

# ЭВР

12'14

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК РОССИИ  
ENVIRONMENTAL BULLETIN OF RUSSIA

## ТЕМЫ НОМЕРА

### НЕФТЬ. ГАЗ. ХИМИЯ: ООС

Нефтезагрязнения лучше всего чистят  
аборигенные микроорганизмы

Indigenous microorganisms are best cleaners  
of oil-contaminated areas

### ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ

Методподходы при  
разработке перечня  
загрязняющих веществ

Methodological approaches  
in drafting pollutants list

### ЭКОЛОГИЯ И ЭКОНОМИКА

Недооценка опасности  
выбросов мышьяка  
на здоровье населения

Risks of arsenic emissions on  
human health are underestimated

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛОНКА

Украинские силовики убили  
донецких школьников за их  
не проукраинскую позицию

Ukrainian security officials killed Donetsk  
pupils for their not pro-Ukrainian position



Входит в систему российского  
научного цитирования  
(РИНЦ)

# ВЫБРОСЫ МЫШЬЯКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМИ ЗАВОДАМИ РОССИИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ



И.М. Петров



И.Ф. Вольфсон



А.И. Петрова

**Из-за недостаточно эффективных систем газоочистки большая часть мышьяка сосредотачивается в выбросах металлургических заводов. Анализ данных позволяет сделать вывод о том, что в Российской Федерации при наличии существенных выбросов мышьяка в окружающую среду существует недооценка опасности его воздействия на здоровье людей. Необходимо внедрение комплексных технологий переработки сырья с переводом мышьяка в малотоксичные продукты и их безопасное захоронение. Требуется разработка программы по изучению механизмов действия мышьяка и его соединений в выбросах на здоровье людей.**

Повышенный интерес к мышьяку, как высокотоксичному элементу, сегодня обусловлен тем, что население ряда стран и регионов мира находится под воздействием высоких концентраций мышьяка, растворенного в питьевых водах. При этом установлена тесная зависимость между воздействием мышьяка и увеличением риска

возникновения различных клинико-патологических ситуаций. Как известно, по классификации, разработанной Международным институтом изучения рака в Лионе, мышьяк отнесен к группе веществ, канцерогенные свойства которых доказаны исследованиями.

На основании результатов различных исследований проникновение

мышьяка в организм человека проявляется в виде различных форм заболеваний - сердечно-сосудистые, кожные заболевания, болезни репродуктивных органов, неврологические, респираторные, гематологические заболевания, болезни печени, мочевыводящих путей, желудочно-кишечного тракта и эндокринной системы (рисунок 1) [1], [2].

Анализ многочисленных и в то же время разрозненных данных позволяет сделать вывод о том, что в Российской Федерации при наличии существенных выбросов мышьяка в окружающую среду существует недооценка опасности его воздействия на здоровье людей.

Следует отметить, что в РФ не ведется постоянный мониторинг так называемого «As-загрязнения», отсутствуют данные содержания мышьяка в атмосфере крупных промышленных городов.

Игорь Михайлович Петров, д.т.н., генеральный директор, ООО «Исследовательская группа «Инфомайн»,  
Иосиф Файтелеевич Вольфсон, к.г.-м.н., ученый секретарь Российского геологического общества (РосГео),  
Александра Игоревна Петрова, студентка Государственного университета управления (ГУУ).

