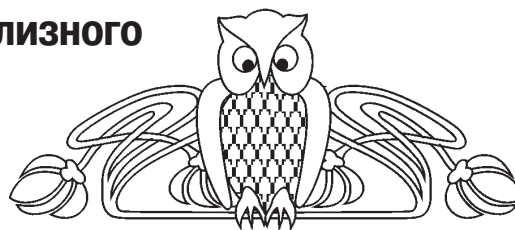




УДК 623.459.44.8

Применение арсенита натрия гидролизного для получения чистой мышьяксодержащей продукции



А. Г. Демахин, С. В. Акчурин, В. А. Федоров

Демахин Анатолий Григорьевич, доктор химических наук, профессор, помощник директора по науке, Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии, Саратов, demakhin@rambler.ru

Акчурин Сергей Вячеславович, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, ООО Национальный инновационно-технологический центр «Экохим», Саратов, akchurin.serzh@yandex.ru

Федоров Валентин Александрович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории высококачественных веществ, Институт общей и неорганической химии имени Н. С. Курнакова Российской академии наук, Москва, fmv1971@rambler.ru

В статье представлены сведения о возможности применения арсенита натрия гидролизного в качестве нового вида мышьяксодержащего сырья для получения товарной продукции различного качества. Приведены способы очистки оксида мышьяка (III) как основного продукта переработки АНГ до различной степени чистоты (3-6N), позволяющие использовать его в качестве сырья для синтеза широкого спектра соединений мышьяка: мышьяковой кислоты, элементарного мышьяка, трихлорида мышьяка. Рассмотрен процесс проведения сублимационно-десублимационной и вакуум-термической очистки оксида мышьяка (III) от примесей. Разработанные методы очистки оксида мышьяка (III) открывают возможность использования его для синтеза различных соединений, применяемых в стекольной и полупроводниковой промышленности, микроэлектронике, оптоволоконной технике.

Ключевые слова: арсенит натрия гидролизный, мышьяксодержащие вещества, технология очистки, оксид мышьяка (III).

DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2019-19-1-11-17>

Введение

В ходе проводимого в России процесса детоксикации люизита с последующим выпариванием образующихся жидких реакционных масс было получено 12500 тонн сухих солей, получивших тривиальное название «арсенит натрия гидролизный» (АНГ). Этот продукт, представляющий собой сложную многокомпонентную систему, является перспективным сырьем для производства широкого ряда мышьяксодержащих соединений. Основными компонентами АНГ являются: арсениты и арсенаты натрия ($\approx 30-40\%$), хлорид натрия ($\approx 40-50\%$), нерастворимые в воде вещества ($\approx 0,5-7\%$).

Хотя задача применения АНГ в качестве нового вида мышьяксодержащего сырья для полу-

чения товарной продукции является очевидной, до настоящего времени все основные разработки (за исключением работы ФБУ «ГосНИИОХТ» г. Москва [1]) были направлены в основном на его утилизацию с последующим захоронением.

На рис. 1 представлены основные области применения продукции, получаемой из АНГ.

Сложность состава АНГ требовала разработки физико-химических основ процессов разделения базовых компонентов, простых методов их выделения из состава АНГ и последующей трансформации в оксид мышьяка (III) и элементарный мышьяк. На базе этих физико-химических основ и были разработаны технические решения, позволившие создать различные схемы процессов с получением как оксида, так и элементарного мышьяка, вовлекая в процесс переработки как АНГ, так и жидкие реакционные массы [2]. Разработанные процессы обеспечивают высокую экологическую безопасность их проведения в рамках замкнутого технологического цикла по соединениям мышьяка.

В основе всех разработанных процессов лежат следующие ключевые стадии:

- отделение из состава АНГ нерастворимых в воде веществ;
- отделение хлорида натрия с его последующей очисткой;
- упаривание раствора до заданной концентрации арсенита натрия;
- вывод из состава системы соединений мышьяка (V);
- выделение из системы конечного продукта (оксида мышьяка (III) или элементарного мышьяка).

