

УДК 504.064:662.74

УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Киселева Т.В.¹, д.т.н., профессор кафедры прикладных информационных технологий и программирования (kis@siu.sibsiu.ru)

Михайлов В.Г.², к.т.н., доцент кафедры производственного менеджмента (mvg.eohp@kuzstu.ru)

Степанов И.Г.³, д.э.н., профессор кафедры управления и сервиса (root@nkfi.ru)

¹ Сибирский государственный индустриальный университет
(654007, Россия, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

² Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева (КузГТУ)
(650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, ул. Весенняя, 28)

³ Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета
(654041, Россия, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Циолковского, 23)

Аннотация. Коксохимическое производство является высокотехнологичным процессом, оказывающим при этом все виды негативного воздействия на окружающую среду (выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросы сточных вод, размещение отходов производства и потребления). Для повышения экологической безопасности необходимо исследование локальной эколого-экономической системы и ее основных элементов с целью повышения эффективности управления. В статье выполнен анализ известных подходов к определению и особенностям функционирования эколого-экономических систем промышленных предприятий и их модификаций. В результате проведенного анализа представлена система коррелированных эколого-экономических показателей, отражающих специфику эколого-экономической системы коксохимического предприятия с мононаправленной производственной программой. Наибольшее значение имеют рассмотренные зависимости «текущие затраты на охрану окружающей среды/уровень риска», «текущие затраты на охрану окружающей среды/плата за негативное воздействие на окружающую среду», «текущие затраты на охрану окружающей среды / коэффициент компенсации экономического ущерба» и «коэффициент использования производственной мощности/уровень риска». Выявлена реализация предприятием нестационарной экологической политики, дифференцированной по разным временным интервалам: с 2004 по 2010 гг. и с 2010 по 2016 гг. На основании синтеза изучения теоретических разработок отечественных и зарубежных исследователей и анализа графических зависимостей фактических данных были сформированы направления повышения эффективности управления локальной эколого-экономической системой коксохимического предприятия. С этой точки зрения большое значение имеет повышение результативности использования текущих затрат на охрану окружающей среды с помощью разработки механизма перераспределения общей суммы между отдельными унифицированными статьями расходов, а также разработка алгоритма управления отходами, образующимися на предприятии, с точки зрения их дальнейшего использования с получением товарной продукции и минимизации потенциальной платы за размещение отходов. Выполненная работа имеет практическое значение для крупных промышленных предприятий с диверсифицированным негативным воздействием на окружающую среду для подготовки принятия эффективных экологически безопасных управленческих решений.

Ключевые слова: коксохимическое производство, управление, эколого-экономическая система, текущие затраты, уровень риска, негативное воздействие, окружающая среда, наилучшие доступные технологии.

DOI: 10.17073/0368-0797-2018-10-818-823

Производство кокса имеет большое значение для получения качественной металлургической продукции, соответствующей лучшим международным и отечественным стандартам, в том числе с точки зрения негативного воздействия на окружающую среду (НВОС), что связано с широким спектром загрязняющих веществ и отходов [1 – 3]. Ужесточение национального экологического законодательства и международные требования мотивируют коксохимические предприятия к использованию современных инновационных технологий, которые получили название НДТ (наилучшие доступные технологии). Несмотря на активизацию данной деятельности, коксохимическое производство является потенциальным источником высоких эколого-экономических рисков, что требует повышения эффективности и диверсификации используемых методов

управления [4 – 6]. В таких условиях целесообразно исследование локальной эколого-экономической системы и ее основных элементов (предприятие – источник негативного воздействия, центр управления и окружающая среда) [7, 8].

Существует множество научных точек зрения к определению понятия эколого-экономической системы (ЭЭС) [7 – 11] и ее модификаций, адаптированных к особенностям региона или предприятия [12 – 16].