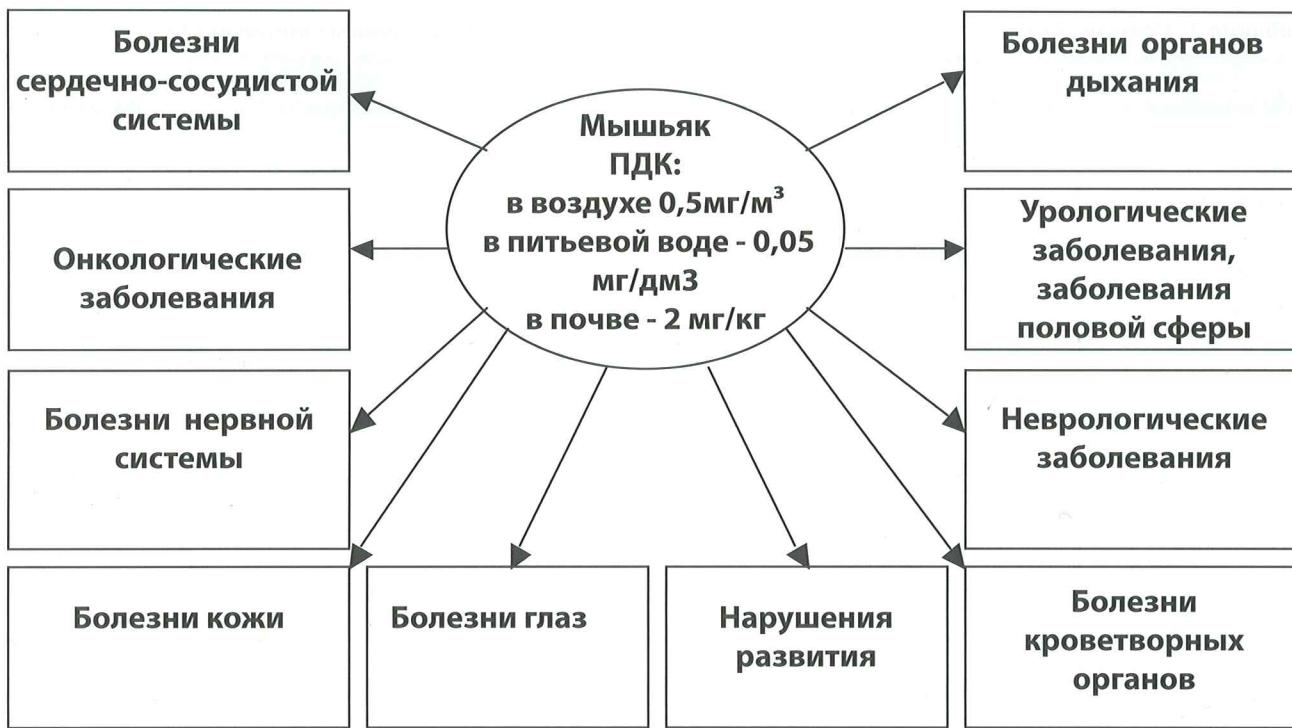


Рис. 1. Негативное влияние мышьяка на здоровье человека

В этой статье основное внимание уделено газообразным выбросам металлургических предприятий при обжиге и плавке сырья цветных и благородных металлов. Образующийся при этом триоксид мышьяка ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) быстро охлаждается, сублимируется в твердые частицы и в виде дыма и пыли выбрасывается в атмосферу. Оседая из воздуха, мышьяк в значительных количествах накапливается в снеговом и почвенном покровах, а также обнаруживается в продуктах питания, выращенных в местных подсобных хозяйствах и на приусадебных участках, расположенных рядом с металлургическими предприятиями.

В рудах, перерабатываемых в настоящее время на территории России заводами цветной металлургии, содержания мышьяка колеблются от 0,01% в медно-никелевых рудах до 1-1,7% в золото-мышьяковистых рудах (таблица 1). Максимальными значениями мышьяка характеризуются руды золотосодержащих месторождений Нежданинское и Кючус (Республика Саха-Якутия) – около 1,7%.

При этом основными по объему переработки и количеству содержа-

щего мышьяка являются медные руды. В медном и медно-цинковом сырье содержание мышьяка составляет до 0,3%. Примерно такой же диапазон характерен для медных и цинковых концентратов, получаемых при обогащении этих руд. Однако из-за больших объемов переработки этих концентратов количество мышьяка, поступающего на медеплавильные заводы Урала, значительно. По нашим оценкам, оно ежегодно составляет около 1500-2000 т.

