

- Энергетическая стратегия России на период до 2030 года // Энергетическая политика: Прил. к обществ.-дел. журн. – М.: ГУ Институт энергетической стратегии, 2010. – 184 с.*
- The First Industrial Scale, Commercially Operating Coal Upgrading Plant in the World [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [http://gbce.com/en/projects\\_yield.php](http://gbce.com/en/projects_yield.php), свободный.*
- The LiMax<sup>TM</sup> Coal Process Technology (—LCP||) [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [http://gbce.com/en/technology\\_process.php](http://gbce.com/en/technology_process.php), свободный.*

УДК 546.19

DOI 10.24411/2658-4441-2020-10019

М.О. МОЛДУРУШКУ

*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)*

## ПРОБЛЕМЫ МЫШЬЯКСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

В статье приведены способы консервации мышьяксодержащих отходов. Устойчивой формой для хранения является железистая шпейза. Рассмотрены области применения мышьяка.

*Ключевые слова:* мышьяк, консервация отходов, железистая шпейза, деревообработка, биоцид.

Библ. 11 назв. С. 76–78.

M.O. MOLDURUSHKU

*Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS (Kyzyl, Russia)*

### THE ARSENIC-CONTAINING PRODUCTION WASTE ISSUE

The article presents the methods of arsenic-containing waste conservation. It was found that the stable form of storage is a ferrous speiss. Scopes of arsenic application are considered.

*Keywords:* arsenic, waste conservation, ferrous speiss, woodworking, biocide.

References 11. P. 76–78.

При переработке мышьяксодержащих руд мышьяк выводится в отвалы, поскольку что потребность в нём в промышленности ничтожно мала и составляет всего лишь 2,5% от добываемого сырья. Мышьяковые отходы, накопленные в огромных количествах в хвостохранилищах горно-обогатительных комбинатов, представляют серьёзную угрозу для окружающей среды. Поэтому одним из важных направлений решения проблемы мышьяка является консервация мышьяксодержащих отходов, обеспечивающая их изоляцию от окружающей среды.

Для стабилизации отходов используются различные противофильтрационные экраны, обеспечивающие гидроизоляцию хранилищ: глиняные уплотнения, плёночные и вяжущие материалы (битумные составы, бетон, и др.), от ветровой эрозии — различные травянистые покрытия (Копылов, Каминский, 2004). Наиболее приемлемыми материалами для оболочек отвалов являются бетонные, грунтово-глиняные покрытия. Новосибирским оловокомбинатом было сооружено хранилище из монолитного железобетона для хранения мышьяксодержащих отходов, которое соответствует всем требованиям безопасности. Однако его высокая стоимость вынудила искать более дешёвые способы консервации отходов. Опытным цехом Усть-Каменогорского металлургического комплекса «Казцинк» (Казахстан) была проведена работа по введению арсенатных отходов в твердеющие закладочные смеси на ос-

нове цемента, в результате вымываемость мышьяка из закладочной смеси составила менее уровня предельно-допустимой концентрации (ПДК). В период работы комбината «Тувакобальт» была проведена рекультивация двух хвостохранилищ (карт): их засыпали сверху почвой и засеяли многолетними травами. В настоящее время поверхность этих карт покрыта растительностью. Остальные три карты-хранилища некультивированы и подвергаются ветровой эрозии. Для предотвращения заражения окружающей среды поверхность этих карт должна быть закрыта.

Следующим важным направлением является перевод мышьяка в стабильные хранимые формы. К наиболее устойчивым формам мышьяка относят железистую шпейзу, скородит, сульфид мышьяка. Железистая шпейза состоит из серии изоморфных соединений и соответствует общей формуле  $Fe_xAs_y$  (Вишняков, 2000). При хранении шпейзы в открытых отвалах концентрация мышьяка в воде не превышает ПДК. Разработана технология получения малотоксичного железомышьякового сплава электроплавкой из мышьяксодержащих отходов свинцового производства (Чурсин и др., 2008). Железомышьяковый сплав выпускается в виде блоков и позволяет в 5–6 раз уменьшить объём накопления мышьяксодержащих отходов. По технологии сульфидизирующего обжига был получен компактный сульфид мышьяка, удобный для хранения в складских помещениях (Исабаев и др., 1982, 1983). Исследования показали возможность удаления мышьяка в форме сульфида из отвалов Хову-Аксы (Копылов и др., 2009; Молдурушку и др., 2017).

Возможным решением проблемы мышьяксодержащих отвалов может быть поиск направлений многотоннажного использования мышьяка в промышленности, что дало бы возможность сократить объёмы отходов за счёт организации их утилизации, комплексной переработки с переводом компонентов в товарные продукты. В настоящее время, как отмечалось выше, лишь около 2,5 % от всего количества мышьяка, извлекаемого из недр, используются в практической деятельности человечества. Мышьяк в малых количествах постоянно используется в производстве препаратов для борьбы с био- и зоовердителями:

- в медицине, ветеринарии — с возбудителями и распространителями опасных болезней;
- в сельском хозяйстве — с бактериями, насекомыми, грызунами, сорняками, в качестве дефолиантов;
- в деревообрабатывающей промышленности — с гнилостными бактериями, термитами, древоточцами.