В работе [13] отмечается, что предприятие как ЭЭС – это совокупность производственных цехов, подразделений природоохранного назначения (разнородных элементов и подсистем) и взаимодействующих с ними элементов природной среды, которая в ходе совместного функционирования обеспечивает, с одной стороны, высокие экономические показатели, а с другой – сохранение экосистемных

функций. При этом производственные и природоохранные подразделения, а также природные компоненты ЭЭС выполняют различные виды деятельности, противоположные по назначению, но функционирующие в качестве единого целого. Авторы рассматривают в структуре ЭЭС промышленного предприятия экономическую подсистему (цехи, отделы и службы) и экологическую подсистему (очистные сооружения, лаборатории, отделы и службы). В результате были предложены направления управления развитием предприятия как ЭЭС.

Важное значение имеет исследование [16], где представлена структурная схема ЭЭС горнодобывающего предприятия. Авторы также показывают возможную трансформацию ЭЭС до социо-эколого-экономической системы, представляющей сложное иерархическое образование, обладающее определенной свободой формы деятельности и представляющее собой единую организационную структуру, подсистемы которой взаимосвязаны и совместно функционируют для достижения общей цели.

Изучение данной специфической ЭЭС показывает, что в условиях истощения запасов месторождений и в целях полноты использования минерально-сырьевой базы наиболее приемлемой становится интенсификация производства, включающая: снижение потерь и разубоживания; отработку ранее списанных и забалансовых запасов; повышение коэффициента извлечения полезного компонента при обогащении и др.

Авторы работы [17] выделяют основные цели воздействия для локальной ЭЭС, в качестве которой может рассматриваться промышленное предприятие:

- снижение воздействия предприятия на окружающую среду и уменьшение вероятности экологических аварий;
- снижение финансовых потерь в результате негативного воздействия на окружающую среду;
- повышение конкурентоспособности предприятия.

В этом же исследовании предложен механизм управления ЭЭС и выделены цели управления:

- минимизация разницы между объемами использования и воспроизводства ресурсов;
- максимизация качества среды обитания;
- повышение экономической эффективности;
- снижение природоемкости производства.

В исследовании [18] сформулированы термины «эффективность» и «динамизм» функционирования эколого-экономических пространственных систем различных форм территориальной организации, а также основные принципы стимулирования этого процесса:

- установление единых правил и требований по экологически обоснованному хозяйствованию, которое не приводит к резким изменениям в природно-ресурсном потенциале, а поддерживает и повышает продуктивность природных комплексов или отдельных природных объектов, облагораживает их;
- использование единых требований к хозяйственной деятельности, при которой не нарушается способ-

ность экосистем к самовоспроизводству, самоочищению и саморегулированию, сохраняется и развивается способность экосистем «производить» экологические блага и услуги;

- внедрение единых инструментов экологизации деятельности хозяйствующих субъектов в контексте устойчивого развития региона;
- воспроизводство сбалансированной системы природопользования и экологизация технологий в промышленности, энергетике, строительстве, на транспорте и других сферах экономической деятельности.

Большое значение имеет оценка влияния ЭЭС и ее разновидностей на экологическую безопасность. Работа [19] посвящена такому воздействию социоэкологической системы, где выделено ее критическое состояние (катастрофа), текущее и целевое (нормативное). Авторы показывают, что на текущее состояние социоэкологической системы влияют блоки «Инициирование опасности» (детерминированные и случайные, техногенные и природные факторы опасности) и «Защитные действия» (управляющее воздействие по ограничению опасности, включающее необходимые затраты).

Большое значение для эффективного функционирования современного предприятия как ЭЭС имеет решение проблемы отходов производства и потребления. С этой целью авторами работы [20] рассматривается классификация отходов по качественным характеристикам (легкоутилизируемые, трудноутилизируемые и не утилизируемые) и по уровню рентабельности переработки (доходные, среднедоходные, низкодоходные). Процесс отбора отходов для оценки уровня конкурентоспособности осуществляется на основе ряда предложенных показателей: органолептические, количественные показатели состава, количественные показатели свойств, опасности, энергоресурсного потенциала и экономические.

