

Код МРНТИ 51.01.11:53.37.33

Е.Е. Жолдасбай<sup>1</sup>, \*А.А. Аргын<sup>2</sup>, М.Б. Курмансейтов<sup>2</sup>, Н.К. Досмухамедов<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Жезказганский университет им. О.А. Байконурова (г. Жезказган, Казахстан),  
<sup>2</sup>Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ОТХОДОВ

**Аннотация.** На мировой рынок ежегодно поступают новые модификации электронного и электротехнического бытового оборудования (ЭЭО). Это приводит к значительному росту старого оборудования, которое до сегодняшнего дня не имеет рациональных путей их утилизации. Необходимость переработки отходов ЭЭО привлекает большое внимание мирового сообщества. В настоящей работе на основании анализа известных работ проанализировано современное состояние E-отходов, показаны рациональные пути организации сбора, переработки E-отходов. Отмечено, что для создания действенного механизма управления отходами, включающего разработку концепции управления на законодательном уровне, необходимо создание системы оборота отходов. При разработке механизма управления отходами необходимо обязательно учитывать зарубежный опыт в этой области, разработки ученых и экспертов из стран Евросоюза, Японии и США, которые приводятся в работе.

**Ключевые слова:** электронные отходы, сбор лома, переработка, утилизация, ценные металлы, окружающая среда, накопление E-отходов.

### Электрондық қалдықтарды қайта өңдеудің қазіргі жағдайы мен перспективаларын талдау

**Андатпа.** Әлемдік нарыққа жыл сайын электрондық және электротехникалық тұрмыстық жабдықтардың (ЭЭЖ) жаңа модификациялары келіп түседі. Бұл бүгінгі күнге дейін оларды жоюдың ұтымды жолдары жоқ ескі жабдықтың айтарлықтай өсуіне әкеледі. ЭЭЖ қалдықтарын қайта өңдеу қажеттілігі әлемдік қоғамдастықтың назарын аударады. Осы жұмыста белгілі жұмыстарды талдау негізінде электрондық қалдықтардың қазіргі жай-күйі талданды, электрондық қалдықтарды жинауды, қайта өңдеуді ұйымдастырудың ұтымды жолдары көрсетілді. Заннамалық деңгейде басқару тұжырымдамасын әзірлеуді қамтитын қалдықтарды басқарудың тиімді тетігін құру үшін қалдықтар айналымы жүйесін құру қажет екендігі атап өтілді. Қалдықтарды басқару тетігін әзірлеу кезінде осы саладағы шетелдік тәжірибені, жұмыста келтірілген Еуропалық Одақ, Жапония және АҚШ елдерінің ғалымдары мен сарапшыларының әзірлемелерін ескеру қажет.

**Түйінді сөздер:** электрондық қалдықтар, сынықтарды жинау, қайта өңдеу, кәдеге жарату, бағалы металдар, қоршаған орта, E-қалдықтарды жинақтау.

### Analysis of the current state and prospects of electronic waste recycling

**Abstract.** New modifications of electronic and electrical household equipment (EEE) enter the world market every year. This leads to a significant increase in old equipment, which until today has no rational ways to dispose of them. The need to recycle EEE waste attracts a lot of attention from the world community. In this paper, based on the analysis of well-known works, the current state of E-waste is analyzed, rational ways of organizing the collection and processing of E-waste are shown. It is noted that in order to create an effective waste management mechanism, including the development of a management concept at the legislative level, it is necessary to create a waste management system. When developing a waste management mechanism, it is necessary to take into account foreign experience in this field, the developments of scientists and experts from the European Union, Japan and the USA, which are given in the work.

**Key words:** electronic waste, scrap collection, recycling, recycling, valuable metals, environment, accumulation of E-waste.

### Введение

#### Современное состояние электронного лома в мире

Электрическое и электронное оборудование (ЭЭО) стало неотъемлемой частью повседневной жизни. Его доступность и широкое использование позволили большей части населения мира получать пользу от более высокого уровня жизни. Однако в цифровом выражении отношение процесса производства, потребления и утилизации электронных отходов носит неустойчивый характер, отношение их друг к другу имеет сильный дисбаланс. Из-за медленного принятия сбора и переработки, такие внешние эффекты, как потребление ресурсов, выбросы парниковых газов и токсичных веществ вызывают остроту проблемы утилизации электронных отходов.

