

Металлургия чёрных, цветных и редких металлов

УДК 669.1:502.3

DOI: 10.14529/met190105

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЕ ПРОИЗВОДСТВО КАК ЭЛЕМЕНТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ю.Е. Амосова, М.А. Матвеева

Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте, г. Златоуст, Россия

Металлургический промышленный комплекс создаёт большую нагрузку на экологический баланс биосферы. Вопросы, связанные с охраной окружающей среды и экономным использованием ресурсов, рассматриваются совместно со второй половины двадцатого века. Мировая концепция охраны природы и ресурсосбережения представляет собой общемировой процесс, базис которого определяется достижениями в кибернетике (анализ сложных систем), экологии (системный подход к биосферным процессам) и технике (научно-техническая революция). Общепринятую схему этого процесса обычно представляют в виде цепочки: контроль – предотвращение – управление. С позиций защиты окружающей среды металлургическая отрасль является одной из самых проблемных. Фискальный подход за нарушения законодательства в сфере охраны окружающей среды является недостаточным. Организация глобального рециклинга и управления движением природных, вторичных и техногенных ресурсов, в том числе и металлов, должна стать основным фактором развития мировой индустрии. В статье представлен пример расчета платежей за вредные выбросы и сбросы в окружающую среду металлургическим предприятием. Также приведен расчет экономической выгоды от применения безотходного оборудования и переработки некоторых загрязняющих веществ этими очистными сооружениями.

В статье показано, что установка очистных сооружений приносит не только пользу для окружающей среды, но и создаёт экономическую выгоду для металлургических предприятий. Внедрение на промышленных предприятиях малоотходных и безотходных технологий будет решать две задачи – сохранение и восстановление окружающей среды, а также способствовать устойчивому развитию предприятия.

Ключевые слова: охрана окружающей среды, охрана природы и ресурсосбережение, выбросы, металлургическая отрасль, загрязнение, устойчивое развитие.

Вопросы, связанные с охраной окружающей среды и экономным использованием ресурсов, рассматриваются совместно со второй половины двадцатого века. Принято считать, что экологические проблемы стали приоритетом с 1972 г., когда состоялась первая всемирная конференция ООН по состоянию окружающей среды [1–4].

Формирование мировой концепции охраны природы и ресурсосбережения представляет собой «общемировой процесс, базис которого определяется достижениями в кибернетике (анализ сложных систем), экологии (системный подход к биосферным процессам) и технике (научно-техническая революция)»

Общепринятую схему этого процесса обычно представляют в виде цепочки: контроль (end-of-pipe – EP) – предотвращение (экологически чистое производство) – управление (устойчивое развитие, прибыль) [5–7].

Конкретизация концепции «устойчивого развития» выразилась в разработке модели «устойчивого экологически безопасного промышленного развития» – «Ecologically sustainable industrial development» (ESID). Принятие ESID означает начало эпохи «экологически чистого производства» или «экологически чистых технологий». Программа ЮНИДО определяет экологически чистое производство как «непрерывное использова-

ние совокупной превентивной стратегии защиты окружающей среды для процессов и изделий с целью снижения рисков для человека и окружающей среды».

Конференция по ЭЧП в Оксфорде, прошедшая в сентябре 1996 г., подтвердила приведенное выше определение и дала следующее его расширенное толкование:

- применительно к производственным процессам ЭЧП означает сокращение материальных и энергетических затрат, исключение из производственного процесса токсичных сырьевых материалов и уменьшение количества и уровня токсичности всех выбросов и отходов до их выхода из производственного процесса;

- применительно к продукции ЭЧП означает уменьшение негативного воздействия в течение всего жизненного цикла изделия (ЖЦИ), начиная от добычи сырья для его производства и заканчивая удалением, когда продукт становится отходом или вторичным ресурсом;

- применительно к сфере услуг ЭЧП означает соблюдение экологических норм при разработке и предоставлении услуг.

Широкое использование определения «устойчивый» вызвало распространение и частое употребление понятия «устойчивое производство». Термины «экологически чистое производство» и «устойчивое производство» можно считать синонимами.