Анализ теоретических аспектов формирования и функционирования ЭЭС показывает большое значение адекватного оценивания качественных и количественных характеристик эколого-экономических рисков [21 – 23]. Один из возможных подходов определяет уровень риска (УР) как удельный вес платы за сверхнормативное НВОС в общей величине платы за НВОС:

$$УР = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \frac{\Pi_{ch_{kl}}}{\Pi_{kl}} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где k – вид загрязняющего вещества или класс опасности отходов производства и потребления; l – элемент окружающей среды; K – общее количество видов загрязняющих веществ или классов опасности отходов производства и потребления; L – общее количество элементов окружающей среды; Π_{kl} и $\Pi_{ch_{kl}}$ – соответственно общая величина платы и плата за сверхнормативное НВОС k -го вида загрязняющих веществ или класса опасности отходов производства и потребления на l -й элемент окружающей среды, млн. руб.

На рис. 1 показаны корреляционное поле и эмпирическая линия регрессии связи между текущими затратами на охрану окружающей среды и УР. Точки, представленные на всех анализируемых графиках, означают информацию, полученную по предприятию ПАО «Кокс» за календарный год, и охватывают периоды с 2004 по 2016 годы.

Данные на корреляционном поле (особенно в левой его части) имеют большой разброс, который, по-видимому, объясняется различной природоохранной политикой на предприятии. Уровень риска в левой части корреляционного поля изменяется в широком диапазоне (от 19,8 до 70,13 %) при относительно небольших изменениях текущих затрат на охрану окружающей среды (от 20,2 до 68,4 млн. руб.). Обращает на себя внимание большой разброс значений УР (от 19,8 до 52,06 %) при почти неизменных (от 65,4 до 68,4 млн. руб.) текущих затратах.

Остальные значения на графике (правая часть) охватывают период с 2010 до 2016 гг., когда существенно увеличились текущие затраты на охрану окружающей среды (от 118,3 до 212,4 млн. руб.). При таком финансировании произошло резкое снижение уровня риска, который за данные годы колебался около нуля.

Рассмотренные периоды характеризуют ситуацию изменения природоохранной политики с 2010 г. Ее изменение было связано с ужесточением экологического законодательства. В результате предприятие перешло на стандарты НДТ, обеспечивающие минимальную негативную нагрузку на окружающую среду. В рамках этого направления на предприятии функционирует система замкнутого водооборотного цикла, в результате чего с 2012 г. предприятие ПАО «Кокс» прекратило сброс сточных вод. Такая тенденция ужесточения экологического законодательства заключается в совершенствовании системы платежей за НВОС, которая направлена на дополнительное штрафование предприятий, не осуществляющих переход на стандарты НДТ.

Одним из показателей оценивания эффективности использования текущих природоохранных затрат

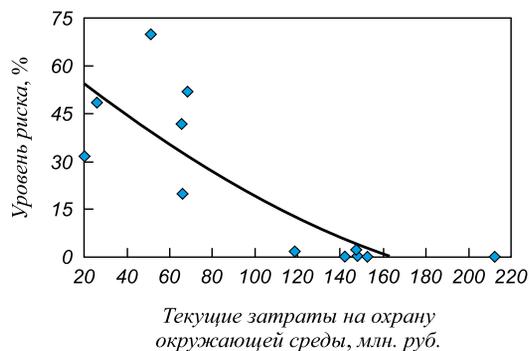


Рис. 1. Корреляционное поле и эмпирическая линия регрессии зависимости уровня риска от текущих затрат на охрану окружающей среды на предприятии ПАО «Кокс»

Fig. 1. Correlation field and empirical regression line of dependence of risk level on current costs of environmental protection at “Coke” PJSC

является уровень платы за НВОС. С этой целью на рис. 2 представлено корреляционное поле, которое показывает зависимость платы за НВОС от текущих затрат на охрану окружающей среды на предприятии ПАО «Кокс». Видно, что в левой части корреляционного поля (от 20,2 до 65,4 млн. руб. текущих затрат) наблюдается существенный разброс данных, который характеризуется недостаточно эффективной природоохранной деятельностью.