Сегодня многие страны сталкиваются с серьезными проблемами, связанными с окружающей средой и здоровьем человека и большими рисками неадекватного обращения с отходами электрического и электронного оборудования, широко известные как электронные отходы (E-отходы). Даже страны с официальной системой управления электронными отходами сталкиваются с относительно низкими показателями сбора и переработки.

На рынок России ежегодно поступает до 70 млн единиц электронного и электротехнического бытового оборудования. Переход к рыночной экономике привел к остановке и ликвидации тысяч нерентабельных производств и накоплению многих сотен тысяч тонн металлолома. Суммарная масса электронного лома в России приближается к 1 млн т [1].

Мониторинг количества и потоков электронных отходов имеет важное значение для динамики оценки событий, а также выявления и оценки цели для устойчивого развития общества и экономики. В развитых странах, где развита инфраструктура переработки, продуманная политика и юридические инструменты, на основе достоверных данных об электронных отходах более эффективно внедряются процессы их утилизации.

Без глобальной картины электронных отходов истинный характер трансграничных перемещений и, в некоторых случаях, незаконные поставки будут непонятны.

С конца 2019 года Учебный и научно-исследовательский институт ООН (ЮНИТАР) является одним из организаторов специализированной программы SCYCLE по электронным отходам. Организация помогает собирать данные из стран стандартизированным на международном уровне способом, и обеспечивает общедоступность информации через глобальную базу данных электронных отходов.

Организаторы данной программы расширили охват стран и приложили значительные усилия для составления статистических данных об электронных отходах, полезных при разработке национальной политики любой страны в рамках с международными измерениями E-отходов.

### Методы исследования

Методология исследования построена на теоретических положениях и подходах к вопросу переработки E-отходов в контексте перехода к «зеленой экономике».

Теоретический подход основан на обобщении существующих исследований, на материалах контент-анализа современных источников в области переработки E-отходов. Исследование проведено путем отбора, систематизации фактов и данных, обобщения для выявления проблем переработки E-отходов в Казахстане и поиска их решения.

В исследовании использованы методы системного анализа, проведен обзор научных источников отечественных и зарубежных авторов. Особое внимание акцентировано обобщению фактов из зарубежной практики касательно решения проблем переработки E-отходов. Большое внимание уделено отбору и систематизации материалов по Казахстану с использованием статистических и других методов исследования проблемы переработки E-отходов, как одной из важной составляющей устойчивого развития экономики.

## Результаты и их обсуждение

### Мировое производство E-отходов

Потребление электрического и электронного оборудования (ЭЭО) тесно связано с широко распространенными глобальными экономическими разработками. ЭЭО стала незаменимым атрибутом в современном обществе, который повышает уровень жизни. Производство и использование ЭЭО очень ресурсоемкое и иллюстрирует противодействие между их развитием и улучшением уровня жизни общества. Более высокие уровни доходов, растущая урбанизация и мобильность, дальнейшая индустриализация в некоторых частях мира приводят к росту количества ЭЭО.

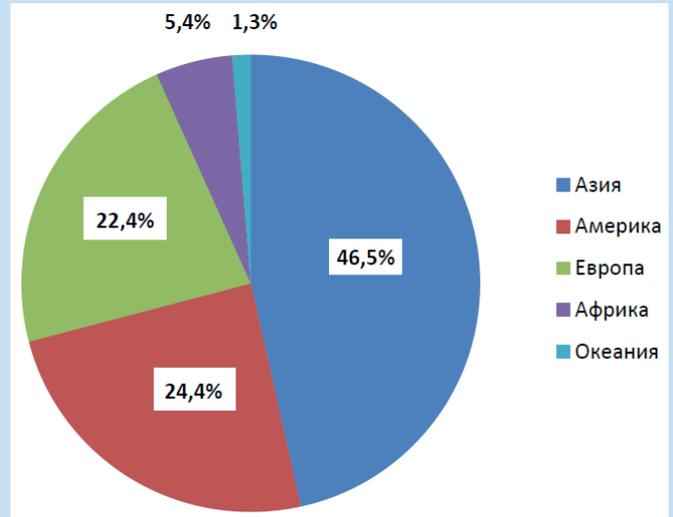
По данным экспертов, в среднем, общий вес (без учета фотоэлектрических панелей) глобального потребления ЭЭО увеличивается ежегодно на 2,5 млн т [2, 3]. После использования ЭЭО они утилизируются, образуя поток отходов, содержащий опасные и ценные материалы, который называется E-отходами.

