

УДК 658.567.1:622.333

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОБРАЗОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ УГЛЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В. Г. МИХАЙЛОВ, доцент, канд. техн. наук, mvg.eohp@kuzstu.ru

Т. В. ГАЛАНИНА, доцент, канд. с.-х. наук

Я. С. МИХАЙЛОВА, ассистент

Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева, Кемерово, Россия

Введение

Управление обращением с отходами углеперерабатывающего предприятия – сложный процесс, включающий правовые, технические, экономические и экологические аспекты [1–4]. Совершенствование современного экологического законодательства, особенно в условиях промышленно развитого региона, мотивирует предприятия к необходимости максимального учета всех факторов, влияющих на образование отходов производства и потребления. Большое значение имеет адекватный выбор экологических и эколого-экономических показателей, характеризующих движение и использование отходов и адаптированных к отраслевым особенностям конкретного предприятия [5, 6]. В связи с этим для совершенствования процесса обращения с отходами требуется построение системы эколого-экономических показателей, являющихся основой для принятия эффективного с позиций экологической безопасности управленческого решения.

Материалы и методы исследований

Объект исследования – углеперерабатывающее предприятие как источник образования отходов производства и потребления. Предмет исследования – система экологических и эколого-экономических показателей, характеризующих процессы образования и использования отходов производства и потребления. Исследование основано на анализе отечественных и зарубежных литературных источников по проблемам эколого-экономической оценки функционирования предприятия. Особое внимание уделено изучению методологии расчета эколого-экономических показателей, связанных с динамикой движения отходов и их использованием. С целью практической реализации авторской методики проведена статистическая обработка экологических данных углеперерабатывающего предприятия на основе формы отчетности № 2-ТП (отходы), которая с 2017 г. называется «Сведения об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, транспортировании и размещении отходов производства и потребления». В работе также использованы элементы системного анализа и результаты, полученные специалистами в области эколого-экономического анализа работы предприятия.

Результаты и их обсуждение

В процессе функционирования углеперерабатывающие предприятия оказывают существенное негативное влияние на все

На примере углеперерабатывающего предприятия оценены условия для принятия эффективного и экологически безопасного управленческого решения. В результате выполненных исследований выделены основные критерии и факторы формирования экологических и эколого-экономических показателей отходов производства и потребления. Разработана система взаимосвязанных эколого-экономических показателей, осуществлен подбор эффективных технических решений, направленных на совершенствование системы управления отходами производства и потребления.

Ключевые слова: углеперерабатывающее предприятие, управление, эколого-экономические показатели, подбор критериев, негативное воздействие, отходы производства, эффективность.

DOI: 10.17580/gzh.2019.04.20

элементы окружающей среды [7], но особое значение имеет образование жидких угольных шламов, занимающих большие площади и создающих риски загрязнения поверхностных и подземных водных объектов. Формирование технологических отходов исследуемого предприятия зависит от основных показателей его работы (рис. 1).

Анализ графических данных (см. рис. 1) показывает поступательную динамику таких показателей, как концентрат и отсев. Положительной тенденцией является снижение массы образования технологических отходов в 2014 г., что связано с повышением эффективности природоохранной деятельности предприятия.

Скорость движения и эффективность использования отходов производства и потребления зависят от их типов, которые дифференцируются по классам опасности в соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов (ФККО). На рис. 2

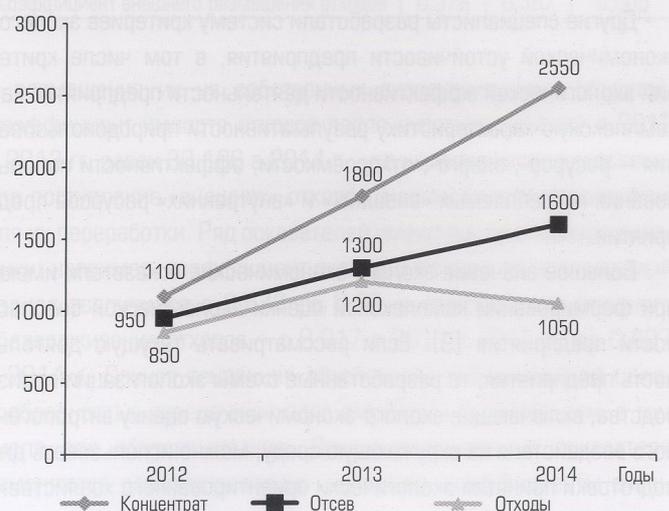


Рис. 1. Динамика основных технологических показателей углеперерабатывающего предприятия ЗАО ОФ «Листвяжная»

показана структура отходов исследуемого предприятия, образующихся в течение отчетного периода, по которым выполняется отчет по официальной форме отчетности № 2-ТП (отходы).