Данные рис. 2 показывают, что удержание текущих затрат примерно на одинаковом уровне (от 65,4 до 68,4 млн. руб.) приводит к относительно большому увеличению платы – от 0,36 до 0,49 млн. руб. При этом необходимо отметить, что в целом плата за негативное воздействие такого крупного и экологически опасного предприятия, как ПАО «Кокс», относительно невелика. Правая часть корреляционного поля характеризует существенное изменение в природоохранной политике предприятия, в результате чего наблюдается резкое увеличение текущих затрат на охрану окружающей среды (от 118,3 до 152,7 млн. руб.).

Следствием такой ситуации стало удержание платы за НВОС в количестве от 0,31 до 0,39 млн. руб. Как было отмечено выше, резкое увеличение текущих затрат вызвано ужесточением экологического законодательства и необходимостью функционирования в условиях стандарта НДТ, что также связано с введением в эксплуатацию замкнутого водооборотного цикла и изменением системы платежей за НВОС.

Другой подход для оценивания эколого-экономической эффективности природоохранной деятельности в рамках функционирования ЭЭС промышленного предприятия может быть связан с использованием коэффициента компенсации экономического ущерба (КК_{эу}), который для конкретного предприятия рассчитывается по формуле

$$КК_{эу} = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \frac{\Pi_{kl}}{\Delta Y_{kl}} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

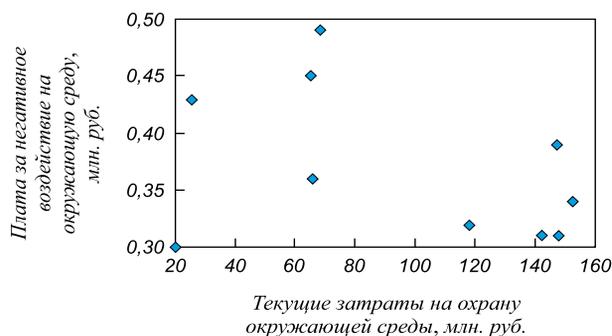


Рис. 2. Корреляционное поле зависимости платы за негативное воздействие на окружающую среду от текущих затрат на охрану окружающей среды на предприятии ПАО «Кокс»

Fig. 2. Correlation field of dependence of payment for negative environmental impact on current costs of environmental protection at “Coke” PJSC