Отметим, что термин электрическое и электронное оборудование (ЭЭО) используется, в основном, в Европе. Проводимый в странах Европы мониторинг обеспечивает наиболее полное обновление глобальной статистики по электронным отходам.

По результатам проведенных исследований [4, 5] в 2019 году в мире было произведено 53,6 млн т E-отходов, в среднем 7,3 кг на душу населения. Накопление E-отходов от общего их объема (53,6 млн т) в разрезе стран представлено на рис. 1.

Из общего объема E-отходов только 17,4% имеют официально документированный статус в качестве должным образом собранных и переработанных. Причем, если этот объем с 2014 года вырос на 1,8 млн т, то общее образование E-отходов увеличилось на 9,2 млн т. Это указывает на то, что производство переработки не поспевает за глобальным ростом электронных отходов [6].

Азия произвела самое высокое количество электронных отходов в 2019 году – 24,9 млн т. Далее следует Америка (13,1 млн т) и Европа (12 млн т). Остальная доля произведенных E-отходов приходится на Африку и Океанию, которые произвели 2,9 млн т и 0,7 млн т соответственно.



**Рис. 1. Мировое накопление E-отходов в разрезе стран. Сурет 1. Мемлекеттер бөлінісінде E-қалдықтардың әлемдік жинақталуы.**

**Figure 1. Global accumulation of E-waste by country.**

Европа заняла первое место в мире по количеству электронных отходов на душу населения – 16,2 кг. Океания на втором месте (16,1 кг на душу населения), за которой следует Америка (13,3 кг на душу населения), а Азия и Африка произвели всего 5,6 и 2,5 кг на душу населения соответственно.

По официальным данным, в 2019 году официально задокументированный сбор и переработка E-отходов составили 9,3 млн т, т. е. 17,4% от общего объема E-отходов. Общий выход E-отходов вырос на 1,8 млн т с 2014 года, ежегодный прирост составляет почти 0,4 млн т. Подсчитано, что количество электронных отходов превысит 74 млн т к 2030 году. Данные, приведенные в работе [7], показывают, что объем электронных отходов растет угрожающими темпами – почти 2 млн т в год. Это свидетельствует о том, что деятельность по переработке не поспевает за глобальным ростом электронных отходов.

Статистика показывает, что в 2019 году самый высокий уровень сбора и переработки был в Европе – 42,5%, в Азии – 11,7%, затем следовали Америка и Океания с объемами переработки 9,4% и 8,8%, соответственно. Самый низкий показатель – 0,9% был в Африке [8, 9].

Глобальное образование электронных отходов по прогнозам может вырасти до 74,7 млн т к 2030 году – почти в два раза. Рост количества электронных отходов, в основном, будет вызван более высокими нормами потребления ЭЭО, короткими жизненными циклами их использования, и допускаемыми вариантами их ремонта.

Наряду с указанными объемами накопленных E-отходов, в 2019 году в мире образовано ~44,3 млн т дополнительных неучтенных отходов, которые наносят серьезный ущерб на окружающую среду. В странах с высоким уровнем дохода переработка отходов хорошо развита и организована. Структура их переработки включает:

- Небольшие объемы – около 8% электронных отходов выбрасывается в мусорные баки и впоследствии закапываются или сжигаются.

– Выброшенные электронные оборудования иногда могут быть отремонтированы и повторно использованы, и, таким образом, обычно отгружаются как бывшая в употреблении продукция из высокодоходных источников в страны с низким или средним уровнем дохода.

– Значительное количество электронных отходов все еще экспортируется незаконно под видом повторного использования или выдавая себя за металлолом. Можно предположить, что объем трансграничных перемещений использованных ЭО или электронных отходов колеблется от 7 до 20% от общего объема образующихся электронных отходов.

– Большинство незарегистрированных домашних и коммерческих электронных отходов смешивается с другими потоками отходов (пластиковые, металлические отходы) и теряется безвозвратно. Это означает, что легко перерабатываемые фракции, которые могут быть переработаны, часто в худших условиях без очистки и без восстановления всех ценных материалов, используются не рационально.

