

УДК 504.064.45

## ТВЕРДЫЕ КОММУНАЛЬНЫЕ ОТХОДЫ КАК ИСТОЧНИК ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

П.В. Ивашов

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,  
ул. Дикопольцева 56, г. Хабаровск, 680000,  
e-mail: iver@iver.as.khb.ru

*Рассмотрены возможности использования бытового мусора как источника вторичного сырья цветных металлов – олова, вольфрама, серебра, свинца, цинка, меди, никеля. Представленные материалы имеют большое значение в связи с начавшейся в России с 2019 г. так называемой «мусорной реформой» по сбору и переработке твердых коммунальных отходов с целью получения полезной продукции.*

**Ключевые слова:** бытовой мусор, вторичные ресурсы, цветные металлы.

Значение цветных, редких и рассеянных металлов в промышленности и в других отраслях народного хозяйства общеизвестно и возрастает по мере развития цивилизации [2]. Добыча их из недр приводит к истощению запасов металлов и обуславливает в конечном счёте их техногенное рассеяние [9].

Возникающий дефицит металлов, особенно заметно сказывающийся сейчас в России в связи с разрушением СССР, диктует поиски путей их рациональной добычи и оптимального использования. С одной стороны, необходимо бережное рачительное отношение к этому минеральному сырью, а с другой – широкое использование вторичного сырья, т.е. различных материалов и отходов, содержащих редкие, рассеянные и цветные металлы. Поэтому не случайно среди большого круга народно-хозяйственных проблем экономического развития России одна из самых актуальных – рациональное использование вторичных ресурсов, в том числе и лома цветных металлов.

В связи с растущим вниманием к этой проблеме следует отметить один из источников вторичных ресурсов цветных металлов, которому в настоящее время не придают должного значения. Этот источник – бытовой мусор или твердые коммунальные отходы (ТКО), с которым практически полностью уничтожается вторичное сырьё, содержащее серебро, олово, вольфрам, медь, цинк, свинец, никель, алюминий и многие другие цветные металлы, не говоря уже о железе – представителе чёрных металлов. Поэтому бытовой мусор на свалках, особенно в районах крупных городов, можно рассматривать как комплексное вторичное

месторождение самых разнообразных металлов.

В настоящее время в домашнем хозяйстве в мире ежегодно выбрасывается на свалки различных чёрных и цветных металлов от 2 до 10% общего объема мусора, или в среднем 15 кг металла на человека. Сейчас бытовые отходы приобрели исключительно большие объёмы во всем мире. Например, в США они составляют свыше 170 млн т в год [4]. Нетрудно представить, какое количество металла выбрасывается с бытовыми отходами во всём мире, если еще в 1971 г. в США вошел в обиход термин «городская руда», подразумевающий мусор как источник металлов. Более того, уже тогда отмечалось, что городские свалки по содержанию некоторых цветных металлов даже богаче, чем первичные природные руды.

В России твердые коммунальные отходы также составляют значительные объёмы – ежегодно свыше 100 млн т, которые тоже содержат полезные компоненты, в частности, тысячи тонн цветных и черных металлов [4]. По данным управления государственного предприятия «Экотехпром» при московской мэрии, только в Москве ежегодно образуется около 2,5 млн т бытовых отходов – примерно по 200 кг на 1 человека. Проблема бытовых отходов в России в настоящее время особенно актуальна как с точки зрения охраны окружающей среды, так и утилизации их с целью извлечения полезных компонентов, поскольку кроме цветных и черных металлов мусор содержит значительные объёмы бумаги, пластика, полиэтилена, стекла, текстиля и т.д. Поэтому необходима оценка мусора как источника вторичного сырья вообще, а не только цветных металлов.

Что же выбрасывается в составе бытового мусора в виде ненужных уже населению предметов, содержащих ценные цветные металлы? Это прежде всех консервные банки из белой жести. В России, несмотря на спад промышленности, ежегодно производится примерно 15 млрд штук консервных банок. Только малая часть металлов этих банок вторично используется в процессе утилизации бытовых отходов в Москве, Санкт-Петербурге и в некоторых других городах на заводах, специализированных по переработке бытового мусора. Таких мусороперерабатывающих заводов в стране всего 9, и они способны утилизировать всего лишь около 4% всех российских бытовых отходов. Между тем, еще в начале 90-х гг. XX века в стране была принята федеральная программа «Отходы», но для её реализации, по данным Департамента государственного экологического контроля Минприроды РФ, требовалось более 1 трлн руб. только на период 1996–1998 гг. Денег в бюджете страны на эту проблему в таком количестве не было.