Из рис. 2 видно, что наибольший удельный вес занимают отходы IV и V классов опасности, за исключением 2014 г., когда неопасные отходы не образовывались. Если рассматривать структуру отходов в динамике, то максимальный поступательный рост наблюдается по III классу опасности – от 1,16 % в 2012 г. до 13,64 % в 2014 г., что является отрицательной тенденцией. Положительная динамика имеет место по отходам I класса опасности – резкое снижение с 1,23 % в 2012 г. до 0 % в 2014 г. Разнонаправленное изменение удельного веса наблюдается по отходам IV и V классов опасности: доля отходов IV класса незначительно снижается в 2013 г. (на 6,8 %), после чего существенно увеличивается в 2014 г. (более чем в 3 раза). Аналогичная сложная зависимость имеет место по отходам V класса опасности – резкое увеличение (на 48,13 %) в 2013 г. по сравнению с 2012 г. и снижение до 0 % в 2014 г.

В связи с широкой номенклатурой образующихся отходов производства и потребления углеперерабатывающего предприятия, а также сложными динамическими процессами требуется разработка экологических или эколого-экономических показателей, максимально точно отражающих тенденцию формирования и использования отходов. В настоящее время существуют различные подходы к оценке и интерпретации эколого-экономических показателей предприятия, включающие исследование динамики образования отходов, эффективности их использования, а также отходоёмкости выпускаемой продукции. Некоторые авторы выделяют показатели экологической результативности, характеризующие негативное воздействие на окружающую среду:

- прибыль и выручка в расчете на 1 т отходов производства;
- величина прибыли и выручки, приходящаяся на 1 руб. платы за негативное воздействие на окружающую среду;
- удельная прибыль и выручка от реализации в расчете на единицу используемых экологически опасных материалов [8].

Другие специалисты разработали систему критериев эколого-экономической устойчивости предприятия, в том числе критерий экологической эффективности деятельности предприятия как комплексную характеристику результативности природопользования – ресурсо-, энерго-, отходоёмкости, эффективности использования потребляемых «внешних» и «внутренних» ресурсов предприятия.

Большое значение эколого-экономические показатели имеют при формировании комплексной оценки экологической безопасности предприятия [9]. Если рассматривать текущую деятельность предприятия, то разработанные схемы экологизации производства, включающие эколого-экономическую оценку антропогенного воздействия на окружающую среду, можно использовать для подготовки принятия экологически ориентированного хозяйственного решения [10].

Эколого-экономические показатели отходов производства и потребления должны быть максимально адаптированы к конкретной отрасли или подотрасли, имеющей свои особенности. В связи с тем, что угледобыча и углепереработка являются

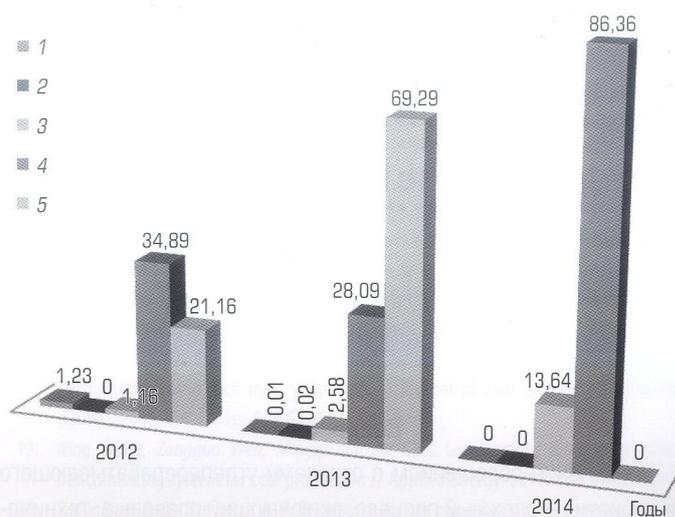


Рис. 2. Структура текущего образования отходов производства и потребления углеперерабатывающего предприятия ЗАО ОФ «Листвяжная», %:

1, 2, 3, 4, 5 – классы опасности I, II, III, IV и V соответственно

основными источниками образования отходов, показатели эффективности природоохранной деятельности таких предприятий подразделяются на три группы: экологические, социальные и экономические. Экологические показатели отражают уровень использования различных природных ресурсов и состояние окружающей среды до и после природоохранных мероприятий, в том числе:

- уровень достижения научно обоснованных нормативов или установленных лимитов использования природных ресурсов и состояния окружающей среды;
- площади изъятых, нарушенных и рекультивированных земель, землеемкость выпускаемой продукции;
- коэффициенты извлечения запасов полезного ископаемого из недр, комплексность используемого минерального сырья и безотходность производства, минералоемкость выпускаемой продукции;
- суммарные и удельные (на единицу произведенной продукции) объемы образования, улавливания, утилизации и поступления в окружающую среду загрязняющих веществ или отходов производства и потребления;
- урожайность сельскохозяйственных земель, продуктивность водоемов и лесных угодий, находящихся в районе действия угледобывающего или углеперерабатывающего предприятия [11].