предложена система эколого-экономических показателей для оценивания уровня риска и других коррелированных параметров; построены корреляционные поля наиболее значимых эколого-экономических зависимостей коксохимического предприятия; проведена интерпретация графических зависимостей с целью повышения эффективности функционирования ЭЭС коксохимического предприятия; разработаны основные направления повышения эффективности управления ЭЭС коксохимического предприятия, минимизирующие НВОС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Zubitskii B.D., Dyakov S.N., Krasnukhin V.Y., Kozyreva S.V. Effectiveness of environmental policies at OAO Koks // *Coke and Chemistry*. 2009. Vol. 52. Iss. 5. P. 219 – 221.
- Zubitskii B.D., Ushakov G.V., Tryasunov B.G., Ushakov A.G. Reducing the atmospheric impact of wet slaking // *Coke and Chemistry*. 2009. Vol. 52. Iss. 5. P. 222 – 224.
- Shkoller M.B., Kazimirov S.A., Temlyantsev M.V., Basegskiy A.E. Conditioning of coal-enrichment waste with high moisture and ash content // *Coke and Chemistry*. 2015. Vol. 58. Iss. 12. P. 482 – 486.
- Gurman V., Baturin V. Ecological-economic model of the region: Information technology, forecasting and optimal control // *Mathematical Modelling of Natural Phenomena*. 2009. Vol. 4. Iss. 5. P. 144 – 157.
- Mikhailov V.G., Kiseleva T.V., Karasev V.A., Mikhailov G.S., Skukin V.A. Development of innovative architecture of the organizational and economic mechanism for the nature protection management // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2017. Vol. 66. Article number 012008. P. 1 – 7.
- Kiseleva T.V., Mikhailov V.G., Mikhailov G.S. Contemporary trends in improvement of organizational-economic mechanism of environmental management // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2017. Vol. 84. Article number 012044. P. 1 – 6.
- Бурков В.Н., Новиков Д.А., Щепкин А.В. Механизмы управления эколого-экономическими системами. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2008. – 244 с.
- Бурков В.Н., Новиков Д.А., Щепкин А.В. Модели и механизмы управления эколого-экономическими системами // *Проблемы управления*. 2009. № 1. С. 2 – 7.
- Ugolnitskii G.A., Usov A.B. Control of complex ecological-economic systems // *Automation and Remote Control*. 2009. Vol. 70. Iss. 5. P. 897 – 906.
- Нужина И.П., Юдахина О.Б. Концептуальная модель региональной эколого-экономической системы // *Вестник Томского государственного университета. Экономика*. 2008. № 1. С. 54 – 67.
- Tretyakova E.A. Assessing sustainability of development of ecological and economic systems: A dynamic method // *Studies on Russian Economic Development*. 2014. Vol. 25. Iss. 4. P. 423 – 430.
- Burkov V.N., Burkova I.V. The principle of coordinated planning control of social and ecological-economic systems // *Game Theory and Application*. 2015. Vol. 17. P. 17 – 36.
- Елкина Л.Г., Иванова Е.Ю. Экономический механизм управления промышленным предприятием как эколого-экономической системой // *Вестник УГАТУ*. 2010. Т. 14. № 5 (40). С. 218 – 224.
- Tretyakova E.A. Evolution of research and evaluation methodology of sustainable development of social and economic system // *World Applied Sciences Journal*. 2013. Vol. 25. Iss. 5. P. 756 – 759.
- Волынкина Е.П., Кузнецов С.Н. Анализ моделей управления отходами и разработка интегрированной модели для регионального управления твердыми бытовыми отходами // *Вестник Сибирского государственного индустриального университета*. 2013. № 3 (5). С. 47 – 59.
- Стровский В.Е., Косолапов О.В. Эколого-экономическая система горного предприятия: структура, взаимосвязи // *Известия Уральского государственного горного университета*. 2017. № 4 (48). С. 118 – 122.
- Баранчик В.П., Касперович С.А. Цели, инструменты и особенности управления эколого-экономическими системами в условиях устойчивого развития экономики // *Труды БГТУ. Экономика и управление*. 2011. № 7. С. 118 – 121.
- Елкина Л.Г., Косьяненко Н.Г. Пространственные эколого-экономические системы региона: теоретический аспект // *Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия экономика*. 2017. № 1 (19). С. 60 – 67.
- Анопченко Т.Ю. Роль и место управления эколого-экономическими рисками в развитии системы национальной и региональной экономики и обеспечения экологической безопасности // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2007. № 12 (21). С. 62 – 67.
- Елкина Л.Г., Иванова Е.Ю., Шохова П.А. Классификация отходов по критерию эколого-экономической целесообразности их вторичного использования или утилизации // *Вестник УГАТУ*. 2012. Т. 16. № 8 (53). С. 165 – 169.
- Avdeev V.P., Burkov V.N., Kiseleva T.V. Multivariant active systems // *Automation and Remote Control*. 2001. Vol. 62. Iss. 10. P. 1645 – 1650.
- Ageev I.A., Burkov V.N., Zinchenko V.I., Kiseleva T.V. Structural analysis of the time data series // *Automation and Remote Control*. 2005. Vol. 66. Iss. 6. P. 995 – 1002.
- Mikhailov V.G., Kiseleva T.V., Bugrova S.M., Muromtseva A.K., Mikhailova Ya.S. Research of Environmental and Economic Interactions of Coke and By-Product Process // *E3S Web of Conferences*. 2017. Vol. 21. Article number 02004. P. 1 – 7.
- Степанов Ю.А., Корчагина Т.В., Дмитриев Ю.В. Модель управления состоянием экосистемы при воздействии техногенеза // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2007. № 6. С. 87, 88.
- Трушина Г.С., Щипачев М.С. Роль экологического менеджмента и менеджмента качества в природоохранной деятельности предприятий (на примере угледобывающих предприятий Кузбасса) // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2013. № 2. С. 374 – 377.

Поступила 23 мая 2018 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2018. VOL. 61. NO. 10, pp. 818–823.