Одним из способов уничтожения бытового мусора является его сжигание на специальных мусоросжигающих заводах. Однако из-за высокого содержания в мусоре мелких металлических предметов он до конца не сгорает, и остается до 46% не сгоревших золоотходов, которые также приходится вывозить на мусорные свалки. Поэтому извлечение из ТКО металлических предметов выгодно и экологически, и экономически.

К сожалению, во многих крупных городах России таких заводов по переработке бытовых отходов нет и, таким образом, большая часть отечественных консервных банок из белой жести и импортных, преимущественно алюминиевых, идут в бытовой мусор и уничтожаются вместе с ним. Кроме того, сейчас в России нет ни одного приёмного пункта, куда можно было бы сдать металлические консервные банки после использования пищевых продуктов, и они выбрасываются в мусор не только домохозяйками, но и работниками государственных и частных учреждений – столовых, буфетов, ресторанов, магазинов и т.д. Между тем консервная банка из белой жести – это не только железо, а прежде всего цветной металл – олово, несмотря на его небольшое содержание в них – от 0,5 до 3,0 г в банке.

Олово является в том числе составной частью упаковочного материала для пищевых продуктов, а также тюбиков для различных паст. И этот оловосодержащий упаковочный материал после использования пищевых продуктов в свою очередь выбрасывается в мусор и полностью унич-

тожается, хотя известно, что для того, чтобы получить 1 кг олова при существующих современных технических и технологических возможностях, необходимо найти оловорудное месторождение, добыть и переработать около 100 кг руды [10]. Такое же примерно количество олова содержится в 2000 консервных банок, вышедших с бытовым мусором на свалку.

На консервные банки в настоящее время в мире идет около 5 млн т белой жести, т.е. от 50 до 80% мирового производства олова, которое в последние годы достигает 200 тыс. т ежегодно. Уместно напомнить, что олово – это металл, предназначенный не только для пищевой промышленности – «металл консервной банки» – так образно назвал его академик А.Е. Ферсман [12], но и для техники, поскольку в любой автомашине, тракторе, вездеходе содержится 5–7 кг олова в виде сплавов и припоев [8]. Без олова не обходится ни один радиоприемник, телевизор или магнитофон, не говоря уже о многочисленных научных приборах, больших и малых ЭВМ, компьютерах и калькуляторах. Олово является одним из самых дефицитных и дорогостоящих цветных металлов на мировом рынке и имеет стратегическое значение в экономике развитых стран. Цена его в 2010 г. достигла 25 тыс. американских долларов за 1 т [1]. Пока же в России тысячи тонн олова в составе консервных банок (жестяных), упаковочного материала пищевой промышленности и других отраслей народного хозяйства безвозвратно теряются в мусоре.

Уничтожается вместе с мусором и другой цветной металл стратегического значения – вольфрам, содержащийся в электрических лампочках накаливания. Перегоревшая электрическая лампочка идет в мусор вместе с вольфрамовой нитью накаливания. В этом качестве редкий цветной тугоплавкий металл вольфрам совершенно незаменим и сейчас, спустя 100 лет после изобретения данного бытового электрического прибора.

В мировой электротехнической промышленности только для нитей накаливания используется свыше 100 т вольфрама ежегодно. Между тем в России нет ни одного пункта приёма перегоревших лампочек от населения с целью повторного использования вольфрама, не говоря уже о её металлическом цоколе и высококачественном стекле.

Исходя из потребности в вольфраме только в электротехнике можно представить, сколько этого дефицитного цветного металла в составе электрических лампочек ежегодно в России уничтожается

вместе с бытовым мусором. Тугоплавкий металл вольфрам незаменим и в других отраслях науки и техники, в частности, в приборостроении, производстве высококачественной стали и т.д. «Цена на вольфрамовый концентрат в 2009 г. составила 155 американских долларов за 1% триоксида вольфрама ( $WO_3$ ) в тонне» [1, с. 436].

Сейчас в составе мусора на свалку выбрасываются серебросодержащие фотоматериалы – ненужные фотографии, фотопленка, химреактивы как населением, так и фотоателье. А ведь это вторичное сырье серебра. Однако в России нет ни одного приемного пункта для населения, куда можно было бы сдать серебросодержащие отходы в виде фотобумаги, фотопленки, рентгеновских фотопленок в медицинских учреждениях. Между тем в 2010 г. на Лондонской бирже металлов цена на серебро составила в среднем 17,49 американских долларов за унцию – 31 г [1].