В технологическом переделе медеплавильных заводов Урала мышьяк переходит практически во все твердые продукты обжига, а также концентрируется в отходящих газах. Представленный на рисунке 2 пример распределения мышьяка в технологическом процессе Среднеуральского медеплавильного завода показывает, что основное количество As уходит с газами (свыше 60%) и переходит в шлаки (свыше 30%).

При этом из-за недостаточно эффективных систем газоочистки большая часть мышьяка сосредотачивается в выбросах металлургических заводов. По нашим оценкам, каждый

из медеплавильных заводов Урала (ОАО «Святогор», ОАО «СУМЗ», ЗАО «Карабашмедь», ООО «Медногорский медно-серный комбинат», Производство полиметаллов ОАО «Уралэлектромедь») до недавнего времени выбрасывал в атмосферу от 100 до 300 т мышьяка ежегодно. К сожалению, мы располагаем лишь отдельными статистическими данными за разные годы (рисунок 3).

Как видно, наиболее высоким уровнем выбросов мышьяка сейчас характеризуется работа ОАО «Святогор» (Красноуральск, Свердловская область) – около 100 т в год.

Справедливости ради следует отметить, что в последние годы осуществляется реконструкция переделов, связанных с газоочисткой на ряде медеплавильных предприятий (СУМЗ, «Карабашмедь», Медногорский комбинат). Например, благодаря проведенной реконструкции на СУМЗе, выбросы мышьяка в атмосферу существенно снизились – с 310 т в 1993 г. до 14-16 т.

Нельзя забывать, что большинство из медеплавильных заводов Урала работает уже свыше 80-90 лет и уро-



**Таблица 1. Содержание мышьяка в ряде месторождений цветных и благородных металлов России**

Месторождение	Тип руды	Степень освоения	Регион, область	Предприятие	Содержание мышьяка, %
Неждининское	Au	подг. к освоению	Якутия	ОАО «Южно-Верхоянская горнодобывающая компания»	1,72
Кючус	Au	резервное	Якутия		1,7
Майское	Au	разрабатываемое	Чукотский АО	ОАО «Полиметалл»	0,64-0,97
Олимпиадинское	Au	разрабатываемое	Красноярский край	ЗДК «Полюс»	0,3
Джусинское	Cu	разрабатываемое	Оренбургская	Русская медная компания	0,25
Узельгинское	Cu-Zn	разрабатываемое	Челябинская	ОАО «УГОК» (УГМК)	0,21-0,39
Котельваара-Каммиви	Cu-Ni	разрабатываемое	Мурманская	Кольская ГМК ("Норильский никель")	0,18
Приорское	Cu-Zn	разрабатываемое	Оренбургская	Русская медная компания	0,18
Покровское	Au	разрабатываемое	Амурская	ГК «Петропавловск»	0,1
Подольское	Cu	резервное	Башкирия		0,11-0,23
Молодежное	Cu-Zn	разрабатываемое	Челябинская	ОАО «УГОК» (УГМК)	0,1-0,3
Учалинское	Cu-Zn	разрабатываемое	Башкирия	ОАО «УГОК» (УГМК)	0,1-0,2
Гайское	Cu-Zn	разрабатываемое	Оренбургская	ОАО «Гайский ГОК» (УГМК)	0,1-0,15
Бургочанское	Sn	резервное	Якутия		0,08
Заполярное	Cu-Ni	разрабатываемое	Мурманская область	Кольская ГМК ("Норильский никель")	0,066
Красногорское	Pb-Zn	резервное	Приморский край		0,06
Ново-Шемурское	Cu-Zn	разрабатываемое	Свердловская	ОАО «Святогор» (УГМК)	0,035-0,05
Семилетка	Cu-Ni	разрабатываемое	Мурманская	Кольская ГМК ("Норильский никель")	0,01

вень загрязнения за эти годы мышьяком окружающей территории представляется просто катастрофичным.