Одной из важных задач, которая была решена при разработке техпроцесса, является вывод из оборота соединений мышьяка (V), загрязняющих в процессе переработки конечные продукты. Представленная задача решалась путем восстановления As (V) до As (III), введением в систему иодид-ионов. Для регенерации расходуемых в окислительно-восстановительном процессе иодид-ионов использовался второй восстановитель – аскорбиновая кислота или гидразин. Было установлено, что вывод соединений мышьяка из

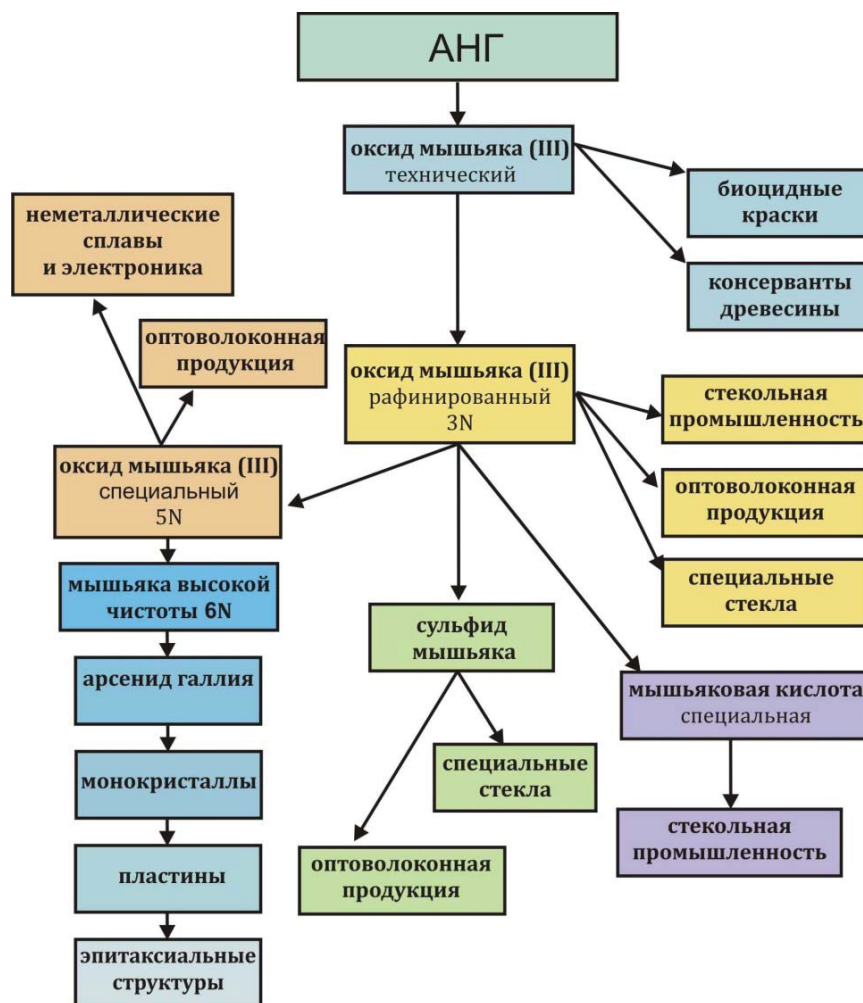


Рис. 1. Области применения продукции, получаемой из АНГ

состава системы возможен путем перевода их в труднорастворимое соединение с использованием в качестве осадителя селективного к арсенату иона Li^+ . Отделенный осадок арсената лития далее растворяют в соляной кислоте и восстанавливают образующую мышьяковую кислоту комбинированным восстановителем – иодидом натрия с солянокислым гидразином. Полученная после восстановления система, содержащая регенерированный хлорид лития, вновь направляется на операцию осаждения арсенат-ионов, тем самым обеспечивается замкнутый цикл по достаточно дорогому реагенту-осадителю – хлориду лития.

Еще одним из ключевых аспектов процессов переработки АНГ являлось превращение больших количеств хлорида натрия, содержащихся в АНГ, в товарный продукт. Данная задача была решена путем очистки хлорида натрия от соединений мышьяка с использованием различных реагентных и адсорбционных методов,

с получением в качестве товарного продукта хлорида натрия марки «промышленный».

Вследствие модернизации различных схем переработки жидких реакционных масс и АНГ была разработана оптимальная на сегодняшний день схема, отличающаяся от предыдущих более рациональными операциями вывода соединений мышьяка (V) и очистки растворов хлорида натрия от примесей мышьяка, что позволило улучшить экономические показатели и повысить экологическую безопасность техпроцесса [3].