Все экономические субъекты, входящие в угольный кластер, оказывают существенную нагрузку на почвенный покров, в связи с чем возможен расчет экономического ущерба от загрязнения почвы отходами производства и потребления, в том числе на единицу производственной мощности предприятия [12].

Вследствие того, что важнейшими параметрами функционирования горно-обогатительных комбинатов являются показатели процесса обогащения, в том числе адаптированные к геоэкологическим особенностям производства, например количество хвостов или концентрата и содержание в них полезного компонента, в работе [13] автором предлагается использовать коэффициент полезности горной массы (материальный коэффициент полезного действия) и коэффициент производства отходов.

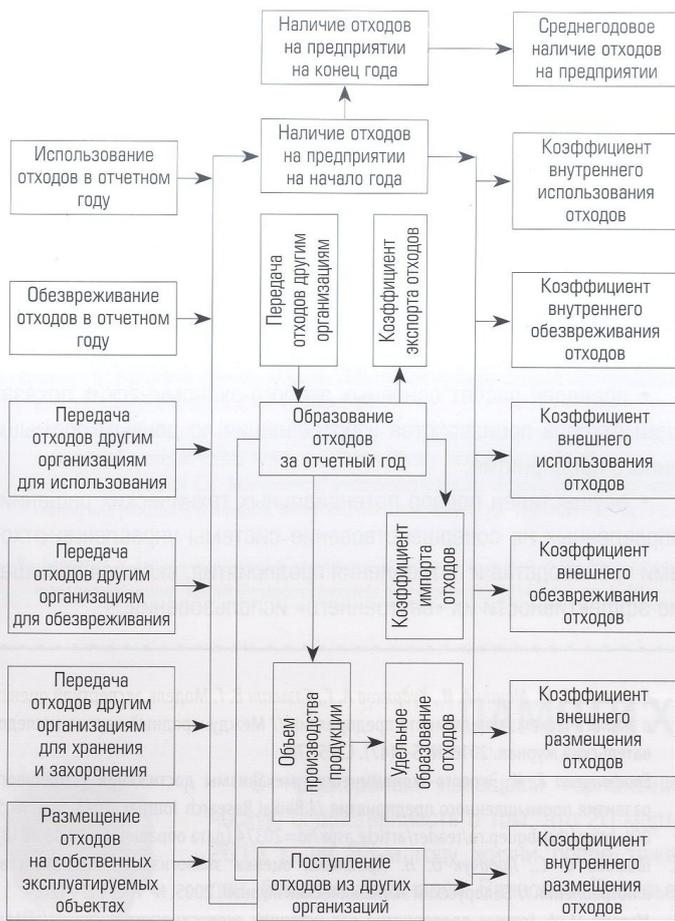


Рис. 3. Взаимосвязь основных эколого-экономических показателей, характеризующих движение и использование отходов производства и потребления

Ряд авторов предлагают экономико-математическую модель, обеспечивающую выбор оптимального варианта принятия комплекса управленческих решений, реализация которых позволит снизить негативное воздействие предприятий на окружающую среду, уменьшить себестоимость производства основной и дополнительной продукции за счет использования отходов производства и потребления и снижения экологических платежей [14].

Для большинства предприятий актуальной проблемой является оценка движения и эффективности использования отходов производства и потребления. С этой целью на основе официальной формы статистической отчетности разработана система эколого-экономических показателей отходов производства и потребления, представленная на **рис. 3** [15].

На основании авторской методики [15] в **таблице** представлены результаты расчета эколого-экономических показателей по исследуемому углеродоперерабатывающему предприятию.