В основу общепризнанной концепции ЭЧП положены разработанные в США в 1980-х гг. принципы организации производственных процессов в соответствии с технологиями ВАТ и ВРТ. В 1990 г. Конгресс США принял Закон о чистом воздухе, определив 189 токсичных загрязнителей (Кадастр токсичных выбросов – TRI), и Управлению охраны среды (EPA) было поручено выработать национальные стандарты на выбросы, основанные на определении «максимально достижимой технологии охраны окружающей среды» – МАСТ (впоследствии – ВРТ – лучшая из возможных технологий). Было впервые официально внедрено понятие ВАТ (Best available technology) – лучшая из осуществленных на практике технологий. При лицензировании эксперты стали сравнивать предлагаемую для использования в производстве технологию с ВАТ.

В Европе концепция ВАТ была принята в результате Директивы 92/61/ЕС (IVU), глав-

ными документами которой стали материалы под названием «Наилучшие имеющиеся технологии» (ВАТ) и «Ссылка на наилучшие имеющиеся технологии» (Best available techniques reference – BREF) [8].

ЭЧП – новый уровень технологий, базирующийся на следующих основных принципах:

1. Подавление выбросов и минимизация количества отходов.

2. ЭЧП обходится дешевле, чем борьба с выбросами. В 1992 г. США потратили на борьбу с выбросами более 100 млрд долл. (страны ЕЭС – более 30 млрд долл.), но проблема не решена.

3. ЭЧП может быть обеспечено различными путями: улучшенная административно-хозяйственная организация, замена сырья, изменение технологий.

4. Обязательный элемент ЭЧП – рециклинг (переработка собственных и «чужих» отходов).

Металлургическая отрасль с позиций защиты окружающей среды является одной из самых проблемных [9, 10]. Существующий фискальный подход за нарушения законодательства в сфере охраны окружающей среды явно недостаточный [11]. Организация глобального рециклинга и управления движением природных, вторичных и техногенных ресурсов, в том числе и металлов, должно стать основным фактором построения индустриального общества.

Плата за загрязнение окружающей среды взимается со всех предприятий, учреждений, организаций, иностранных юридических и физических лиц, которые ведут на территории Российской Федерации связанную с природопользованием деятельность, которая оказывает вредное воздействие на природную среду.

Платежи вносятся за следующие виды воздействия:

- выброс в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников;

- сброс загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты;

- размещение отходов;

- другие виды вредного воздействия (шум, вибрация, электромагнитные и радиационные воздействия и т. п.).

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 28 августа 1992 года № 632 «Об утверждении Порядка

определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия» для определения величины платежей за вредные выбросы и сбросы в окружающую среду в 1993 г. были установлены «Базовые нормативы платы за выбросы, сбросы загрязняющих веществ в окружающую природную среду и размещение отходов» [12].

Базовые нормативы включают:

- нормативы платы за выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников;
- нормативы платы за сброс загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты;
- нормативы платы за размещение отходов.

Приведем несколько примеров расчета платежей за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ в разных сферах металлургической промышленности [13–15].

Сумма платы за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ в природную среду и размещение отходов определяется по формуле

$$П = (M_n \cdot R) + (M_{сн} \cdot R \cdot 1,2), \quad (1)$$

где $П$ – сумма платы за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ в природную среду и размещение отходов в рублях;

M_n – масса выброса (сброса) загрязняющих веществ в природную среду и размещение отходов в пределах норм в тоннах или килограммах;

$M_{сн}$ – масса выброса (сброса) загрязняющих веществ в природную среду и размещение отходов сверх нормы в тоннах или килограммах;

R – размеры платы за 1 тонну выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в природную среду и размещение отходов в рублях;

1,2 – поправочный коэффициент за сверхнормативные выбросы (сбросы) загрязняющих веществ в природную среду и размещение отходов.

Исходные данные для определения величин платежей за вредные выбросы и сбросы в окружающую среду представлены в табл. 1.

Расчет 1. Предприятие за год произвело выброс в атмосферу озона, оксид углерода и газообразные соединения фтора.