Оксид мышьяка (III) является основным сырьем для синтеза большого спектра соединений мышьяка, чем и обуславливается его важная роль в области химии мышьяка. Рафинированный оксид мышьяка (3-4N) применяется в процессах варки шихты для осветления при получении хрусталя, а также специальных и оптических стекол, вводится в ситаллы. Чистый оксид мышьяка (5-6N) применяется для получения элементного мышьяка при производстве бескислородных халькогенидных



стекло, в фармацевтике. Оксид мышьяка (марок $\geq 6N$) находит применение для получения полупроводниковых материалов, элементного мышьяка, трихлорида мышьяка и арсина.

Вся совокупность представленного материала указывает на то, что переработка АНГ в оксид мышьяка (III) является только первой фазой по решению задач получения товарной мышьяк-содержащей продукции различного качества. Следующий этап исследований должен быть направлен на получение более чистой продукции, чем оксид мышьяка (III) марки «технический».

Материалы и методы

Первичную очистку оксида мышьяка (III) проводили в сублимационно-десублимационном модуле. Основными операциями процесса очистки являются: загрузка исходного оксида мышьяка (III) на поддоны модуля, включение контура охлаждения аппарата, включение термонагревателей (температура процесса 550°C , выход аппарата на режим 1 ч), охлаждение модуля, выгрузка продукта.

Более глубокую очистку оксида мышьяка (III) проводили на кварцевой вакуум-термической установке, состоящей из последовательно присоединенных составных частей: испарителя, фильтра, конденсора продукта и конденсора примесей, помещенных в кварцевую печь с тремя зонами нагрева и подключенных к вакуумному насосу. Процесс состоит из следующих операций: загрузка исходного оксида мышьяка (III) в испаритель, сборка установки, помещение установки в кварцевую печь, включение зон нагрева, включение вакуумного насоса, проведение процесса, выгрузка продукта из конденсора.

Анализ на содержание примесей в исходном образце оксида мышьяка (III), образцах оксида мышьяка (III), полученных на разных стадиях очистки с использованием сублимационно-десублимационного модуля, мышьяковой кислоте и элементного мышьяке проводили на атомно-адсорбционном спектрометре contrAA 600 (Analytic Jena) методом электротермической атомизации в графитовой кювете.

Пробоподготовка образцов оксида мышьяка (III) и элементного мышьяка для измерений в атомно-адсорбционном спектрометре проводилась следующим образом. Образец оксида мышьяка (III) или элементного мышьяка, высушенный до постоянной веса массой 1 г, растворяли в 10–15 мл 35% раствора пероксида водорода марки «осч». Полученный раствор количественно переносили в мерную колбу на 100 мл и доводили до метки деионизованной водой.

Анализ на содержание примесей в образце оксида мышьяка (III), полученных после вакуум-термической очистки, проводился методом масс-спектрометрии в независимой лаборатории Evans Analytical Group (Тулуза, Франция).

Результаты и их обсуждение

В промышленности процесс рафинации технического продукта основан на его возгонке при $500\text{--}600^{\circ}\text{C}$ в обжиговых печах [4]. Эффект очистки достигается за 2–3 цикла, причем вследствие захвата парами оксида вещества оксидов и гидроксидов тяжелых металлов получаемые продукты всегда содержат в своем составе примеси, нерастворимые в воде и водном растворе аммиака.

В патенте [5] отражены сублимационные методы и устройства очистки, которые близки по себестоимости к промышленным, но в силу габаритных и иных особенностей конструкций позволяют парам As_2O_3 захватывать меньшее количество примесей тяжелых металлов и получать, соответственно, продукт более высокого качества. К одним из таких устройств относится сублимационно-десублимационный модуль – аппарат, в конструкции которого объединены операции сублимации и конденсации сырья (рис. 2).

Принцип работы аппарата основан на том, что при нагревании сырья в закрытом аппарате происходит его сублимация, достигающая наивысшей скорости при температуре, близкой к температуре кипения сублимируемого вещества (для оксида мышьяка (III) 460°C). Парообразный оксид мышьяка (III) конденсируется (десублимируется) частично в объеме аппарата за счет градиента температуры между нагретым сырьем и охлаждаемыми стенками аппарата. Эта часть сконденсированного вещества в мелкодисперсном состоянии самопроизвольно оседает вниз и попадает в приемник продукта. Другая часть сублимированного оксида мышьяка, обогащенного легколетучими и красящими примесями, конденсируется на внутренней поверхности аппарата. Труднолетучий шлак остается на поддоне. Таким образом, сырье разделяется на три фракции. Весовое соотношение между фракциями регулируется в зависимости от исходного сырья и стадии очистки подбором условий процесса рафинирования (временем нагрева, температурой сублиматора и десублиматора). В зависимости от качества исходного сырья рафинирование оксида мышьяка (III) возможно проводить в несколько стадий. Показатели качества очистки оксида мышьяка (III) на основании содержания примесей ряда элементов приведены в табл. 1.