Анализ данных таблицы показывает, что коэффициент удельного образования отходов характеризует низкую отходоёмкость технологических процессов, когда на 1 тыс. т продукции образуется от 0,018 до 0,029 т отходов. Два рассчитанных показателя имеют нулевое значение коэффициенты внутреннего обезвреживания отходов и внутреннего размещения отходов. Такая ситуация связана с тем, что за рассматриваемый период предприятие не имело внутренних ресурсов для обезвреживания отходов

Динамика основных эколого-экономических показателей отходов производства и потребления ЗАО ОФ «Листвяжная»

Показатель	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Наличие отходов на предприятии на начало года, т	0,857	3,140	0,949
Наличие отходов на предприятии на конец года, т	3,140	0,949	0
Среднегодовое наличие отходов на предприятии, т	1,999	2,045	0,475
Объем производства продукции, тыс. т	2900	4300	5400
Удельное образование отходов на 1000 т продукции, т	0,021	0,018	0,029
Использование отходов в отчетном году, т	17,560	5,210	4695,741
Образование отходов за отчетный год, т	60,627	76,068	155,889
Поступление отходов из других организаций, т	0	0	4693,176
Коэффициент внутреннего использования отходов	0,286	0,066	29,940
Обезвреживание отходов в отчетном году, т	0	0	0
Коэффициент внутреннего обезвреживания отходов	0	0	0
Коэффициент импорта отходов	0	0	30,106
Суммарная передача отходов другим организациям, т	40,785	73,049	154,273
Коэффициент экспорта отходов	0,673	0,960	0,990
Передача отходов другим организациям для использования, т	16,504	41,102	0
Коэффициент внешнего использования отходов	0,268	0,519	0
Передача отходов другим организациям для обезвреживания, т	1,015	1,330	128,520
Коэффициент внешнего обезвреживания отходов	0,017	0,017	0,027
Размещение отходов на эксплуатируемых объектах, т	0,006	0	0
Коэффициент внутреннего размещения отходов	0	0	0
Передача отходов другим организациям для хранения, т	0,740	0	19,643
Передача отходов другим организациям для захоронения, т	22,527	30,617	6,111
Коэффициент внешнего размещения отходов	0,378	0,387	0,005

и размещения их на собственных эксплуатируемых объектах. Коэффициент импорта отходов после нулевых значений в 2012 и 2013 гг. равен 30,106 в 2014 г., что характеризует существенное поступление «внешних» отходов и возможности предприятия для их переработки. Ряд показателей имеют поступательную динамику: например, коэффициент экспорта отходов за исследуемый период увеличился с 0,673 до 0,99, а коэффициент внешнего обезвреживания отходов – с 0,017 в 2012 и 2013 гг. до 0,027 в 2014 г. Данная тенденция обусловлена экономической целесообразностью передачи отходов сторонним организациям, в том числе для обезвреживания. Другие рассчитанные показатели изменяются разнонаправленно, например, коэффициенты внешнего использования отходов и внешнего их размещения увеличиваются в 2013 г. и существенно снижаются в 2014 г. Аналогичная тенденция «разнонаправленности» наблюдается по коэффициенту внутреннего использования отходов: снижение в 2013 г. (0,066) по сравнению с 2012 г. (0,286) и резкое увеличение в 2014 г.

(29,94). Особенно важным представляется рост последнего показателя, характеризующий повышение потенциала предприятия по использованию отходов.

Результаты проведенного исследования могут быть использованы для поддержки принятия эффективного экологически безопасного управленческого решения по обращению с отходами производства и потребления [1, 4, 14] и формированию соответствующей технологической инфраструктуры предприятия [16, 17].

Заключение

В процессе исследования динамики образования и использования отходов производства и потребления:

- проведен анализ основных показателей функционирования углеперерабатывающего предприятия и структуры образующихся отходов производства и потребления;
- выполнен анализ различных подходов к оценке и интерпретации экологических и эколого-экономических показателей

работы предприятия, включающих изучение движения отходов и эффективности их использования, в том числе отходоёмкости выпускаемой продукции;

- выделены основные критерии и факторы формирования экологических и эколого-экономических показателей отходов производства и потребления, адаптированных к условиям конкретного предприятия;
- разработана система взаимосвязанных эколого-экономических показателей, характеризующих динамику и эффективность использования отходов производства и потребления;
- проведен расчет основных эколого-экономических показателей отходов производства и потребления по данным промышленного предприятия;
- осуществлен подбор потенциальных технических решений, направленных на совершенствование системы управления отходами производства и потребления предприятия, включая повышение эффективности их «внутреннего» использования.