Соединения мышьяка также в небольших количествах используются в кожевенном деле, стекольной промышленности. Получение высокочистого мышьяка связано с производством полупроводниковых арсенидов, применяющихся в оптикоэлектронике, лазерной технике и для производства сверхвысокочастотных приборов в микроэлектронике. Появилась новая область применения этих материалов — высокоэффективные солнечные батареи для орбитальных комплексов. Полупроводниковыми материалами являются и халькогениды мышьяка (сульфид, селенид, теллурид).

Перспективной многотоннажной отраслью потребления мышьяковой продукции может стать производство антисептиков для консервации древесины. В работе К.Т. Ахметова и др. (1963) впервые был рассмотрен вопрос об извлечении мышьяка из отходов цветной металлургии и реализации его продуктов с одновременным извлечением редких металлов. Фирма Болиден (Швеция) и некоторые фирмы США, Индии разработали антисептический препарат для консервации древесины, в состав которого входят мышьяк, хром, цинк или медь. В 1955–1961 гг. в Советском Союзе был разработан медно-хромово-мышьяковый антисептик (МХМ-235). В 1986 году было зарегистрировано 55 составов антисептиков древесины группы ССА (Cu–Cr–As). Уральским государственным лесотехническим институтом и Уральским научно-исследовательским проектным институтом меди были получены антисептик Урал Р-111 и его усовершенствованная модификация УЛТАН на основе мышьяковых отходов медно-металлургического производства (Производство..., 2006). Количество

мышьякового компонента в антисептиках составляет от 25 до 50 % по массе. Промышленные испытания препаратов показали, что мышьяковые антисептики обеспечивают надёжную защиту древесины. В работе И.Д. Исаева и др. (1989) были рассмотрены возможности использования мышьяковых растворов комбината «Тувакобальт» для синтеза ряда антисептиков древесины.

Следующим объектом многотоннажного использования мышьяка могут быть биоциды — химические средства защиты материалов от биологического повреждения и обрастания. Особую группу покрытий могут составить мышьяксодержащие термопластичные составы, разрабатываемые совместно сотрудниками Института химии ДВО РАН, ИХХТМ СО РАН (Копылов и др., 2006). Согласно результатам исследований, наиболее перспективным материалом в роли биоцида выступает сульфид мышьяка.

Таким образом, одним из возможных путей решения проблемы мышьяковых отходов может быть комплексная переработка отходов с извлечением ценных компонентов и переводом мышьяка в стабильные хранимые формы сульфида мышьяка, железо-мышьяковой шпейзы.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ахметов К.Т., Кубышев Н.Н., Даишов К.С.* О попутном извлечении мышьяка из отходов металлургического производства // Цветные металлы. – 1963. – № 2. – С. 42–45.
- Вишняков С.Н.* Исследование технологических параметров неочищенного пылегазового потока при переработке пыли, содержащей мышьяк (спец. 05.16.03: Металлургия цветных и редких металлов): Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Усть-Каменогорск, 2000. – 25 с.
- Исабаев С.М., Полукаров А.Н., Кузгибекова Х.М., Мильке Э.Г., Жумашев К.* Способ удаления мышьяка из медно-мышьяковистых шламов: Авт. св-во 908881, 2940288/22-02; заявлено 16.06.1980; опубл. 28.02.1982. – Бюл. № 8. – 4 с.
- Исабаев С.М., Мильке .Г., Кузгибекова Х.М., Касенов Б.К., Жумашев К., Интыкбаев А.М.* Способ переработки шпейзы: Авт. св-во 1028733, 3321077/22-02; заявл. 24.07.1981; опубл. 15.07.1983. – Бюл. № 26. – 4 с.
- Исаев И.Д., Гидалевич А.В., Стаценко И.В., Матвеев В.Д., Троянова В.Г., Супрунов В.П., Паишков Г.Л., Миронов В.Е.* Производство арсенатов на базе комбината «Тувакобальт» // Перспективы развития малотоннажной химии: Тез. докл. регион. конф. Сибири и Дальнего Востока. – Красноярск, 1989. – С. 17.
- Копылов Н.И., Каминский Ю.Д.* Мышьяк / Под ред. Г.А. Толстикова. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2004. – 367 с.
- Копылов Н.И., Каплин Ю.М., Литвинов В.П., Каминский Ю.Д.* Многотоннажное использование мышьяка в производстве противообрастающих покрытий // Химическая технология. – 2006. – № 9. – С. 43–46.
- Копылов Н.И., Каминский Ю.Д., Молдурушку Р.О.* Удаление мышьяка из отвальных кеков комбината «Тувакобальт» // Химическая технология. – 2009. – № 11. – С. 669–673.
- Молдурушку М.О., Кара-Сал Б.К., Копылов Н.И., Чульдун К.К.* Способ извлечения мышьяка из отходов аммиачно-автоклавного передела кобальтовых руд: Пат. 2637870. Российская Федерация; заявитель и патентообладатель ФГБУН Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (ТувИКОПР СО РАН). – № 2015155418; заявл. 23.12.2015; опубл. 07.12.2017.
- Производство, применение, свойства первого в России хромомедного-мышьякового (ССА) антисептика УЛТАН: Материалы межрегион. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УрГЛТУ, 2006. – 55 с.*
- Чурсин А.С., Сербя Н.Г., Акимбаева А.М.* Технология обезвреживания мышьяксодержащего сырья, отходов и промпродуктов // Цветные металлы. – 2008. – № 6. – С. 42–44.