Например, к числу таких предприятий следует отнести ЗАО «Карабашмедь» (г. Карабаш, Челябинская область). Завод начал свою работу еще в 1907 г., в советское время это - Карабашский медеплавильный комбинат.

За всю свою историю предприятия на жителей города было выброшено около 96 (!) тыс. т мышьяка. Повышенным количеством выбросов мышьяка характеризовались 70 и 80-е годы XX века (рисунок 4). Данными по объему выбросов в последние годы мы не располагаем. Есть основания, что

они снизились в связи с введением в эксплуатацию на предприятии нового сернокислотного цеха.

Вместе с тем, имеется информация, что даже в середине 2010 г. фактические выбросы мышьяка превышали установленные нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в 6,4 раза [3], [4].

Экологическая ситуация в городе Карабаш (Челябинская область) представляется крайне сложной. Уровень смертности в городе превышает среднероссийский показатель в среднем на 30-40%. В городе отмечен высокий уровень новообразований, болезней эндокринной системы, болезней крови

и кроветворных органов, врожденных аномалий. Зафиксировано несколько случаев рождения младенцев без одной почки.

Следует отметить, что экологически неблагоприятный фон в городах, где расположены медеплавильные заводы, помимо мышьяка определяется целой гаммой вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу (сернистые соединения, свинец и др.).

Выявлены также другие металлургические предприятия, являющие объектами загрязнения мышьяком. Это комбинаты, занимающиеся переработкой мышьяксодержащих никелевых, цинковых, свинцовых, оловянных руд и концентратов.