В странах со средним и низким уровнем дохода инфраструктура управления E-отходами еще не полностью развита, а в некоторых полностью отсутствует. Таким образом, электронные отходы в мире, в большинстве случаев, управляются, в основном, неформальным сектором. При таком подходе, электронные отходы часто обрабатываются в худших условиях и вызывают тяжелые последствия для здоровья населения, а также для детей, которые живут и играют рядом с предприятиями, перерабатывающими электронные отходы.

С 2014 года число стран, принявших национальную политику в отношении электронных отходов, законодательно увеличилось с 61 до 78. Однако достижения в области регулирования E-отходами в некоторых странах развиваются медленно. Регулирование еще не стимулирует сбор и надлежащее обращение с электронными отходами из-за отсутствия инвестиции и политической мотивацией. Кроме того, сферы применения E-лома в законодательстве отличаются от систем классификации электронных отходов, предлагаемых к использованию и которые согласованы на международном уровне на фундаментальной методологической основе статистики электронных отходов. Эти различия в наборах отходов приводят к отсутствию гармонизации статистики электронных отходов по странам.

Переработка электронных отходов сдерживается тем, что они содержат ряд токсичных добавок и опасных веществ, таких как ртуть, бромированные антипирены, хлорфторуглероды и гидрохлорфторуглероды. Растущий уровень электронных отходов, низкий уровень тарифной ставки на их сбор, а также наличие вредных веществ представляют значительную опасность для окружающей среды и здоровья человека. Ежегодно в окружающую среду выбрасывается 50 т ртути и 71 тыс. электронных отходов. Это значительно влияет на ухудшение здоровья людей.

Неправильное обращение с электронными отходами также способствует глобальному потеплению. Необходимо иметь в виду, если электронные отходы не перерабатываются, они не могут заменять первичное сырье и влиять на сокращение выбросов парниковых газов, которые образуются при добыче и переработке первичного сырья. В об-

щей сложности 98 млн т  $CO_2$  были выброшены в атмосферу из отработанных холодильников и кондиционеров, которые не управлялись экологически безопасным образом. Это примерно 0,3% глобальных выбросов, связанных с энергетикой, выработанной в 2019 году.

Электронные отходы – это «городская шахта», поскольку они содержат несколько ценных, важных и других не критических металлов, которые при переработке могут быть использованы в качестве вторичных материалов. Стоимость сырья материалов в глобальных электронных отходах, образовавшихся в 2019 году, составила примерно 57 млрд долларов США. Железо, медь и золото вносят основной вклад в эту ценность. Стоимость извлеченного металла из документально подтвержденного уровня сбора и переработки 17,4% E-отходов составила 10 миллиардов долларов США. Для вторичной переработки экологически безопасным способом из электронных отходов по всему миру в качестве сырья может быть предоставлено 4 млн т сырья. Переработка железа, алюминия и меди из E-отходов способствовала чистому сокращению выбросов  $CO_2$  на 15 млн т, что эквивалентно выбросам от переработки вторичного сырья, использованного вместо первичного сырья.

С точки зрения материального дизайна структура E-отходов очень сложна. В них можно найти до 69 элементов из таблицы Менделеева, включая драгоценные (золото, серебро, медь, платина, палладий, рутений, родий, иридий и осмий), критические – кобальт, палладий, индий, германий, висмут и сурьма, и не критические металлы, такие как алюминий и железо (рис. 2).

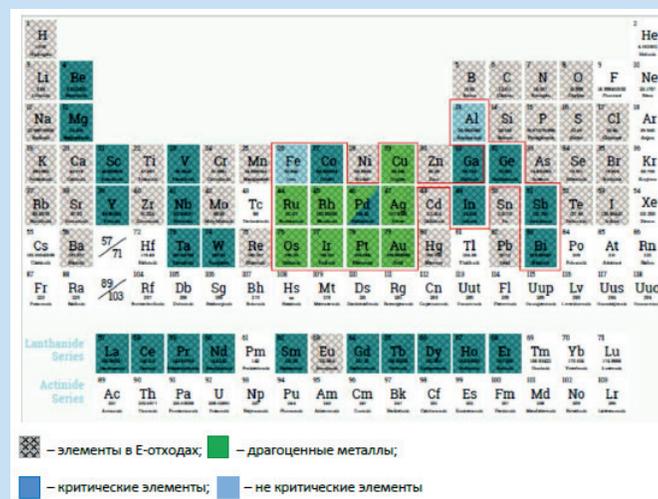


Рис. 2. Структура элементов в составе E-отходов [10].

