

**УДК 504.062**

К.А. БОНДАРЕНКО, студент гр. ЕТ-142 (ЮУрГУ)  
 Научный руководитель Т.Г. КРУПНОВА, к.х.н., доцент (ЮУрГУ)  
 г. Челябинск

## **ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТУШЕНИЯ КОКСА**

### **Введение**

Деятельность по производству кокса включена в Перечень областей применения наилучших доступных технологий; само же производство кокса включено в ИТС-26 «Производство чугуна, стали и ферросплавов» [1]. Данный справочник рекомендует использование технологий как сухого, так и мокрого тушения кокса [1]. При этом известно, что технология сухого тушения кокса уменьшает загрязнение окружающей среды (по сравнению с мокрым тушением) [2]. Оценка жизненного цикла, применяемая в данном исследовании, широко используется в инструменте управления окружающей средой для анализа воздействия на последнюю, а также на ресурсы, используемые в течение жизненного цикла продукта — от приобретения сырья, через производство и до стадии обращения с отходами.

### **2. Цель и объем исследования, инвентаризация**

Целью данного исследования стал анализ жизненного цикла коксохимического производства, использующего различные технологии тушения кокса. Оценка жизненного цикла в исследовании проведена в соответствии стандартам ГОСТ Р ИСО 14040 «Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура». Среди стадий ОЖЦ выделяют четыре этапа:

- 1) определение цели и области действия;
- 2) инвентаризационный анализ;
- 3) оценка воздействия жизненного цикла;
- 4) интерпретация жизненного цикла [3].

Функциональная единица, выбранная в работе, — это производство 1 т металлургического кокса.

В качестве инструмента анализа ОЖЦ использовалось программное обеспечение SimaPro 9.1.1.1, разработанное PRé Consultants [3]. Для оценки воздействия жизненного цикла был использован метод «Eco-Indicator 99», который позволяет выделить три категории экологического ущерба: здоровье человека, качество экосистемы и ресурсы. Каждая категория ущерба состоит из нескольких типов воздействия: канцерогенные вещества, органические респираторные вещества, неорганические респиратор-

ные вещества, влияние на изменение климата, радиация, воздействие на озоновый слой, экотоксичность, закисление или эвтрофикация, землепользование, минералы, ископаемое топливо [4].

Список инвентаризации представлен в таблице 1. Комплекс данных о процессах были получен на предприятии, а также из литературных источников [5, 6].

Таблица 1.

Каталог инвентаризации

Инвентаризация	Производство кокса с использованием технологии	
	мокрого тушения	сухого тушения
Каменный уголь, кг	1320	1340
Вода, кг	2480	2500
Пар, кг	270	270
Коксовый газ, м <sup>3</sup>	215,8	215,8
N <sub>2</sub> , нм <sup>3</sup>	-	1,31
Электричество, кВт·ч	33,55	37,56

Азот в основном используется для защиты оборудования, а дополнительно — в качестве циркулирующего газа для охлаждения раскаленного кокса во время процесса сухого тушения последнего. Сокращение потребления пресной воды не может рассматриваться как доминирующее преимущество технологии сухого тушения кокса. Причина этому такова: в настоящее время при производстве кокса в режиме мокрого тушения обычно используются очищенные сточные воды на месте для тушения кокса. Следует понимать, что важнейший вклад технологии сухого тушения должен заключаться в значительном уменьшении загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, а также в парогенерации.

### 3. Результаты и обсуждение

Графики нормализации для результата оценки ущерба по технологиям мокрого и сухого тушения показаны на рисунках 1 и 2. В категории «здоровье человека» наблюдается самый большой вклад от процесса производства кокса с его дальнейшим тушением. Каменный уголь используется для производства электроэнергии на городских ТЭЦ. Как следствие, нельзя не учитывать вклад производства электроэнергии в ухудшение здоровья человеческой популяции, а также в сокращение природных ресурсов и деградацию экосистемы.

Из рисунка 3 видно, что использование технологии мокрого тушения кокса способствует большему воздействию на следующие категории: органические вещества, респираторные неорганические вещества, эвтрофикации, изменение климата. На рисунках 3-5 технология мокрого тушения

обозначается как CWQ (от англ. Coke wet quenching), а сухого – CDQ (от англ. Coke dry quenching).