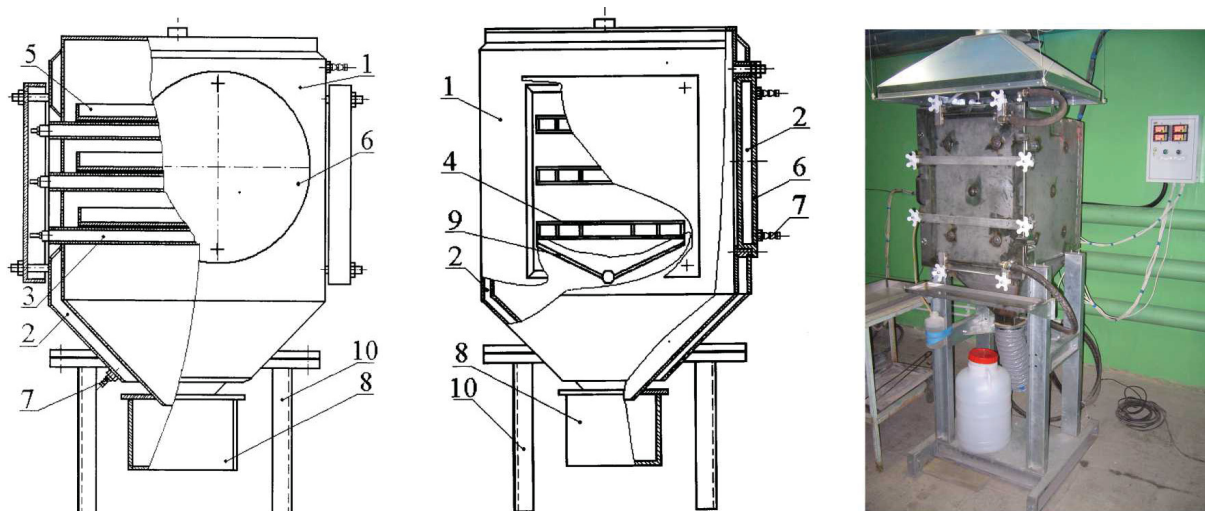


Рис. 2. Сублимационно-десублимационный модуль очистки оксида мышьяка (III): 1 – металлический корпус; 2 – водоохлаждающая рубашка; 3 – трубчатые электронагреватели; 4 – нагревательные полки; 5 – поддоны; 6 – люк установки; 7 – штуцеры для подвода воды; 8 – приемник продукции; 9 – защитный экран; 10 – стойка установки

Таблица 1

Показатели очистки оксида мышьяка (III) на сублимационно-десублимационном модуле

| Массовая доля элементов, % | Исходный As_2O_3 | Количество сублимационно-десублимационных циклов | | |
|----------------------------|---------------------|--|---------------------|---------------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Ванадий (V) | $1,7 \cdot 10^{-5}$ | $9,4 \cdot 10^{-6}$ | $7,8 \cdot 10^{-6}$ | $7,0 \cdot 10^{-6}$ |
| Свинец (Pb) | $3,4 \cdot 10^{-2}$ | $<5 \cdot 10^{-5}$ | $<5 \cdot 10^{-5}$ | $<5 \cdot 10^{-5}$ |
| Селен (Se) | $<1 \cdot 10^{-5}$ | $<1 \cdot 10^{-5}$ | $<1 \cdot 10^{-5}$ | $<1 \cdot 10^{-5}$ |
| Железо (Fe) | $4,2 \cdot 10^{-3}$ | $1,8 \cdot 10^{-4}$ | $2,5 \cdot 10^{-4}$ | $7,5 \cdot 10^{-5}$ |
| Медь (Cu) | $1,3 \cdot 10^{-4}$ | $<1 \cdot 10^{-5}$ | $<1 \cdot 10^{-5}$ | $<1 \cdot 10^{-5}$ |
| Марганец (Mn) | $6,7 \cdot 10^{-5}$ | $<1 \cdot 10^{-5}$ | $<1 \cdot 10^{-5}$ | $<1 \cdot 10^{-5}$ |
| Титан (Ti) | $<1 \cdot 10^{-5}$ | $<1 \cdot 10^{-5}$ | $<1 \cdot 10^{-5}$ | $<1 \cdot 10^{-5}$ |
| Хром (Cr) | $4,4 \cdot 10^{-5}$ | $4,0 \cdot 10^{-6}$ | $8,7 \cdot 10^{-6}$ | $5,7 \cdot 10^{-6}$ |
| Никель (Ni) | $8,5 \cdot 10^{-5}$ | $<2 \cdot 10^{-5}$ | $<2 \cdot 10^{-5}$ | $<2 \cdot 10^{-5}$ |
| Кобальт (Co) | $<1 \cdot 10^{-5}$ | $<1 \cdot 10^{-5}$ | $<1 \cdot 10^{-5}$ | $<1 \cdot 10^{-5}$ |

