: дис. ... д-ра мед. наук. – Свердловск, 1991. – 372 с.

4. Методические указания по измерению концентраций аэрозолей преимущественно фиброгенного действия. – М.: Медицина, 1987. – 26 с.

5. Методические указания по измерению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – М.: Медицина, 1991. – Вып. 12. – С. 79–85.

6. Серебряков П.В. Использование оценки канцерогенного риска на горнорудных и металлургических предприятиях Заполярья // Гигиена и санитария. – 2012. – № 5. – С. 95–98.

### References

1. Babadzan A.A., Poplauchin A.S., Zavjalov M.M. *Tsvetnaya metallurgiya – Non-ferrous metallurgy*, 1986, no. 5, pp. 10–13.
2. Lipatov G.Ja., Adrianovsky V.I. *Uralskiy meditsinskiy zhurnal – Ural medical journal*, 2011, no 9, pp. 23–25.
3. Lipatov G.Ja. *Gigiena truda i profilaktika professional'nogo raka v pirometallurgii medi i nikelja: dis. ... dokt. med. nauk* [Occupational health and prevention of occupational cancer in the copper and nickel pyrometallurgy: thesis of Doctor of Medicine], Sverdlovsk, 1991, 372 p.
4. *Metodicheskie ukazaniya po izmereniju koncentracij ajerozolej preimuvestvenno fibrogennogo dejstviya* [Guidelines for the measurement of concentrations of aerosols predominantly fibrogenic action], Moscow, Meditsina, 1987, 26 p.
5. *Metodicheskie ukazaniya po izmereniju kontsentratsiy vrednykh veschestv v vozduhe rabochey zonyi* [Methodological guidelines for the measurement of concentrations of harmful substances in the air of the working area], Moscow, Meditsina, 1991, Issue 12, pp. 79–85.
6. Serebryakov P.V. *Gigiena i sanitariya – Hygiene and sanitation*, 2012, no 5, pp. 95–98.

### Рецензенты:

Плотко Э.Г., д.м.н., профессор, заместитель директора, ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека Роспотребнадзора, г. Екатеринбург;

Ползик Е.В., д.м.н., профессор, заместитель директора по научной работе, Уральский научно-практический центр медико-социальных и экономических проблем здравоохранения, г. Екатеринбург.

Работа поступила в редакцию 17.10.2014.