С бытовым мусором уничтожается также высококачественная сталь, легированная цветными металлами, в виде бритвенных лезвий, причем ежегодно выбрасывается столько лезвий, сколько изготавливается, в том числе и импортных, поскольку этот мелкий металлический утиль некуда сдавать.

В настоящее время кроме отмеченных цветных металлов – олова, вольфрама, серебра – безвозвратно теряются тысячи тонн алюминия, цинка, меди, свинца, никеля и многих других металлов, а также их сплавов в виде выброшенных на свалку отслужившей в домашнем хозяйстве оцинкованной, алюминиевой и медной посуды, ненужных изделий из бронзы, тюбиков из-под зубной пасты и кремов, аэрозольных баллончиков, металлических игрушек, никелированных бытовых предметов, домашней утвари из нержавеющей стали, бытовых электроприборов – старых холодильников, радиоприемников, телевизоров, электрических плиток со спиралью накаливания из тугоплавких цветных металлов, металлических емкостей из-под масляных и других красок, лаков и олифы, металлических крышек от стеклянных банок и бутылок, медицинских «градусников» (ртутных термометров) и многих других металлических «мелочей», которые никогда и никем не собирались у нас как металлолом и, следовательно, никогда не были в поле зрения ни Вторчермета, и Вторцветмета из-за их «мелочности».

Между тем подсчитано, что только на упаковку папирос с помощью металлической фольги (примерно 1,5 г на пачку) при миллионных экземплярах этой продукции требуются сотни тонн

цветного металла, который уничтожается с мусором.

С крышками от сосудов с молочными продуктами ежегодно в России теряются десятки тонн алюминия, а с эрозольными упаковками, тюбиками из-под зубных паст, клея, кремов – свыше 120 тыс. т этого металла.

Ежегодно в России выбрасывается в мусор и, следовательно, уничтожается около 15 тыс. т цинка в виде различных батареек к бытовым электроприборам – радиоприемникам, магнитофонам, карманным фонарикам и 17 тыс. т свинца в составе автомобильных аккумуляторов.

Можно привести пример с люминесцентными лампами. Еще недавно в Москве и Московской области ежегодно выбрасывалось свыше 15 млн штук этих ламп, содержащих вредный для окружающей среды цветной тяжелый металл – ртуть. Между тем ртутные люминесцентные лампы можно вторично использовать путем утилизации, получая ртуть и стекло и изолируя таким образом окружающую среду от загрязнения этим токсичным тяжелым металлом. И лишь в последние годы начали строительство в стране заводов по переработке ртутьсодержащих люминесцентных ламп. Такой завод по утилизации ртутьсодержащих люминесцентных ламп и отслуживших приборов построен в Хабаровском крае (г. Амурск) и успешно функционирует с 2004 г. [5].

Для решения проблемы вовлечения в народное хозяйство цветных металлов, находящихся в составе бытового мусора, необходимо провести ряд организационных мероприятий. Во всех крупных жилых массивах городов и поселков целесообразно организовать пункты приема домашнего вторичного сырья, содержащего цветные металлы в виде мелкого металлолома. Вероятно, надо предусмотреть возможность обмена (естественно, с доплатой) на пунктах приема или в магазинах отслуживших свой век изделий на новые, например, перегоревших электрических лампочек, бытовых мелких электроприборов, металлической посуды, электробатареек и т.д.

По-видимому, надо ввести дифференцированную плату за сдаваемые на пунктах приема бытовые металлические мелочи, изготовленные из цветных металлов, исходя из дефицитности, ценности содержащегося в них редкого металла и себестоимости получения его из первичного сырья (руды). Это будет стимулировать население не выбрасывать металлические мелочи в мусор, а сдавать их в приемные пункты.

Вероятно, в городах с населением свыше 500 тыс. жителей целесообразно строить заводы по переработке и утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) для извлечения из них полезных компонентов, прежде всего цветных металлов, а также для ликвидации городских свалок, занимающих, как правило, огромные территории в окрестностях жилых мест и загрязняющих окружающую среду. Такой подход будет способствовать оптимизации экологического состояния окружающей среды, особенно в районах крупных городских агломераций [6].