Использование сублимационно-десублимационных модулей позволяет за небольшое количество циклов очистки получать продукт с содержанием основного вещества на уровне 99,9–99,99 масс. %, чем решается основная задача получения качественного продукта для производства хрусталя, специальных и оптических стекол. Одновременно этот продукт является исходным

сырьем для получения более чистой продукции.

Для решения задач полупроводниковой отрасли разработан метод вакуум-термической очистки в сочетании с процессами сорбции. Тем самым решается задача получения продукта марки $\geq 6N$. На основании указанного метода была создана модифицированная установка, выполненная из кварцевого стекла (рис. 3).

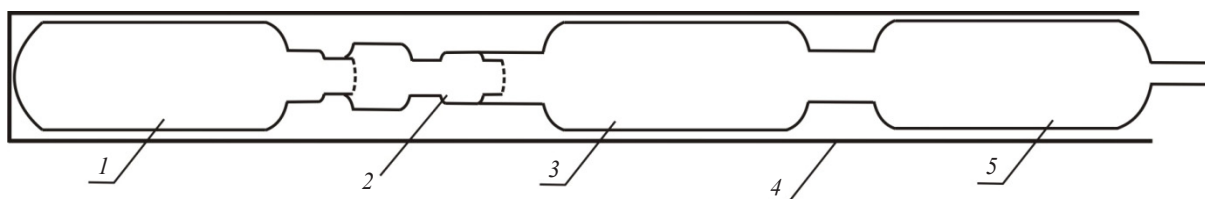


Рис. 3. Установка модифицированной вакуум-термической очистки оксида мышьяка: 1 – испаритель; 2 – фильтр; 3 – конденсор оксида мышьяка (III); 4 – конденсор примесей; 5 – кварцевая печь



Установка отличается от обычной вакуум-термической сборки тем, что между испарителем и конденсором продукта устанавливаются один или несколько фильтров, заполненных специальным сорбентом. Такая модификация позволяет в одном аппарате совмещать операции сублимационной и сорбционной очистки с получением за один цикл продукта более высокого качества. Для увеличения производительности процесса указанный способ очистки помимо кварца был реализован в металле (рис. 4).

Результаты по очистке образца оксида мышьяка (III) представленным методом приведены в табл. 2.

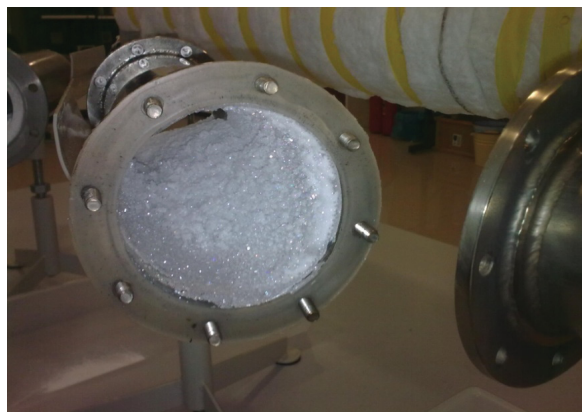


Рис. 4. Установка вакуум-термической очистки оксида мышьяка (III)