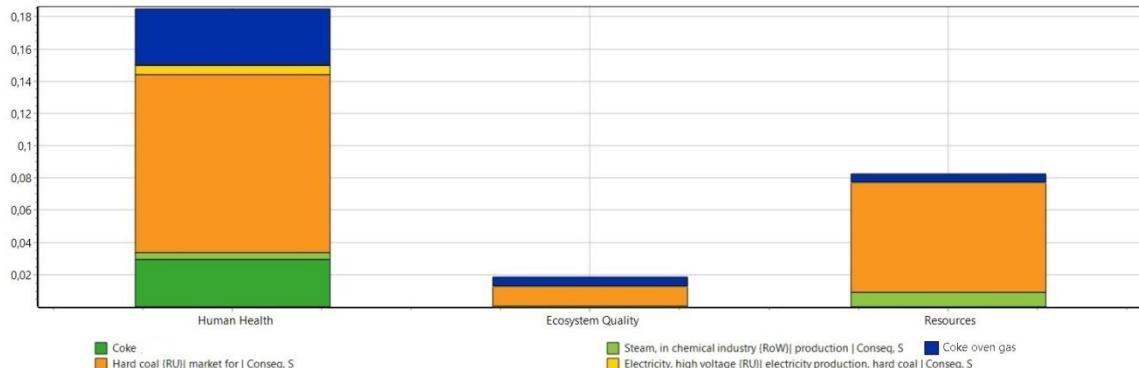


Рис. 1. График нормализации результата оценки ущерба при технологии мокрого тушения

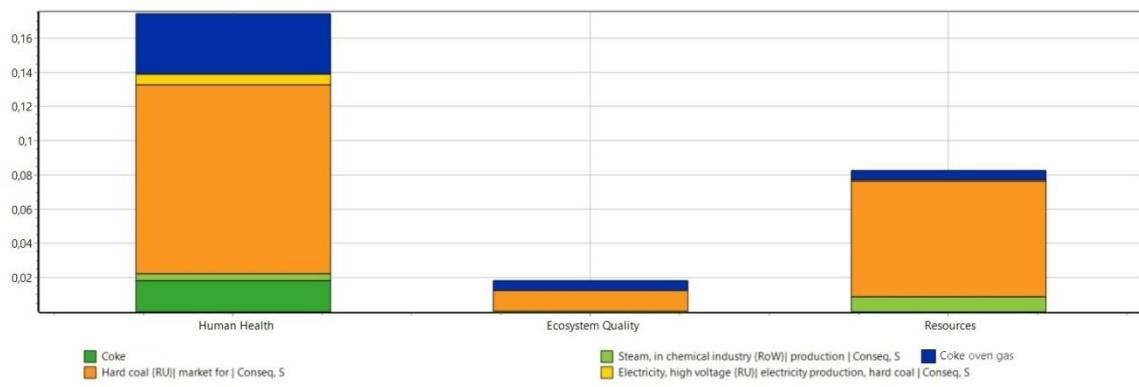


Рис. 2. График нормализации результата оценки ущерба при технологии сухого тушения

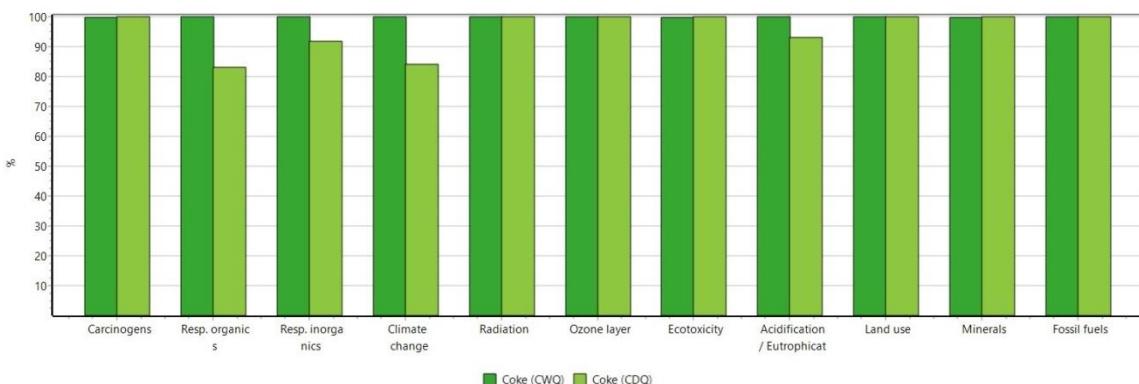


Рис. 3. Категории воздействия производства кокса с использованием двух технологий тушения кокса

График нормализации в категории ущерба для двух технологий тушения показан на рисунке 4. Было выявлено, что производство кокса с

применением мокрого тушения вносит больший вклад в категорию «здоровье человека» в сравнении с технологией сухого тушения. Изменения в других категориях воздействия незначительны.