Необходимо предусмотреть, чтобы еще на «стадии выбрасывания» бытовой мусор дифференцировался по его видам. Для этой цели в городских жилых кварталах должны быть поставлены специализированные контейнеры – для металлов, для бумаги (макулатуры), для стекла и т.д. Это значительно сократит затраты на утилизацию бытового мусора, особенно его важной составной части – отслуживших свой век металлических домашних мелочей. Поэтому среди населения необходимо проводить воспитательную работу, чтобы бытовой мусор дифференцировался еще в домашних условиях и его составные части складировались в указанные специализированные контейнеры.

Опыт зарубежных стран показывает, что бытовые отходы, содержащие цветные металлы, могут успешно утилизироваться. Так, в Японии за счет утилизации только жестяных и алюминиевых консервных банок и бытовых приборов ежегодно получают тысячи тонн железа, алюминия, цветных металлов [11]. Еще в 1985 г. в этой стране было изготовлено 3 млрд алюминиевых банок под пиво, из них 1,2 млрд было утилизировано путем сбора от населения за плату, по 100 иен за 1 кг баночного металлолома [3].

В настоящее время в России утилизация вторичных ресурсов в виде ТКО может оказаться одним из важнейших источников производства дефицитных цветных металлов. Их регенерация из такого вторичного сырья будет способствовать сохранению первичных природных ресурсов, снижению трудовых и материальных затрат, уменьшению загрязнения окружающей среды.

Расчеты показывают, что за счет потребления вторичных ресурсов при производстве 1 т первичного алюминия можно сэкономить около 5 т бокситов, а при производстве 1 т меди – почти 130 т медной руды [7]. Трудовые затраты на сбор и переплавку 1 т металлолома примерно в 7 раз меньше, чем при производстве, например, чугуна

из железной руды. Количество газовых выбросов из ТКО при этом может уменьшиться в 9 раз.

Экономическая эффективность производства материалов из вторичных ресурсов выше, чем из первичного сырья, и по другим показателям. Например, на получение 1 т алюминиевых сплавов электроэнергии расходуется меньше в 27 раз, условного топлива в 7,4 раза, себестоимость ниже в 2,5 раза, а удельные капитальные вложения в 8 раз. При производстве бронзово-латунных сплавов из вторичного сырья электроэнергии расходуется в 5 раз меньше, условного топлива в 3,4, себестоимость ниже в 2,5, удельные капитальные вложения в 10 раз. Примерно такие же экономические показатели дает использование вторичного сырья и при производстве других цветных металлов.

Следует отметить, что сплавы, полученные из лома и отходов, имеют высокие механические свойства и по качеству не уступают изготовленным из металлов, выплавленных из первичной руды. Кстати, в развитых странах – США, Англии и Германии отсутствует разделение сплавов на «первичные» и «вторичные», т.е. изготовленные из вторсырья или первичных руд. Независимо от того, из какого сырья получены материалы, они по зарубежным стандартам должны обладать определенными технологическими свойствами. Поэтому потребителя не должно интересовать происхождение сплава или металла, если они по своим свойствам и составу соответствует всем техническим требованиям.

Необходимо особо подчеркнуть, что утилизация ТКО может получить существенное развитие как одно из направлений в энергосбережении. Бытовые отходы после извлечения из них металлов можно широко использовать в топливной энергетике. Их теплотворная способность весьма близка к таковой каменного угля и составляет в среднем от 4 до 8 тыс. ккал/кг. Опыт работы электростанций на сжигаемых бытовых отходах в зарубежных странах показывает, что это одно из важнейших экологических направлений в оздоровлении окружающей среды. Так, в Японии в 1984 г. в эксплуатации находилось 73 электроагрегата, работающих на сжигании бытовых отходов, суммарной мощностью около 215 тыс. кВт. В середине 80-х гг. мощность самого крупного из них была 12 тыс. кВт. Стоимость электроэнергии, вырабатываемой на мусоросжигательных установках, составляет в среднем 5,8 иен за 1 кВт/ч против 13 иен на АЭС, 14 – на ТЭС, работающей на угле, и 17 – на ТЭС, работающей на сжиженном природном газе [11].

Однако хорошим высококалорийным энергоносителем ТКО становятся после извлечения из них металлических предметов. Бытовой «безметалльный» мусор можно сжигать и автономно, и совместно с каменным углем на обычных ТЭЦ. В получающейся золе может содержаться до 35% глинозема, т.е. она почти равнозначна бокситам, которые некоторые предприятия России в настоящее время закупают за границей по 25–30 дол. США за 1 т как сырье для алюминиевой промышленности.