Таблица 2

Показатели очистки образца оксида мышьяка (III) на модифицированной вакуум-термической установке*, %

| Элемент | Массовая доля | Элемент | Массовая доля | Элемент | Массовая доля |
|---------|----------------------|---------|----------------------|---------|----------------------|
| Li | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | Ga | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | Nd | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| Be | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | Ge | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | Sm | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| B | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | As | Matrix | Eu | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| C | – | Se | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | Gd | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| N | – | Br | $<5,0 \cdot 10^{-6}$ | Tb | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| O | Matrix | Rb | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | Dy | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| F | $<5,0 \cdot 10^{-6}$ | Sr | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | Ho | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| Na | $9,0 \cdot 10^{-6}$ | Y | $<5,0 \cdot 10^{-6}$ | Er | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| Mg | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | Zr | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | Tm | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| Al | $4,0 \cdot 10^{-6}$ | Nb | $<5,0 \cdot 10^{-6}$ | Yb | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| Si | $4,1 \cdot 10^{-4}$ | Mo | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | Lu | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| P | $<1 \cdot 10^{-6}$ | Ru | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | Hf | $<1,0 \cdot 10^{-6}$ |
| S | $1,5 \cdot 10^{-5}$ | Rh | $<5,0 \cdot 10^{-5}$ | Ta | – |
| Cl | $3,0 \cdot 10^{-6}$ | Pd | $<1,0 \cdot 10^{-6}$ | W | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| K | $2,5 \cdot 10^{-5}$ | Ag | $<5,0 \cdot 10^{-6}$ | Re | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| Ca | $6,5 \cdot 10^{-5}$ | Cd | $<5,0 \cdot 10^{-5}$ | Os | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| Sc | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | In | Binder | Ir | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| Ti | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | Sn | $<5,0 \cdot 10^{-6}$ | Pt | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| V | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | Sb | $<5,0 \cdot 10^{-6}$ | Au | $<5,0 \cdot 10^{-5}$ |
| Cr | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | Te | $<5,0 \cdot 10^{-6}$ | Hg | $<1,0 \cdot 10^{-5}$ |
| Mn | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | I | $<5,0 \cdot 10^{-5}$ | Tl | $<1,0 \cdot 10^{-6}$ |
| Fe | $5,0 \cdot 10^{-6}$ | Cs | $<5,0 \cdot 10^{-5}$ | Pb | $<5,0 \cdot 10^{-6}$ |
| Co | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | Ba | $<1,0 \cdot 10^{-6}$ | Bi | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| Ni | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | La | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | Th | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| Cu | $2,0 \cdot 10^{-6}$ | Ce | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | U | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| Zn | $1,0 \cdot 10^{-6}$ | Pr | $<5,0 \cdot 10^{-7}$ | | |

Примечание. *Анализы были проведены в независимой лаборатории Evans Analytical Group (Тулуза, Франция).

Как было упомянуто ранее, оксид мышьяка (III) является исходным сырьем для получения широкого спектра (порядка 95%) мышьяксодер-

жащих веществ, и его чистота будет определять применение синтезируемого из него соединения для той или иной отрасли промышленности.



Одним из таких соединений является мышьяковая кислота, которую получают путем окисления оксида мышьяка (III) азотной кислотой или пероксидом водорода. Степень чистоты получаемой кислоты полностью идентична показателям оксида мышьяка (III), из которого она была синтезирована. В табл. 3 приведены данные, отражающие степень чистоты мышьяковой кислоты, синтезированной из оксида мышьяка (III), полученного после 3 циклов сублимации–десублимации.

Таблица 3

Показатели качества мышьяковой кислоты

| Массовая доля элементов, % | Мышьяковая кислота |
|----------------------------|---------------------|
| Ванадий (V) | $4,9 \cdot 10^{-6}$ |
| Свинец (Pb) | $<5 \cdot 10^{-5}$ |
| Селен (Se) | $<1 \cdot 10^{-5}$ |
| Железо (Fe) | $5,5 \cdot 10^{-5}$ |
| Медь (Cu) | $<1 \cdot 10^{-5}$ |
| Марганец (Mn) | $<1 \cdot 10^{-5}$ |
| Титан (Ti) | $<1 \cdot 10^{-5}$ |
| Хром (Cr) | $4,3 \cdot 10^{-6}$ |
| Никель (Ni) | $<2 \cdot 10^{-5}$ |
| Кобальт (Co) | $<1 \cdot 10^{-5}$ |

Мышьяковую кислоту марки 6N применяют для проведения электролиза с получением высокочистого арсина для полупроводниковой промышленности.