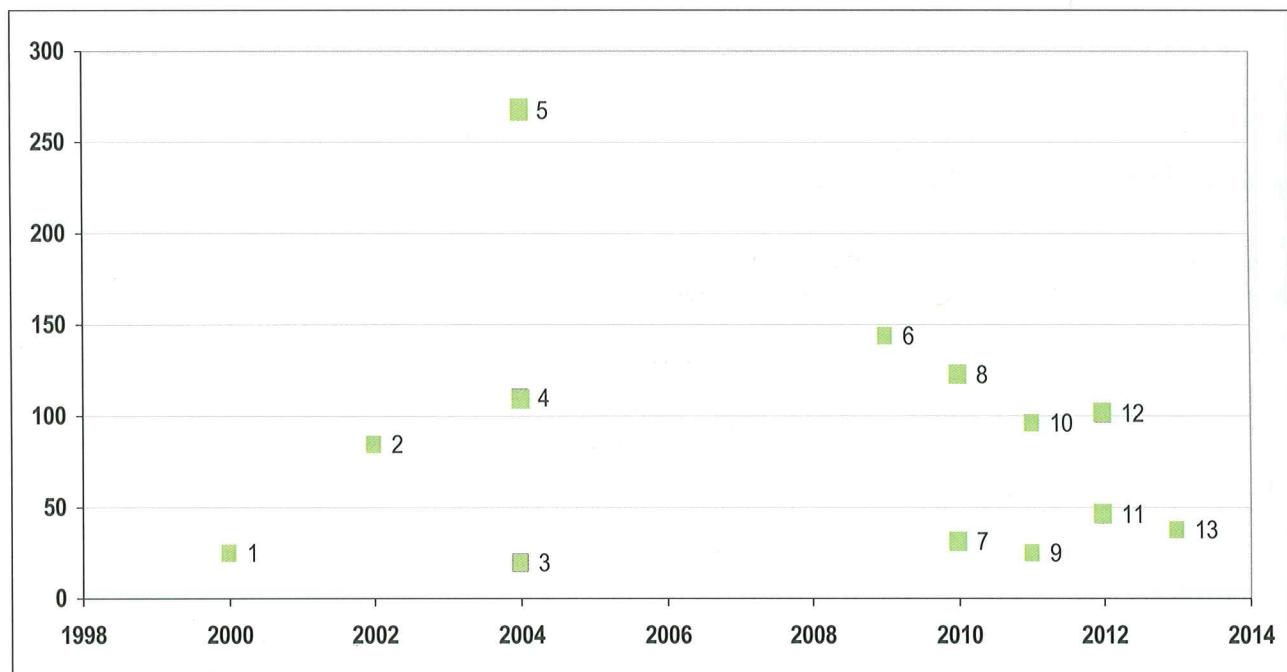
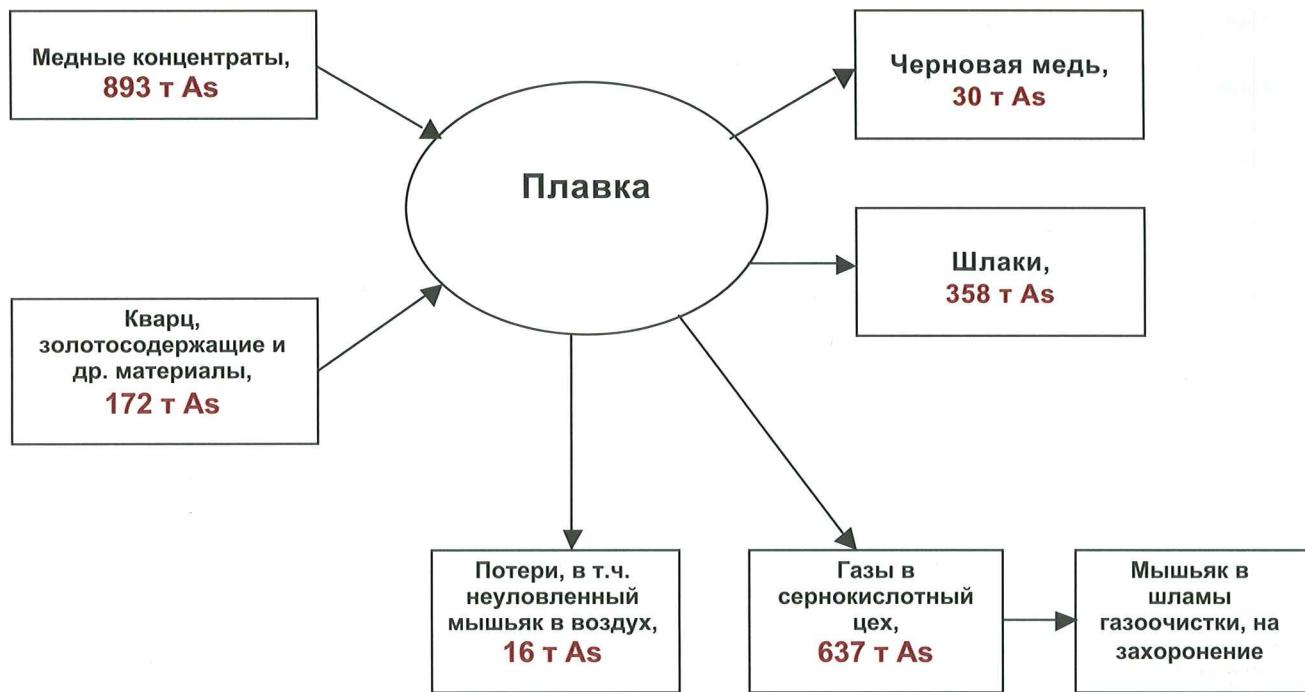


Рис. 3. Выбросы мышьяка рядом предприятий цветной металлургии России в 2000-2013 гг., т

Условные обозначения:

- |                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| 1 ММСК, 2000        | 7 ЮУНК, 2010      |
| 2 Карабашмедь, 2002 | 8 Святогор, 2010  |
| 3 СУМЗ, 2004        | 9 КГМК, 2011      |
| 4 ПП УЭМ, 2004      | 10 Святогор, 2012 |
| 5 Святогор, 2004    | 11 КГМК, 2012     |
| 6 Святогор, 2009    | 12 Святогор, 2012 |
|                     | 13 КГМК, 2013     |

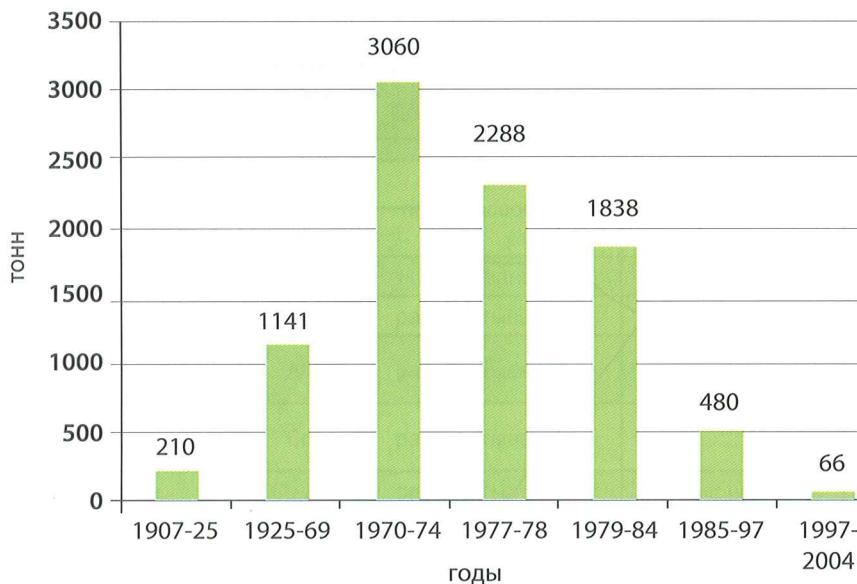


Рис. 4. Среднегодовые выбросы мышьяка за всю историю Карабашского медеплавильного комбината, т [5]

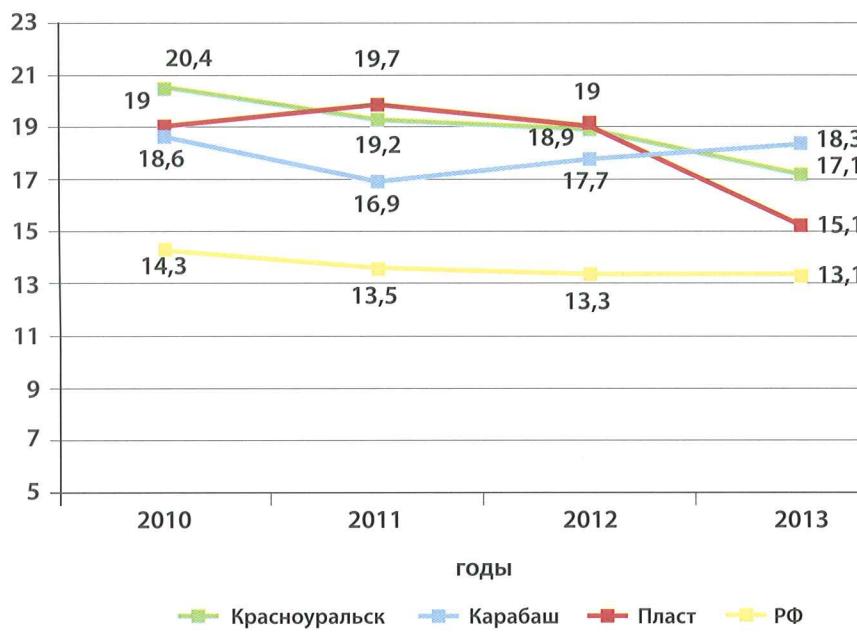


Рис. 5. Уровень смертности в ряде городов России в 2010-2013 гг. (на 1000 человек)