MANAGEMENT OF ECOLOGICAL-ECONOMIC SYSTEM OF COKING PLANT

T.V. Kiseleva¹, V.G. Mikhailov², I.G. Stepanov³

¹Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Kemerovo Region, Russia

²Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev, Kemerovo, Russia

³Novokuznetsk Institute (branch) of Kemerovo State University, Novokuznetsk, Kemerovo Region, Russia

Abstract. Coke production is a high-tech process, which at the same time has all kinds of negative environmental impacts (emissions of pollutants into the air, wastewater discharge, placement of production and

consumption waste). To improve environmental safety, it is necessary to study local ecological-economic system and its main elements in order to improve management efficiency. The article analyzes known approaches to definition and features of functioning of ecological-economic systems of industrial enterprises and their modifications. As a result of the analysis, system of correlated environmental and economic indicators is presented, reflecting specifics of ecological and economic system of coking enterprise with a monodirectional production program. The most important are the considered dependencies “current expenses for environment protection/risk level”, “current expenses for environment protection/payment for negative impact on environment”, “current expenses for environment protection/ economic damage compensation factor” and “capacity utilization/risk level”. Enterprise has identified implementation of non-stationary environmental policy, differentiated by time intervals: from 2004 to 2010 and from 2010 to 2016. Based on synthesis of theoretical studies of domestic and international researchers and analysis of graphical dependencies of actual data, directions for management efficiency improvement of local ecological-economic system of a coking plant were formed. From this point of view, it is of great importance to increase effectiveness of current expenditures provision for environment protection through development of mechanism for redistributing total amount between individual unified items of expenditures, as well as developing an algorithm for managing waste generated in the enterprise in terms of their further use to produce marketable products and minimizing potential charges for waste disposal. The work is of practical importance for large industrial enterprises with diversified negative environmental impact in order to prepare for adoption of effective environmental safety management decisions.

Keywords: coke production, management, ecological-economic system, current costs, risk level, negative impact, environment, best available technologies.