Другим продуктом является высокочистый элементный мышьяк, применяемый для получения сплавов с металлами, а также для синтеза материалов электронной техники. И в этом случае степень чистоты получаемого продукта определяется качеством исходного оксида мышьяка. Мышьяк для получения сплавов синтезировался путем восстановления оксида мышьяка углем или графитом. Характеристики полученного продукта приведены в табл. 4.

Таблица 4

Характеристики элементного мышьяка

| Массовая доля элементов, % | Элементный мышьяк |
|----------------------------|---------------------|
| Ванадий (V) | $9,0 \cdot 10^{-6}$ |
| Свинец (Pb) | $<5 \cdot 10^{-5}$ |
| Селен (Se) | $<1 \cdot 10^{-5}$ |
| Железо (Fe) | $9,5 \cdot 10^{-5}$ |
| Медь (Cu) | $<1 \cdot 10^{-5}$ |
| Марганец (Mn) | $<1 \cdot 10^{-5}$ |
| Титан (Ti) | $<1 \cdot 10^{-5}$ |
| Хром (Cr) | $7,7 \cdot 10^{-6}$ |
| Никель (Ni) | $<2 \cdot 10^{-5}$ |
| Кобальт (Co) | $<1 \cdot 10^{-5}$ |

Мышьяк высокой степени чистоты преимущественно получается по трихлоридной технологии [6]. Ее недостатками являются:

- низкий выход готовой продукции (не выше 70%);
- большие потери мышьяка с солянокислыми мышьяковыми стоками (до 30%);
- пары трихлорида мышьяка токсичны, агрессивны, легко гидролизуются, что требует высоких затрат на очистку стоков и газовых выбросов (до 70% всех капитальных и эксплуатационных затрат при создании производства).

Тем не менее именно трихлоридная технология в промышленных масштабах используется для получения мышьяка большинством зарубежных фирм. Одновременно с этим производится высокочистый трихлорид мышьяка для эпитаксии.

Нами разработан подход, базирующийся на предварительной глубокой очистке оксида мышьяка (III) с последующим восстановлением до элементного мышьяка.

Подход включает:

- очистку оксида мышьяка (III) до предельно чистого состояния теми методами, которые были созданы ($\geq 6N$);
- вывод из полученного оксида мышьяка (III) максимально возможного количества неметаллов (S, Se, Te, C) путем проведения сублимации в окислительной атмосфере;
- восстановление оксида в элементный мышьяк марки $\geq 6N$;
- доочистка, при необходимости, мышьяка известными методами.

Такой подход в силу простоты, эффективности, высокой производительности и низкой себестоимости позволяет получать элементный мышьяк высокой чистоты при минимизации затрат на очистку.

Так же, как и при получении чистой мышьяковой кислоты, степень чистоты получаемого мышьяка предопределяется качеством очистки оксида мышьяка (III).

Указанный подход позволяет получать элементный мышьяк высокой степени чистоты, исключая технические решения, связанные с синтезом трихлорида мышьяка.

Выводы

Применение арсенита натрия гидролизного в качестве нового вида сырья для получения широкого спектра товарной мышьяксодержащей продукции является важным аспектом в современной химии мышьяка и мышьяксодержащих соединений. Разработка методов очистки основного продукта переработки АНГ – оксида мышьяка (III) открывает возможность использования его для



синтеза различных соединений, применяемых в стекольной и полупроводниковой промышленно-сти, микроэлектронике, оптоволоконной технике.

Список литературы

1. Пат. 2009276 РФ. Получение тонкодисперсного порошка элементарного мышьяка путем электролиза водно-щелочных растворов его соединений / В. А. Петрунин, А. П. Томилов, Ю. И. Баранов, Б. А. Кузнецов, Ю. И. Розин, А. В. Сметанин, С. В. Гореленко, М. К. Смирнов, Н. И. Немчиков. № 5035609/02. 1994.
2. *Елисеев Д. А.* Физико-химические основы процесса разделения «арсенита натрия гидролизного» на базовые компоненты : дис. ... канд. хим. наук. Саратов, 2008. 129 с.
3. *Демахин А. Г., Акчурин С. В., Ващенко Г. А., Федоров В. А.* Оптимизация экологических и экономических задач при переработке сырья, полученного из реакционных масс люизита, в оксид мышьяка марки технический // Изв. высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2016. Т. 59, № 11. С. 117–123.
4. *Копылов Н. И. Каминский Ю. Д.* Мышьяк / под ред. Г. А. Толстикова. Новосибирск : Сиб. универ. изд-во, 2004. 367 с.
5. Пат. 68329 РФ. Устройство для извлечения и рафинации оксида мышьяка / Ю. И. Кондратьев, В. А. Швейкин, В. Н. Мишин. А62D. 2007.
6. *Федоров В. А.* Гидродинамика и кинетика ректификационной очистки трихлорида мышьяка // Высокочистые вещества. 1993. № 4. С. 90–97.