Среди этих предприятий наиболее высоким уровнем выбросов мышьяка характеризуется Кольская горнometаллургическая компания (КГМК), входящая в структуру ГМК «Норильский никель». Компания осуществляет добычу и переработку медно-никелевых руд, содержащих мышьяк. Объемы выбросов мышьяка на 3-х производственных площадках компа-

нии (Мончегорск, Никель и Заполярный), по нашим данным, составляют в последние годы свыше 25 т.

Также в этом списке - уральские предприятия, перерабатывающие никельсодержащие руды - ОАО «Южуралникель», ЗАО «ПО «Режникель» и ОАО «Уфалейникель». Комбинат «Южуралникель» (г. Орск, оренбургская область) в настоящее время приоста-

новил свою деятельность, однако еще в 2010 г. выбросы мышьяка в атмосферу предприятия составили 31 т.

Заводы «Режникель» и «Уфалейникель» выбрасывают в атмосферу до 1-2 т мышьяка ежегодно. В почвах города Реж, где расположен завод «Режникель», зафиксировано содержание мышьяка до 30 раз превышающее фоновое значение.

Уровень выбросов мышьяка предприятиями, перерабатывающими другие виды сырья цветных металлов, не превышают 0,1 т в год, к их числу относятся ОАО «Электроцинк» (Владикавказ), ОАО «Рязцветмет» (Рязань), ОАО «Новосибирский оловянный комбинат» (Новосибирск), ОАО «Дальполиметалл» (Дальнегорск, Приморский край).

Помимо мышьяка в выбросах, опасность для человека представляет техногенный мышьян в виде его соединений в хвостохранилищах обогатительных фабрик и отходах металлургического производства. В частности, Новосибирский оловянный комбинат складирует мышьяковистый кек от переработки оловянных концентратов, всего засыпано около 6 тыс. м<sup>3</sup>, причем обустройство полигона не соответствует современным требованиям.

Как уже было отмечено, в золотосодержащих рудах ряда месторождений России отмечается повышенное содержание мышьяка - до 1-2%. К ним, в частности, относятся такие крупные объекты как Нежданинское и Кючус (Якутия), Майское (Чукотка).

В концентратах, получаемых из таких руд, содержание мышьяка возрастает до 5-7%. Основным методом их переработки до недавнего времени был окислительный обжиг. При этом мышьян уходил в газы и лишь частично улавливается в системах газоочистки.

В России переработку золотомышьяковых продуктов методом окислительного обжига осуществляла до недавнего времени ООО «Обжиговый завод» (Челябинская область). До начала 90-х предприятие выбрасывало ежегодно в атмосферу до 100 т мышьяка, в 90-х годах после введения мокрой очистки отходящих газов их объем снизился до 7-10 т в год. В последние годы завод не функционировал, сейчас производство восстановлено.

Таблица 2. Методы переработки упорных золото-мышьяковых руд

Технология	Принцип	Утилизация мышьяка	Опыт применения в России
Окислительный обжиг	Обжиг для удаления серы с получением огарка и его последующая плавка	Частичное извлечение мышьяка из газов	ООО «Обжиговый завод», обжиговый цех Дарасунской ЗИФ
«Безобжиговая» плавка	Низкотемпературный аеарсенирующий обжиг с последующей плавкой	Отгонка трисульфида мышьяка	Коммунаровская ЗИФ
Технология бактериального окисления	Бактериальное окисление сульфидов и последующее извлечение благородных металлов	Перевод мышьяка в нетоксичную форму (арсенаты железа), складирование в хвостохранилище	ОАО «ЗДК «Полюс»
Автоклавное окисление	Обработка материала кислородом при высоких температурах и давлениях	Гидрометаллургическая переработка с выведением мышьяка в нетоксичную форму (арсенат железа)	ОАО «Полиметалл» (Амурский ГМК)

Исследования обнаружили мышьяк в волосах и ногтях у всего населения поселка Новотроицкий, где находится обжиговый завод. Мышьяк найден также в грибах и ягодах, собираемых рядом. Жители по частоте онкологических заболеваний стоят одними из первых в Челябинской области. Уровень смертности населения г. Пласт, так же как в городах Карабаш и Красноуральск, существенно превышает аналогичный показатель в целом по России (рисунок 5).