DOI: 10.17073/0368-0797-2018-10-818-823

REFERENCES

- Zubitskii B.D., Dyakov S.N., Krasnukhin V.Y., Kozyreva S.V. Effectiveness of environmental policies at OAO Koks. *Coke and Chemistry*. 2009, vol. 52, Issue 5, pp. 219–221.
- Zubitskii B.D., Ushakov G.V., Tryasunov B.G., Ushakov A.G. Reducing the atmospheric impact of wet slaking. *Coke and Chemistry*. 2009, vol. 52, Issue 5, pp. 222–224.
- Shkoller M.B., Kazimirov S.A., Temlyantsev M.V., Basegskiy A.E. Conditioning of coal-enrichment waste with high moisture and ash content. *Coke and Chemistry*. 2015, vol. 58, Issue 12, pp. 482–486.
- Gurman V., Baturin V. Ecological-economic model of the region: Information technology, forecasting and optimal control. *Mathematical Modelling of Natural Phenomena*. 2009, vol. 4, Issue 5, pp. 144–157.
- Mikhailov V.G., Kiseleva T.V., Karasev V.A., Mikhailov G.S., Skukin V.A. Development of innovative architecture of the organizational and economic mechanism for the nature protection management. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2017, vol. 66, article no. 012008, pp. 1–7.
- Kiseleva T.V., Mikhailov V.G., Mikhailov G.S. Contemporary trends in improvement of organizational-economic mechanism of environmental management. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2017, vol. 84, article no. 012044, pp. 1–6.
- Burkov V.N., Novikov D.A., Shchepkin A.V. *Mekhanizmy upravleniya ekologo-ekonomicheskimi sistemami* [Control mechanisms of ecological-economic systems]. Moscow: Izdatel'stvo fiziko-matematicheskoi literatury, 2008, 244 p. (In Russ.).
- Burkov V.N., Novikov D.A., Shchepkin A.V. Models and mechanisms of management of ecological-economic systems. *Problemy upravleniya*. 2009, no. 1, pp. 2–7. (In Russ.).
- Ugolnitskii G.A., Usov A.B. Control of complex ecological-economic systems. *Automation and Remote Control*. 2009, vol. 70, Issue 5, pp. 897–906.
- Nuzhina I.P., Yudakhina O.B. Concept model of regional ecological-economic system. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika*. 2008, no. 1, pp. 54–67. (In Russ.).
- Tretyakova E.A. Assessing sustainability of development of ecological and economic systems: A dynamic method. *Studies on Russian Economic Development*. 2014, vol. 25, Issue 4, pp. 423–430.
- Burkov V.N., Burkova I.V. The principle of coordinated planning control of social and ecological-economic systems. *Game Theory and Application*. 2015, vol. 17, pp. 17–36.
- Elkina L.G., Ivanova E.Yu. Economic mechanism of management of an industrial enterprise as an ecological-economic system. *Vestnik UGATU*. 2010, vol. 14, no. 5 (40), pp. 218–224. (In Russ.).
- Tretyakova E.A. Evolution of research and evaluation methodology of sustainable development of social and economic system. *World Applied Sciences Journal*. 2013, vol. 25, Issue 5, pp. 756–759.
- Volynkina E.P., Kuznetsov S.N. Analysis of waste management models and development of integrated model for regional management of municipal solid waste. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo industrial'nogo universiteta*. 2013, no. 3 (5), p. 47–59. (In Russ.).
- Strovskii V.E., Kosolapov O.V. Ecological-economic system of mining enterprise: structure, interrelations. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*. 2017, no. 4 (48), pp. 118–122. (In Russ.).
- Baranchik V.P., Kasperovich S.A. Objectives, tools and features of management of ecological-economic systems in sustainable economic development. *Trudy BGTU. Ekonomika i upravlenie*. 2011, no. 7, pp. 118–121. (In Russ.).
- Elkina L.G., Kos'yanenko N.G. Spatial ecological-economic systems of the region: theoretical aspect. *Vestnik UGNTU. Nauka, obrazovanie, ekonomika. Seriya ekonomika*. 2017, no. 1(19), pp. 60–67. (In Russ.).
- Anopchenko T.Yu. Role and place of managing environmental and economic risks in development of system of national and regional economics and environmental safety. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'*. 2007, no. 12 (21), pp. 62–67. (In Russ.).
- Elkina L.G., Ivanova E.Yu., Shokhova P.A. Waste classification by the criterion of ecological-economic feasibility of their recycling or disposal. *Vestnik UGATU*. 2012, vol. 6, no. 8 (53), pp. 165–169. (In Russ.).
- Avdeev V.P., Burkov V.N., Kiseleva T.V. Multivariant active systems. *Automation and Remote Control*. 2001, vol. 62, no. 10, pp. 1645–1650.
- Ageev I.A., Burkov V.N., Zinchenko V.I., Kiseleva T.V. Structural analysis of the time data series. *Automation and Remote Control*. 2005, vol. 66, no. 6, pp. 995–1002.
- Mikhailov V.G., Kiseleva T.V., Bugrova S.M., Muromtseva A.K., Mikhailova Ya.S. Research of environmental and economic interactions of coke and by-product process. *E3S Web of Conferences*. 2017, vol. 21, article no. 02004, pp. 1–7.
- Stepanov Yu.A., Korchagina T.V., Dmitriev Yu.V. Model of ecosystem management under the influence of technogenesis. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2007, no. 6, pp. 87–88. (In Russ.).
- Trushina G.S., Shchipachev M.S. Role of environmental management and quality management in environmental activities of enterprises (using the example of Kuzbass coal mining enterprises). *Gornyy informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)*. 2013, no. 2, pp. 374–377. (In Russ.).

Information about the authors:

T.V. Kiseleva, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Chair of Applied Information Technology and Programming (kis@siu.sibsiu.ru)

V.G. Mikhailov, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor of the Chair of Industrial Management (mvg.eohp@kuzstu.ru)

I.G. Stepanov, Dr. Sci. (Economics), Professor of the Chair of Management and Services (root@nkfn.ru)

Received May 23, 2018