Образец для цитирования:

Демахин А. Г., Акчурин С. В., Федоров В. А. Применение арсенита натрия гидролизного для получения чистой мышьяксодеждающей продукции // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 11–17. DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2019-19-1-11-17>

Application of the Sodium Arsenite Hydrolysed for Obtaining Pure Arsenic Products

A. G. Demakhin, S. V. Akchurin, V. A. Fedorov

Anatoliy G. Demakhin, <https://orcid.org/0000-0002-2506-0005>, State Scientific-Research Institute of Industrial Ecology, 66 Moskovskaya Str., Saratov 410002, Russia, demakhin@rambler.ru

Sergey V. Akchurin, <https://orcid.org/0000-0002-7234-9098>, LLC NITC «Ecochim», 66 Moskovskaya Str., Saratov 410002, Russia, akchurin.serzh@yandex.ru

Valentin A. Fedorov, <https://orcid.org/0000-0002-7912-7535>, Kur-nakov Institute of General and Inorganic Chemistry of the Russian Academy of Sciences, 31 Leninsky Av., Moscow 119991, Russia, fmv1971@rambler.ru

The article presents information about the possibility of using sodium arsenite hydrolyzed as a new type of arsenic-containing raw material for obtaining marketable products of various qualities. The methods of purification of arsenic (III) oxide as the main product of sodium arsenite hydrolyzed processing to various degrees of purity (3–6N) are given, which allows using it as a raw material for the synthesis of a wide range of arsenic compounds: arsenic acid, elemental arsenic, arsenic trichloride. The process of sublimation/desublimation and vacuum-thermal purification of arsenic (III) oxide from impurities is considered. The developed methods for the purification of arsenic (III) oxide open up the possibility of using it for the synthesis of various compounds used in the glass and semiconductor industry, microelectronics, and fiber optic technology.

Keywords: sodium arsenite hydrolysis, arsenic-containing compounds, purification technology, arsenic oxide (III).

References

1. Petrunin V. A., Tomilov A. P., Baranov U. I., Kuznetsov B. A., Rozin U. I., Smetanin A. B., Gorelenko S. V., Smirnov M. K., Nemchikov N. I. Poluchenie tonkodispersnogo poroshka ehlenentnogo mysh'yaka pytem ehlektroliza vodno-schelochnyh rastvorov ego soedinenij [Obtaining fine powder of elemental arsenic by electrolysis of aqueous-alkaline solutions of its compounds]. Pat. RF, no. 2009276, 1994.
2. Eliseev D. A. Physical and chemical bases of the process of separation of «sodium arsenite hydrolysis» into basic components. Thesis Dis. Cand. Sci. (Chem.). Saratov, 2008. 129 p. (in Russian).
3. Demakhin A. G., Akchurin S. V., Vashenko G. A., Fedorov V. A. Optimization of ecological and economical tasks while processing raw materials obtained from lewisite reaction masses into commercial arsenic oxide. *Izv. Vyssh. Ucheb. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.*, 2016, vol. 59, no. 11, pp. 117–123 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.6060/tcct.20165911.5450>
4. Kopylov N. I., Kaminskiy U. D. *Arsenic*. Ed. by Y. A. Tolstikov. Novosibirsk, Sib. Univer. Izd-vo, 2004. 367 p. (in Russian).
5. Kondratev U. I., Shveikin V. A., Mishin V. N. Ustrojstvo dlya izvlecheniya i rafinatsii oksida mysh'yaka [Arsenic oxide extraction and refining device]. Pat. RF, no. 68329, 2007.
6. Fedorov V. A. Hydrodynamics and kinetics of distillation purification of arsenic trichloride. *High Purity Substances*. 1993, no. 4, pp. 90–97 (in Russian).

Cite this article as:

Demakhin A. G., Akchurin S. V., Fedorov V. A. Application of the Sodium Arsenite Hydrolysed for Obtaining Pure Arsenic Products. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2019, vol. 19, iss. 1, pp. 11–17 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2019-19-1-11-17>