Сурет 2. E-қалдықтар құрамындағы элементтердің құрылымы [10].

Figure 2. Structure of elements in the composition of E-waste [10].

В парадигме экономики замкнутого цикла электронные отходы следует рассматривать в качестве важного источника вторичного сырья. В связи с проблемами, связанными с первичной добычей полезных ископаемых (колебания рыночных цен, нехватка сырья, доступность к ресурсам), возникла необходимость роста добычи вторичных ресурсов с целью уменьшения давления на первичные материалы.

В результате переработки электронных отходов, страны могли бы, по крайней мере, смягчить свой материальный спрос безопасным и устойчивым образом, не привлекая первичное сырье и сложные технологии по их переработке.

Во всем мире необходимо повысить показатели сбора и переработки. Отметим, что сектор переработки E-отходов часто сталкивается с высокими затратами на переработку. К примеру, восстановление некоторых металлов, таких как германий и индий, требует решения сложной задачи, связанной с их рассредоточением в E-отходах и вторичном сырье. благородные металлы (золото, серебро и др.), используемые в некоторых устройствах, таких как мобильные телефоны и персональные компьютеры, имеют относительно высокий уровень концентрации: 280 г на тонну электронных отходов. Методы, используемые для разделения и переработки электронных отходов, могут быть экономически целесообразными в случае ручного управления, когда материальные потери составляют менее 5% [10]. Раздельный сбор и переработка электронных отходов может быть экономически выгодным при высоких концентрациях в них драгоценных и критических металлов. К примеру, переработав лишь один мобильный телефон, можно извлечь около 0,024 г золота, а также другие металлы: палладий, медь, кобальт и серебро. И если посмотреть, какое количество телефонов сейчас есть на рынке, не трудно представить, какой объем драгоценных металлов можно извлечь. Так, 80 млн телефонов дают нам 1920 кг золота, что составляет 1,5% от общей золотодобычи в России [11].

Одна третья часть меди и серебра, добываемая на Земле, используется для создания электрического оборудования. Переработка же уже использованных металлов потребляет лишь 10% от энергии, требуемой на добычу в шахтах [12].

Таким образом, необходимость существенного увеличения глобального уровня сбора и переработки электронных отходов, особенно с учетом быстрого роста их потока (согласно прогнозам, к 2030 году ~ 74,7 млн т), представляется весьма актуальной.

Поставленная задача представляет большой интерес для Казахстана в разрезе развития Государственной программы «Цифровой Казахстан». Однако, присущие недостатки, указанные выше, по отсутствию данных по статистике сбора и переработки E-отходов в республике, сдерживает решение задачи. Повышение уровня благосостояния населения республики и стремительное использование современных ноутбуков, смартфонов и других электронных устройств значительно расширит выходы E-отходов. При этом, республика должна быть готова к их сбору и переработке, применению новых технологий с получением дополнительных количеств ценных металлов из них.

## Выводы

Сегодня в Казахстане необходимо выработать решения по созданию системы управления E-отходами, которые включали бы на законодательном уровне осуществление раздельного сбора, их переработку. Необходимы механизмы финансирования работы переработчиков. Для создания действенного механизма управления отходами, включающего разработку концепции управления, законодательного обеспечения, создание системы оборота отходов, требуется объединение усилий государства, коммерческих структур и неправительственных организаций. При разработке механизма управления отходами необходимо обязательно учитывать зарубежный опыт в этой области, разработки ученых и экспертов из стран Евросоюза, Японии и США.