«Зольный» глинозем можно использовать и для производства коагулянтов – средств очистки сточных и питьевых водопроводных вод. Коагулянтов – незаменимых средств при качественной водоподготовке питьевой воды перед подачей её в водопроводную сеть – России хронически не хватает, и их запасы приходится пополнять за счет закупки за рубежом, хотя на мировом рынке 1 т коагулянтов стоит 300 долларов. Кроме того, из этого же глинозема можно получать высококачественный цемент, силикатный кирпич и другие строительные материалы [4].

За счет содержания в ТКО металлических предметов, которые затруднительно извлекать при рассортировке мусора, зола ТЭЦ, сжигающей ТБО, обогащена цветными металлами – оловом, никелем, медью, кобальтом, цинком и другими до концентраций, рентабельных для промышленного извлечения. Следовательно, зола ТЭЦ, особенно как продукт сжигания ТБО или совместно с каменным углем, становится своего рода вторичной рудой цветных металлов. Можно лишь отметить, что в России уже скопилось свыше 1 млрд т золы ТЭЦ и ежегодно к этому количеству добавляется примерно 150 млн т [4].

Итак, ТКО, по существу, можно рассматривать как комплексное вторичное сырье. С одной стороны, это источник цветных металлов (и черных тоже), а с другой – энергоноситель, который может найти в России широкое применение в топливной энергетике. Поэтому использование этого вторичного сырья в указанных направлениях позволит улучшить состояние окружающей среды в крупных городах.

Необходимость организационных мер, направленных на стимулирование сбора мусора населением, а также на полную утилизацию бы-

товых отходов как энергоносителей и эколого-экономическая оценка этих мероприятий представляет современную актуальную комплексную научную проблему. Её решение даст возможность получить важный источник цветного металлолома, каким является бытовой мусор, а также будет способствовать улучшению экологического состояния окружающей среды в регионах России.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Архипов Г.И. Минеральные ресурсы горно-рудной промышленности Дальнего Востока. Обзор состояния и возможности развития. М.: Горная книга, 2011. 830 с.
2. Ванецкий С.И. О редких и рассеянных. М.: Металлургия, 1990. 169 с.
3. Иванов С.В., Мельник Л.Г., Шепеленко А.М. В борьбе с драконом «Когай». Опыт природопользования в Японии. М.: Мысль, 1991. 236 с.
4. Ивашов П.В. Техногенез и окружающая среда // Геология и геофизика. 1988. № 10. С. 128–129.
5. Ивашов П.В., Кот Ф.С. Опыт проведения биогеохимической экспертизы проекта «Региональный центр демеркуризации в Хабаровском крае» // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. М.: ГЕОХИ РАН, 2010. С. 410–413.
6. Ивашов П.В., Пан Л.Н. Значение утилизации отходов промышленного производства в оптимизации экологического состояния окружающей среды // География и природные ресурсы. 1992. № 4. С. 43–49.
7. Использование вторичного сырья и отходов в производстве. М.: Экономика, 1983. 168 с.
8. Остроменцкий Н.М., Косов Б.М., Овчинников Л.И. Оценка месторождений при поисках и разведке. Вып. 2. Олово. М.: Недра, 1966. 260 с.
9. Перельман А.И. Атомы-спутники. М.: Наука, 1990. 176 с.
10. Скирстымонская В.М. Олово // Марганец – Олово. М.: Наука, 1972. С. 308–317.
11. Тихоцкая И.С. Япония: проблема утилизации отходов. М.: Наука, 1992. 102 с.
12. Ферсман А.Е. Занимательная геохимия. Л.: Детгиз, 1954. 488 с.

## MUNICIPAL SOLID WASTE (MSW) AS A SOURCE OF NON-FERROUS METALS SECONDARY RESOURCES

P. V. Ivashov

*The author considers the possibilities of using household waste as a source of secondary raw materials of non-ferrous metals - tin, tungsten, silver, zinc, lead, copper, nickel. The presented materials are of great importance in connection with the so-called "Garbage reform" which started in Russia in 2019. It is aimed at the collection and processing of solid municipal waste in order to obtain useful products.*

**Keywords:** *secondary resource, non-ferrous metals, tin, wolfram, silver, lead, zinc, copper, nickel.*