Другие методы переработки упорных золото-мышьяковых руд в России, позволяющие выводить мышьяк в виде малотоксичного арсената железа, пока широкого применения не нашли. Технология бактериального окисления внедрена только на ОАО «ЗДК «Полюс» (для руд Олимпиадинского месторождения). Метод автоклавного окисления используется на Амурском ГМК ОАО «Полиметалл» для переработки золотосодержащих концентратов Майского и Албазинского месторождений (таблица 2).

При существенных значениях выбросов мышьяка его утилизация в качестве товарного продукта в России крайне незначительна. В начале 2000-х годов Россия импортировала от 10 до 60 т металлического мышьяка, в последние годы этот уровень существенно снизился до нескольких килограммов.

Металлический мышьяк используется как компонент антифрикционных сплавов для подшипников, высокочистый мышьяк - для производства арсе-

нидов индия и галлия, которые являются одними из главных материалов для электроники. Триоксид мышьяка применяется в качестве антисептика при обработке древесины, при производстве пестицидов, пиротехнических изделий, в стекловарении. По данным Геологической службы США (USGS), емкость мирового рынка мышьяка и его соединений находится на уровне 45-50 тыс. т (в пересчете на триоксид), на рынке превалирует китайская продукция - свыше 50% [6]. Цена на металлический мышьяк metallurgического качества находится на уровне 2900-3400 долл./т.

В заключении хотелось поставить вопрос необходимости разработки комплексной программы, связанной с «As-загрязнением» в РФ. Наряду с необходимостью постоянного мониторинга окружающей среды относительно содержания мышьяка в атмосфере, воде и почвах, одной из главных проблем является разработка и внедрение эффективных технологий газоочистки. Необходимо также внедрение комплексных технологий переработки сырья с переводом мышьяка в малотоксичные продукты и их безопасное захоронение.

При этом приобретает исключительное значение разработка программы по изучению механизмов действия мышьяка и его соединений в выбросах на здоровье людей.

#### Литература

- Selinus O., Lindh U., Fuge R., Centeno J., Alloway B., Smedley P.

Finkelman R. (Eds.) *Essentials of Medical Geology. Impacts of the Natural Environment on Public Health*. Elsevier Academic Press, 2005.

2. Tchounwou Paul B., Patlolla Anita K., Centeno. Jose A. *Carcinogenic and Systemic Health Effects Associated with Arsenic Exposure - A Critical Review. Toxicologic Pathology*. Vol 31 (6). December 2003.

3. Проблема загрязнения воздуха в городе Карабаш и на ЗАО «Карабашмедь»

Электронный источник <http://rpn.gov.ru/node/1307>

4. Volfson I.F., Petrov I.M. et al. *The Medical Geology Community in Russia and the NIS. Arsenic Emissions of Russian Metallurgy and its environmental impact in* (Eds.) Selinus O., Finkelman R., Centeno J. *Medical Geology. A Regional Synthesis*. Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 2010, pp 238 - 242.

5. Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу за весь период работы медеплавильного производства, расположенного на территории Карабашского городского округа Челябинской области (по состоянию на 01.01.2005 года), сайт города Карабаш

Электронный источник <http://www.karabash.ru>

6. USGS, *Minerals Yearbook 2012*

Электронный источник: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/arsenic/myb1-2012-arsen.pdf>