Сумма платы исчисляется по каждому виду по формуле (1):

$$\begin{aligned} & \text{– озон} \\ & П = (0,8 \cdot 137,50) + (0,4 \cdot 137,50 \cdot 1,2) = \\ & = 176\,000 \text{ руб.}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{– оксид углерода} \\ & П = (1,2 \cdot 1,25) + (0,1 \cdot 1,25 \cdot 1,2) = 1650 \text{ руб.}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{– газообразные соединения фтора} \\ & П = 0,18 \cdot 825,00 = 148\,500 \text{ руб.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Общая сумма платы составит} \\ & П = 176\,000 + 1650 + 148\,500 = 326\,150 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Плата за выбросы веществ в атмосферу, размещение отходов одного из предприятий составила 326 150 руб.

Расчет 2. Предприятие за год произвело сброс загрязняющих веществ в водные объекты (через канализационную сеть) нитрата азота, сульфат-анион и хлорид (СГ).

Сумму платы по каждому виду загрязняющего вещества вычисляем по формуле (1):

$$\begin{aligned} & \text{– нитрат азота} \\ & П = (0,32 \cdot 61,25) + (0,18 \cdot 61,25 \cdot 1,2) = \\ & = 32\,830 \text{ руб.}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{– сульфат-анион} \\ & П = 0,23 \cdot 5,00 = 1150 \text{ руб.}; \end{aligned}$$

Таблица 1

Исходные данные для определения величины платежей за вредные выбросы и сбросы в окружающую среду

Загрязняющее вещество	Выброс вещества V , т в год	Нормы выброса веществ M_n , т в год	Сверхнормативные выбросы веществ $M_{сн}$, т в год	Размер платы за 1 т сброса вещества R , тыс. руб.
Выбросы в атмосферу				
Озон	1,2	0,8	0,4	137,50
Оксид углерода	1,3	1,2	0,1	1,25
Газообразные соединения фтора	0,18	0,5	0	825,00
Выбросы в гидросферу				
Нитрат азота	0,5	0,32	0,18	61,25
Сульфат-анион	0,23	0,25	0	5,00
Хлорид (СГ)	1,22	0,28	0,94	1,75

Металлургия чёрных, цветных и редких металлов

– хлорид (Cl⁻)

$$П = (0,28 \cdot 1,75) + (0,94 \cdot 1,75 \cdot 1,2) = 2464 \text{ руб.}$$

Общая сумма платы составит

$$П = 32\,830 + 1150 + 2464 = 36\,444 \text{ руб.}$$

Плата за выбросы веществ в водные объекты и размещение отходов одного из предприятий составила 36 444 руб.

Рассчитаем экономическую выгоду от покупки безотходного оборудования предпри-

ятием металлургической промышленности. Для этого предоставим некоторые виды безотходных очистных сооружений и их цены, которые отражены в табл. 2.

Пример экономической выгоды для металлургического предприятия от переработки некоторых загрязняющих веществ данными очистными сооружениями продемонстрирован в табл. 3.

Обобщим полученные данные, сложим

Таблица 2

Некоторые виды безотходных очистных сооружений и их цены

Вид очистного сооружения	Краткое описание	Стоимость оборудования (в рублях, с учетом НДС)	Стоимость доставки (в рублях, с учетом НДС)	Стоимость установки (в рублях, с учетом НДС)
«КУБО-200»	Установки глубокой биологической очистки сточных вод модельного ряда 2010 г. Мощность: 11 кВт Залповый сброс: 650 л Габаритные размеры Д×Ш×В: 1410×1160×650 мм Гарантия 6 лет	45 000	3000	11 000
«ОЗОН» макси	Установки применяются для очистки поверхностной воды. Габаритные размеры Д×Ш×В: 965×680×1505 мм Мощность: 10 кВт Гарантия 5 лет	45 000	2000	21 500
«АСКОС»	Два стационарных поста контроля загрязнения воздуха. Габаритные размеры Д×Ш×В: 1000×750×950 мм Мощность: 15 кВт Гарантия 7 лет	70 000	3000	33 000