## Финансирование

*Исследования проводились в рамках грантового финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на 2023-2025 годы по приоритетному направлению «Рациональное использование водных ресурсов, животного и растительного мира, экология» проекта AP19576638 «Разработка инновационной технологии утилизации накопленных отходов E-лома с получением чистого золота и цветных металлов».*

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Комиссаров В.А. Отходы электронной и электробытовой техники – самый быстрорастущий поток отходов в мире. Ситуация с организацией управления ОЭЭО в России и других странах СНГ. // Переработка ОЭЭО в РФ. Общая ситуация, перспективы развития: доклад UNIDO от 17.09.15 г. (на русском языке)
2. Blake V., Farrelly T., Hannon J. «Работает ли в Новой Зеландии добровольное управление продуктами для электронных отходов? Тематическое исследование Вангареи». // Устойчивое развитие (Швейцария). – 2019. – №11(11). – ст. №3063. – С. 3-8. (на английском языке)
3. Anand A., Kumar M., Kumar V., Sahu R. Переработка драгоценного металла золота из отходов электрического и электронного оборудования (WEEE): Обзор. // XIII Международный семинар по технологии переработки полезных ископаемых. Бхубанешвар: CSIR-IMMT. – 2013. – Т. 3. – С. 916-923 (на английском языке)
4. Baldé C.P., D'Angelo E., Forti V., Kuehr R., Van den Brink S. «Перспективы ртутных отходов, 2010-2035 годы: от глобального к региональному – 2018». // Университет Организации Объединенных Наций (УООН), Организация Объединенных Наций по промышленному развитию, Бонн/Вена. – 2018. – С. 60 (на английском языке)
5. Duan H., Miller T.R., Gang L., Xianlai Z., Keli Y., Qifei H., Jian Z. «Вспомогательная информация для: Перспектива охлаждения : Последствия неправильного обращения с хладагентами для изменения климата в Китае, таблица с таблицами и цифрами по центам». // Наука и техника об окружающей среде. – 2018. – Т. 52(11). – С. 6350-6356 (на английском языке)

6. Chen Y., Jinhui L., Lieqiang C., Shusheng C., Weihua D. «Бромированные антипирены (БА) в отходах электрического и электронного оборудования (ОЭЭО), пластмассах и печатных платах (ППП)». // *Процессия наук об окружающей среде*. – 2012. – №16. – С. 552-559 (на английском языке)
7. Министерство экологии и охраны окружающей среды Китая. «Информационная система по переработке отходов электротехнической и электронной продукции». – 2019. – С. 34-42 (на английском языке)
8. ДИРЕКТИВА 2002/95/ЕС ЕВРОПЕЙСКОГО ПАРЛАМЕНТА И СОВЕТА. Вещества, содержащиеся в электрическом и электронном оборудовании. // *Официальный журнал Европейского союза*. – 2003. – С. 88-110 (на английском языке)
9. Forti V., Baldé C.P., Kuehr R. «Руководящие принципы статистики электронных отходов по классификации, отчетности и показателям». / Под ред. Викторианского университета Организации Объединенных Наций. Бонн, Германия. – 2018. – С. 70 (на английском языке)
10. Deubzer O. «Исследование устойчивого использования и замены металлов для пайки в электронике». – 2007. – С. 281 (на английском языке)
11. Максимова М.А. Отходы электрического и электронного оборудования, утилизация, переработка. // *Известия Сибирского отделения РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений*. – 2016. – №3. – С. 102-111 (на русском языке)
12. Уланова О.В. Электронное и электрическое оборудование: предпосылки для переработки. // *Твердые бытовые отходы*. – 2013. – №3. – С. 8-13 (на русском языке)

#### ПАЙДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Комиссаров В.А. Электрондық және электр тұрмыстық техника қалдықтары-әлемдегі ең жылдам өсіп келе жатқан қалдықтар ағыны. Ресейде және ТМД-ның басқа елдерінде БЭО басқаруды ұйымдастырумен жағдай. // *БЭО-ны Ресей Федерациясында қайта өңдеу. Жалпы жағдай, даму перспективалары: UNIDO есебі 17.09.15 ж. (орыс тілінде)*
2. Blake V., Farrelly T., and Hannon J.. «Жаңа Зеландияда электронды қалдықтарды ерікті басқару жұмыс істей ме? Вангарейны зерттеу». // *Тұрақты даму (Швейцария)*. –2019. – №11(11). Мақала №3063. – Б. 3-8 (ағылшын тілінде)
3. Anand A., Kumar M., Kumar V., Sahu R. Электр және электронды жабдықтардың қалдықтарынан бағалы металдардан алтын өңдеу (WEEE): шолу. // *Пайдалы қазбаларды өңдеу технологиясы бойынша XIII халықаралық семинар. Бхубанешвар: CSIR-IMMT*. – 2013. – Т. 3. – Б. 916-923 (ағылшын тілінде)
4. Baldé C.P., D'Angelo E., Forti V., Kuehr R., Van den Brink S. «Сынап қалдықтарының болашағы, 2010-2035: жаһандық-аймақтық-2018». Біріккен Ұлттар Ұйымының университеті (БҰҰ), Біріккен Ұлттар Ұйымының өнеркәсіптік даму ұйымы, Бонн/Вена. – 2018. – Б. 60 (ағылшын тілінде)
5. Duan H., Miller T.R., Gang L., Xianlai Z., Keli Y., Qifei H., Jian Z. «Көмекиші ақпарат: салқындату перспективасы: Қытайдағы климаттың өзгеруі үшін салқындатқыштарды дұрыс пайдаланбаудың салдары, кестелер мен цент сандары бар кесте». // *Қоршаған орта туралы ғылым және технология*. – 2018. – Т. 52(11). – Б. 6350-6356 (ағылшын тілінде)
6. Chen Y., Jinhui L., Lieqiang C., Shusheng C., Weihua D. «Электр және электронды жабдықтардың (ЭЭЖ), пластмассалар мен баспа платалары (ПБП) қалдықтарындағы бромдалған отқа төзімді заттар (БОТЗ)». // *Қоршаған орта ғылымдарының шеруі*. – 2012. – №16. – Б. 552-559 (ағылшын тілінде)
7. Қытайдың экология және қоршаған ортаны қорғау министрлігі. «Электротехникалық және электрондық өнімдердің қалдықтарын қайта өңдеу жөніндегі ақпараттық жүйе». – 2019. – Б. 34-42 (ағылшын тілінде)
8. ЕУРОПАЛЫҚ ПАРЛАМЕНТ ПЕН КЕҢЕСТІҢ 2002/95/ЕС ДИРЕКТИВАСЫ. Электр және электрондық жабдықтардағы заттар. // «Еуропалық Одақтың ресми журналы. – 2003. – Р. 88-110 (ағылшын тілінде)
9. Forti V., Baldé C.P., Kuehr R. «Электрондық қалдықтар статистикасының жіктелуі, есептілігі және көрсеткіштері бойынша нұсқаулықтары». / Біріккен Ұлттар Ұйымының Виктория университетінің редакциясымен. Бонн, Германия. – 2018. – Б. 70 (ағылшын тілінде)
10. Deubzer O. «Электроникада дәнекерлеу үшін металдарды тұрақты пайдалану мен ауыстыруды зерттеу». – 2007. – Б. 281 (ағылшын тілінде)
11. Максимова М.А. Электр және электрондық жабдықтардың қалдықтары, кәдеге жарату, қайта өңдеу. // *РГА Сібір бөлімшесінің жаңалықтары. Геология, кен орындарын іздеу және барлау*. – 2016. – №3. – Б. 102-111 (орыс тілінде)
12. Уланова О.В. Электрондық және электр жабдықтары: қайта өңдеуге арналған алғышарттар. // *Қатты тұрмыстық қалдықтар*. – 2013. – №3. – Б. 8-13 (орыс тілінде)