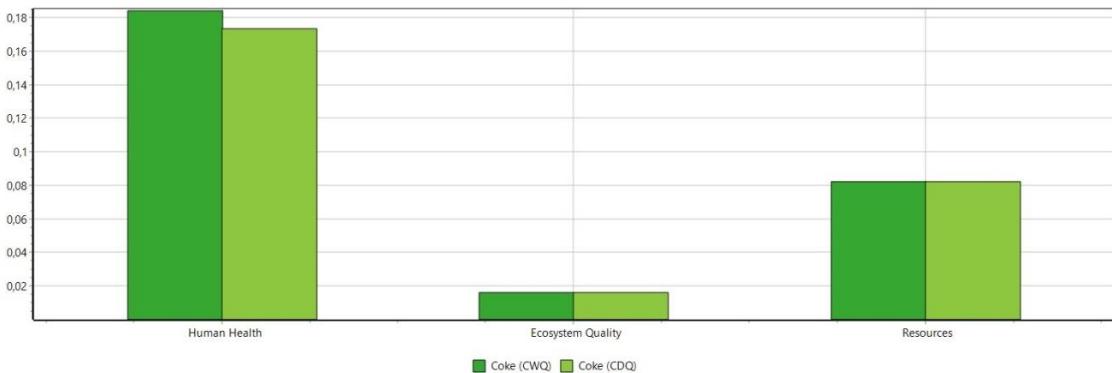


Рис. 4. График нормализации по категориям ущерба при использовании методов мокрого и сухого тушения кокса.

Необходимость реконструкции технологии тушения в производстве кокса в регионе обусловлена существенным вредом здоровью человека вследствие действующей технологии тушения, которая представляет потенциальную опасность для жителей города. Анализ ОЖЦ показал, что использование существующей технологии отрицательно сказывается на здоровье человека. Кроме того, негативное воздействие также вызвано выработкой электроэнергии с использованием каменного угля. Полный переход в производстве электроэнергии с угля на альтернативные виды ресурсов (например, природный газ) частично поможет решить эту проблему.

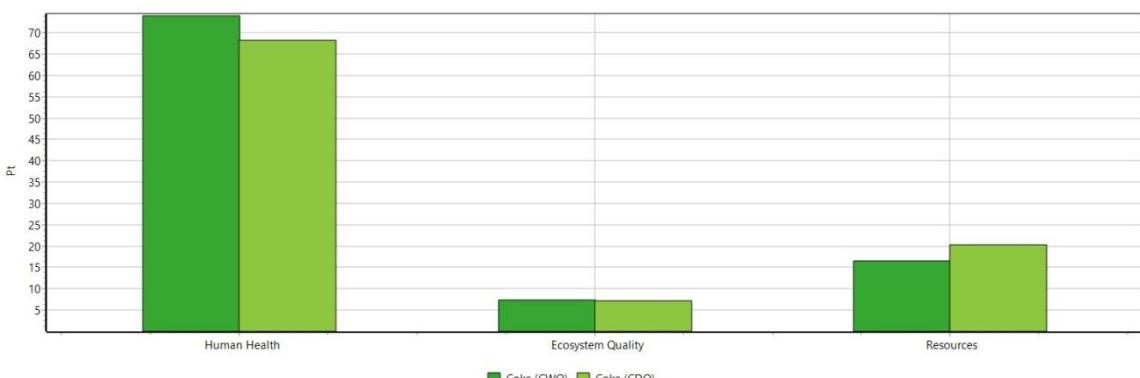


Рис. 5. График взвешивания демонстрирует положительные изменения при использовании газа для производства электроэнергии

## Заключение

Использование технологии сухого тушения кокса позволяет сократить выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, образующихся при

мокром тушении. Среди других рекомендаций следует выделить переход городского ТЭЦ на природный газ для производства электроэнергии, поскольку этот вариант является более безопасным для здоровья человека.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание FENU-2020-0022)*

Список литературы:

1. **ИТС 26-2017.** Производство чугуна, стали и ферросплавов : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Росстандарта от 15.12.2017 г. N 2836.: дата введения 2018-07-01. - Москва : Бюро НДТ, 2017. - 478 с. - Текст : непосредственный.
2. A holistic life cycle evaluation of coking production covering coke oven gas purification process based on the subdivision method / Jingying Li, Suisui Zhang, Yan Nie [et al.] // Journal of Cleaner Production. - 2020. - V. 248. P. 11.
3. **ГОСТ Р ИСО 14040-2010.** Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 марта 2010 г. N 39-ст : дата введения 2010-06-01. - Москва : Стандартинформ, 2019. - 20 с. - Текст : непосредственный.
4. **Mark Jacob Goedkoop.** Introduction to LCA with SimaPro / Mark Jacob Goedkoop, Michiel Oele, Jorrit Leijting [et al.]. - 2016. - P 80. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/305444131\\_Introduction\\_to\\_LCA\\_with\\_SimaPro/citations](https://www.researchgate.net/publication/305444131_Introduction_to_LCA_with_SimaPro/citations) (дата обращения: 01.10.2021)
5. **Xin Liu.** Life cycle environmental performance of by-product coke production in China / Xin Liu, Zengwei Yuan // Journal of Cleaner Production. - 2016. - V. 112. - P. 1292-1301
6. Dust emission from wet, low-emission coke quenching process / Bogusław Komosiński, Bartłomiej Bobik, Tomasz Konieczny [et al.] // E3S Web of Conferences. - 2018. - V.28. P. 7.