Таблица 3

Пример экономической выгоды для металлургического предприятия от переработки некоторых загрязняющих веществ данными очистными сооружениями

Очистное сооружение	Загрязняющее вещество	Цена вещества Р, руб. за 1 т	Объем переработанного вещества V, т в год	Экономическая выгода от реализации выделяемых отходов (P·V), руб.
Атмосфера				
«АСКОС»	Озон	30 550	1,2	36 660
	Оксид углерода	25 980	1,3	33 774
	Газообразные соединения фтора	81 200	0,18	14 616
Итого				85 050
Гидросфера				
«ОЗОН» макси	Нитрат азота	15 000	0,5	7500
	Сульфат-анион	22 000	0,23	5060
	Хлорид (Cl ⁻)	11 500	1,22	14 030
Итого				26 590

Таблица 4

Экономическая выгода

Очистное сооружение	Стоимость оборудования (в рублях, с учетом НДС)	Стоимость доставки (в рублях, с учетом НДС)	Стоимость установки (в рублях, с учетом НДС)	Общая сумма затрат на покупку очистного оборудования, руб.	Экономическая выгода от реализации выделяемых отходов, руб.	Экономический результат за 1 год эксплуатации очистного сооружения, руб.
«АСКОС»	70 000	3000	33 000	106 000	85 050	20 950
«ОЗОН» макси	45 000	2000	21 500	83 500	26 590	41 910

затраты на стоимость оборудования, его доставку, установку и вычтем из полученной суммы экономическую выгоду (табл. 4).

Таким образом, установка очистных сооружений – это польза для окружающей среды и экономическая выгода для предприятия. Внедряя на предприятиях металлургической промышленности малоотходные и безотходные технологии, можно решить две задачи: сохранение и восстановление окружающей среды, а также обеспечить устойчивое развитие предприятия.

Литература

1. Brundtland, G.H. *Our common future* / G.H. Brundtland. – UN report, 1987.
2. Реймерс, Н.Ф. *Экология. Теория, законы, правила, принципы и гипотезы* / Н.Ф. Реймерс. – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с.
3. Бринза, В.В. *Развитие науки в области экономики природопользования и управления предприятиями горнодобывающей и металлургической промышленности России* [Электрон. ресурс]: моногр. / В.В. Бринза [и др.]; под. ред. А.Ф. Лецинской. – М.: МИСИС, 2017. – 402 с. – <https://e.lanbook.com/book/108095>.
4. Алексеенко, Т.А. *Экологическая геохимия: учеб.* / В.А. Алексеенко. – М.: Логос, 2000. – 627 с.
5. Калинин, О.И. *Управление деловой репутацией промышленного предприятия (на примере металлургических предприятий)* [Электрон. ресурс]: моногр. / О.И. Калинин. – М.: МИСИС, 2013. – 87 с. – <https://e.lanbook.com/book/64422>.
6. Белоусов, А.И. *Курс эколого-экономического анализа* [Электрон. ресурс]: учеб. пособие / А.И. Белоусов. – М.: Финансы и статистика, 2010. – 160 с. – <https://e.lanbook.com/book/1038>.
7. Карабасов, Ю.С. *Экология и управление. Термины и определения* / Ю.С. Карабасов, В.М. Чижикова, М.Б. Плущевский. – М.: МИСиС, 2001. – 255 с.
8. Карабасов, Ю.С. *Экология и управление: учеб.* / Ю.С. Карабасов, В.М. Чижикова. – М.: МИСиС, 2006. – 708 с.
9. *Предпосылки и концепция создания энергометаллургических комплексов для переработки техногенных отходов* / Л.К. Косырев, А.П. Фоменко, В.М. Паршин и др. // *Экология и промышленность России*. – 2013. – № 7. – С. 2–7.
10. Карелов, А.С. *Оценка эффективности производства в условиях его экологизации* / А.С. Карелов, И.С. Белик // *Вестник КемГУ*. – 2001. – № 4 (48). – С. 248–254.
11. Юсфин, Ю.С. *Промышленность и окружающая среда* / Ю.С. Юсфин Л.И. Леонтьев, П.И. Черноусов. – М.: ИКЦ Академкнига, 2002. – 469 с.
12. *Постановление Правительства РФ от 28 августа 1992 г. № 632 «Об утверждении порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей среды размещением отходов, другие виды вредного воздействия».*
13. Черноусов, П.И. *Рециклинг. Технологии переработки и утилизации техногенных образований и отходов в черной металлургии: моногр.* / П.И. Черноусов. – М.: Издат. Дом МИСиС, 2011. – 428 с.
14. Чуманов, В.И. *Экономическая выгода соблюдения металлургическим предприятием законов РФ об охране окружающей среды* / В.И. Чуманов, Ю.Е. Амосова // *Электрометаллургия*. – 2015. – № 2. – С. 37–42.
15. Чуманов, И.В. *Расчет экономической выгоды от покупки безотходного оборудования предприятием химической промышленности* / И.В. Чуманов, Ю.Е. Амосова // *Материалы 10 научно-практической конференции «Стратегические вопросы мирового обучения 2014»*. Экономические науки. – 2014. – Т. 6. – С. 17–24.