## REFERENCES

1. Komissarov V.A. Othody elektronnoi i elektrobytovoi tehniki – samyi bystrorastyi potok othodov v mire. Sityatsiia s organizatsiei upravleniia OEEО v Rossii i drugih stranah SNG [Waste of electronic and household appliances is the fastest growing waste stream in the world. The situation with the organization of OEE management in Russia and other CIS countries]. // *Pererabotka OEEО v RF. Obshchaya situatsiya, perspektivy razvitiya: doklad UNIDO ot 17.09.15 g.* = Processing of WEEE in the Russian Federation. General situation, development prospects: UNIDO report dated September 17, 2015 (in Russian)
2. Blake V., Farrelly T., Hannon J. «Is Voluntary Product Stewardship for E-Waste Working in New Zealand? A Whangarei Case Study». *Sustainability (Switzerland)*. – 2019. – Vol.11(11). – Article №3063 – P. 3-8 (in English)
3. Anand A., Kumar M., Kumar V., Sahu R. Recycling of Precious Metal Gold from Waste Electrical and Electronic Equipments (WEEE): A review. // *XIII International Seminar on Mineral Processing Technology. Bhubaneswar: CSIR-IMMT.* – 2013. – Vol. 3. – P. 916-923 (in English)
4. Baldé C.P., D'Angelo E., Forti V., Kuehr R., Van den Brink S. «Waste mercury perspective, 2010-2035: from global to regional – 2018». *United Nations University (UNU), United Nations Industrial Development Organization, Bonn/Vienna.* – 2018. – P.60 (in English)
5. Duan H., Miller T.R., Gang L., Xianlai Z., Keli Y., Qifei H., Jian Z. «Supporting Information for : Chilling Prospect : Climate Change Effects of Mismanaged Refrigerants in China Table of Content Tables and Figures». // *Environmental Science and Technology.* – 2018. – Vol. 52(11). – P. 6350-6356 (in English)
6. Chen Y., Jinhui L., Lieqiang C., Shusheng C., Weihua D. «Brominated Flame Retardants (BFRs) in Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Plastics and Printed Circuit Boards (PCBs)». // *Procedia Environmental Sciences.* – 2012. – Vol.16. – P. 552-559 (in English)
7. China Ministry of Ecology and Environment. «Waste Electrical and Electronic Products Processing Information System». – 2019. – P.34-42 (in English)
8. DIRECTIVE 2002/95/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. *Substances in Electrical and Electronic Equipment.* // *Official Journal of the European Union.* – 2003. – P. 88-110 (in English)
9. Forti V., Baldé C.P., Kuehr R. «E-Waste Statistics Guidelines on Classification, Reporting and Indicators». / Edited by ViE – SCYCLE United Nations University. Bonn, Germany. – 2018. – P. 70 (in English)
10. Deubzer O. «Explorative Study into the Sustainable Use and Substitution of Soldering Metals in Electronics». – 2007. – P. 281 (in English)
11. Maksimova M.A. Othody elektricheskogo i elektronного oborudovaniya, utilizatsiya, pererabotka [Waste of electrical and electronic equipment, utilization, processing]. // *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya RAEN. Geologiya, poiski i razvedka rudnykh mestorozhdenij = News of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. Geology, prospecting and exploration of ore deposits.* – 2016. – Vol. 3. – P. 102-111 (in Russian)
12. Ulanova O.V. Elektronnoe i elektricheskoe oborudovanie: predposylki dlya pererabotki [Electronic and electrical equipment: prerequisites for processing]. // *Tverdye bytovye othody = Municipal solid waste.* – 2013. – Vol. 3 – P. 8-13 (in Russian)

## Сведения об авторах:

**Жолдасбай Е.Е.**, PhD, доцент кафедры «Горное дело, металлургия и естествознание» (г. Жезказган, Казахстан), [zhte@mail.ru](mailto:zhte@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-9925-4435>

**Аргын А.А.**, PhD, ведущий научный сотрудник «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» (г. Алматы, Казахстан), [aidarargyn@gmail.com](mailto:aidarargyn@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0001-5001-4687>

**Курмансейтов М.Б.**, PhD, главный научный сотрудник «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» (г. Алматы, Казахстан), [murat.kmb@mail.ru](mailto:murat.kmb@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-5008-2866>

**Досмухамедов Н.К.**, к.т.н., профессор, профессор кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» (г. Алматы, Казахстан), [n.dosmukhamedov@satbayev.university](mailto:n.dosmukhamedov@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0002-1210-4363>

## Авторлар туралы мәліметтер:

**Жолдасбай Е.Е.**, PhD, «Тау-кен ісі, металлургия және жаратылыстану» кафедрасының доценті (Жезказган қ., Қазақстан)

**Аргын А.А.**, PhD, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының жетекші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

**Курмансейтов М.Б.**, PhD, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының бас ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

**Досмухамедов Н.К.**, т.ғ.к., профессор, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

## Information about the authors:

**Zholdasbay Ye. Ye.**, PhD, Associate Professor of the Department of Mining, Metallurgy and Natural Sciences (Zhezkazgan, Kazakhstan)

**Argyn A.A.**, PhD, Senior Researcher of the Department of Metallurgy and Mineral Processing (Almaty, Kazakhstan)

**Kurmanseitov M.B.**, PhD, Chief Researcher Department of Metallurgy and Mineral Processing (Almaty, Kazakhstan)

**Dosmukhamedov N.K.**, Candidate of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Metallurgy and Mineral Processing (Almaty, Kazakhstan)