Амосова Юлия Евгеньевна, канд. пед. наук, доцент кафедры техники и технологии производства материалов, Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте, г. Златоуст; amosovaye@susu.ru.

Матвеева Мария Андреевна, инженер кафедры техники и технологии производства материалов, Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте, г. Златоуст; matveevama@susu.ru.

Поступила в редакцию 17 сентября 2018 г.

DOI: 10.14529/met190105

ECOLOGICALLY CLEANER PRODUCTION AS AN ELEMENT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF METALLURGICAL ENTERPRISES

*Yu.E. Amosova, amosovaye@susu.ru,
M.A. Matveyeva, matveevama@susu.ru*

South Ural State University, Zlatoust, Russian Federation

Metallurgical industrial complex creates a heavy load on the ecological balance of the biosphere. Issues related to environmental protection and the economical use of resources are considered jointly with the second half of the twentieth century. The global concept of nature conservation and resource conservation is a global process, the basis of which is determined by achievements in cybernetics (analysis of complex systems), ecology (systems approach to biosphere processes) and technology (scientific and technological revolution). The generally accepted scheme of this process is usually presented in the form of a chain: control – prevention – management. From the standpoint of environmental protection, the metallurgical industry is one of the most problematic. The fiscal approach, for violations of environmental laws, is insufficient. The organization of global recycling and management of natural, secondary and man-made resources, including metals, should be a major factor in the development of global industry. The article presents an example of calculating payments for harmful emissions and discharges into the environment by a metallurgical enterprise. The calculation of the economic benefit from the use of waste-free equipment and the processing of certain pollutants by these treatment plants is also given.

The article shows that the installation of sewage treatment plants not only benefits the environment, but also creates economic benefits for metallurgical enterprises. The introduction of low-waste and non-waste technology at industrial enterprises will solve two tasks – preservation and restoration of the environment, as well as contribute to the sustainable development of the enterprise.

Keywords: environmental protection, nature protection and resource saving, emissions, metallurgy, pollution, sustainable development.

References

1. Brundtland G.H. *Our Common Future*. UN Report, 1987.
2. Rejmers N.F. *Ekologiya. Teoriya, zakony, pravila, principy i gipotezy* [Ecology. Theory, Laws, Rules, Principles and Hypotheses]. Moscow, Rossiya molodaya Publ., 1994. 367 p.
3. Brinza V.V. et al., Leshchinskaja A.F. (Ed.) *Razvitie nauki v oblasti ehkonomiki prirodopol'zovaniya i upravleniya predpriyatiyami gornodobyvayushchej i metallurgicheskoy promyshlennosti Rossii* [Development of Science in the Field of Environmental Economics and Management of Enterprises of the Mining and Metallurgical Industry of Russia]. Moscow, MISIS Publ., 2017. 402 p. Available at: <https://e.lanbook.com/book/108095>.

4. Alekseenko V.A. *Ekologicheskaya geohimiya* [Ecological Geochemistry]. Moscow, Logos Publ., 2000. 627 p.
5. Kalinskij O.I. *Upravlenie delovoj reputaciej promyshlennogo predpriyatiya (na primere metallurgicheskikh predpriyatij)* [Management of Business Reputation of an Industrial Enterprise (on the Example of Metallurgical Enterprises)]. Moscow, MISIS Publ., 2013. 87 p. Available at: <https://e.lanbook.com/book/64422>.
6. Belousov A.I. *Kurs ehkologo-ehkonomicheskogo analiza* [Course of Environmental and Economic Analysis]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2010. 160 p. Available at: <https://e.lanbook.com/book/1038>.
7. Karabasov Yu.S., Chizhikova V.M., Plushchevskij M.B. *Ekologiya i upravlenie. Terminy i opredeleniya* [Ecology and Management. Terms and Definitions]. Moscow, MISIS Publ., 2001. 255 p.
8. Karabasov Yu.S., Chizhikova V.M. *Ekologiya i upravlenie* [Ecology and Management]. Moscow, MISIS Publ., 2006. 708 p.
9. Kosyrev K.L., Fomenko A.P., Parshin V.M., Kostin A.S., Zhiharev P.Yu. [Prerequisites and the Concept of Creating Energy Metallurgical Complexes for the Processing of Industrial Waste] *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2013, no. 7, pp. 2–7. (in Russ.)
10. Karelov A.S., Belik I.S. [Evaluation of Production Efficiency in Terms of Its Greening]. *Vestnik KemGU*, 2001, no. 4 (48), pp. 248–254. (in Russ.)
11. Yusfin Yu.S., Leont'ev L.I., Chernousov P.I. *Promyshlennost' i okruzhayushchaya sreda* [Industry and Environment]. Moscow, IKC Akademkniga Publ., 2002. 469 p.
12. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 28 avgusta 1992 g. № 632 "Ob utverzhdenii poryadka opredeleniya platy i ee predel'nyh razmerov za zagryaznenie okruzhayushchej sredy razmeshchenie othodov, drugie vidy vrednogo vozdejstviya"* [Resolution of the Government of the Russian Federation of August 28, 1992 No. 632 "On Approval of the Procedure for Determining Charges and Its Limits for Pollution of the Environment, Waste Disposal, Other Types of Harmful Impact"]
13. Chernousov P.I. *Recikling. Tekhnologii pererabotki i utilizacii tekhnogennykh obrazovanij i othodov v chernoj metallurgii* [Recycling. Technologies for Processing and Utilization of Technogenic Formations and Wastes in the Ferrous Metallurgy]. Moscow, Publ. House MISIS, 2011. 428 p.
14. Chumanov V.I., Amosova, Yu.E. [The Economic Benefit of Compliance by the Metallurgical Enterprise with the Laws of the Russian Federation on Environmental Protection]. *Elektrometallurgiya*, 2015. no. 2, pp. 37–42. (in Russ.)
15. Chumanov I.V., Amosova Yu.E. [Calculation of the Economic Benefits from the Purchase of Waste-Free Equipment by the Chemical Industry] *Materialy 10 nauchno-prakticheskoy konferencii "Strategicheskie voprosy mirovogo obucheniya 2014"*. *Ekonomicheskiye nauki* [Materials of the 10th Scientific-Practical Conference "Strategic Issues of World Learning 2014". Economics], 2014, vol. 6, pp. 17–24. (in Russ.)

Received 17 September 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Амосова, Ю.Е. Экологически чистое производство как элемент устойчивого развития металлургических предприятий / Ю.Е. Амосова, М.А. Матвеева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2019. – Т. 19, № 1. – С. 43–49. DOI: 10.14529/met190105

FOR CITATION

Amosova Yu.E., Matveyeva M.A. Ecologically Cleaner Production as an Element of Sustainable Development of Metallurgical Enterprises. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Metallurgy*, 2019, vol. 19, no. 1, pp. 43–49. (in Russ.) DOI: 10.14529/met190105