Библиографический список

1. Михайлов В. Г., Коряков А. Г., Михайлов Г. С. Управление экологическими рисками в процессе добычи и переработки угля // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2015. № 5. С. 83–91.
2. Likun Liang, Xuan Ru, Jingyue Wei, Zhudong Lin, Chaohai Wei et al. Spatiotemporal simulation and comprehensive evaluation of atmospheric coal-related PAHs emission reduction in China // Ecological Indicators. 2018. Vol. 93. P. 687–696.
3. Zhongjie Shen, Xin Hua, Qinfeng Liang, JianLiang Xu, Dong Han, Haifeng Liu. Reaction, crystallization and element migration in coal slag melt during isothermal molten process // Fuel. 2017. Vol. 191. P. 221–229.
4. Kiseleva T. V., Mikhailov V. G., Karasev V. A. Management of local economic and ecological system of coal processing company // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2016. Vol. 45. DOI: 10.1088/1755-1315/45/1/012013
5. Буторина И. В., Буторина М. В. Обзор технологий утилизации отходов горно-металлургической отрасли // Черные металлы. 2018. № 12. С. 44–49.
6. Темников В. В., Калимулина Е. Г., Тлеугабдулов Б. С. Анализ образования и переработки металлургических отходов в АО «ЕВРАЗ НТМК» // Черные металлы. 2018. № 7. С. 32–37.
7. Юрлова Н. А., Шестаков К. И. К оценке воздействия на окружающую среду обогащательных фабрик в составе горно-обогащательных комбинатов // Горный журнал. 2016. № 11. С. 103–106. DOI: 10.17580/gzh.2016.11.20.
8. Беженцева Т. В. Экспресс-оценка «постоянного улучшения» как элемента системы экологического менеджмента // Вестник Омского университета. Сер. Экономика. 2014. № 3. С. 4–10.
9. Долженко Е. Н., Монич А. И., Кудряков А. Г., Сазыкин В. Г. Модель экспертной оценки в экологическом менеджменте предприятия // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 5-1(47). С. 75–78.
10. Епифанцева Е. И. Эколого-экономические механизмы достижения устойчивого развития промышленного предприятия // Baikal Research Journal. 2015. Т. 6. № 5. DOI: http://brj-bguerp.ru/reader/article.aspx?id=20374 (дата обращения: 19.08.2018).
11. Шимова О. С., Лопачук О. Н. Проблемы оценки экологизации производства и потребления // Белорусский экономический журнал. 2005. № 1. С. 113–120.
12. Мурзин М. А. Горные предприятия как источник экологических рисков // ГИАБ. 2016. № 2. С. 374–383.
13. Озмидов И. О. Ресурсно-экологические показатели горного производства и методы их определения // ГИАБ. 2016. № 4. С. 251–260.
14. Шорохова А. В., Дмитриева О. В., Фрянов В. Н. Экономико-математическая модель процессов утилизации и использования отходов угольных предприятий для создания рекреационных зон // ГИАБ. 2014. № 12. С. 294–296.
15. Mikhailov V. G., Golofastova N. N., Galanina T. V., Koroleva T. G., Mikhailova Ja. S. Environmental-Economic Assessment of Generation, Flow And Efficiency of Use of Production and Consumption Waste // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. Vol. 50. DOI: 10.1088/1755-1315/50/1/012038
16. Katalambula H., Gupta R. Low-Grade Coals: A Review of Some Prospective Upgrading Technologies // Energy & Fuels. 2009. Vol. 23. Iss. 7. P. 3392–3405.
17. Арсентьев В. А., Вайсберг Л. А., Устинов И. Д., Герасимов А. М. Перспективы сокращения использования воды при обогащении угля // Горный журнал. 2016. № 5. С. 97–101. DOI: 17580/gzh.2016.05.15

«GORNYI ZHURNAL», 2019, № 4, pp. 89–93
DOI: 10.17580/gzh.2019.04.20

Waste formation and management dynamics in coal mining

Information about authors

V. G. Mikhailov¹, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences, mvg.eohp@kuzstu.ru

T. V. Galanina¹, Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences

Ya. S. Mikhailova¹, Assistant

¹Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russia

Abstract

Coal processing plant waste management is a complex process including law, technology, economy and ecology matters. It is important to understand production and consumption waste flow velocity depending on the waste types classified by hazard criterion based on the Federal Waste Classification Catalogue. Another determinant is compliance of the ecological infrastructure of production and consumption waste management at a plant with the standards set by the package of the best available technologies.

Legislative development in the field of ecology, especially in an industrially developed region, stimulates industry to take into account the maximum of the factors that influence formation of

production and consumption waste. The object of this study is a coal processing plant as a source of production and consumption waste. The subject of the study is a system of ecological and ecologico-economic indicators that characterize processes of production and consumption waste formation and use. The known ecologico-economic indicators are analyzed; these indicators make it possible to evaluate basic technical and economic characteristics connected with efficient utilization of production and consumption waste. Based on the study results, the key criteria and factors of ecological and ecologico-economic indicators of production and consumption waste are identified. Using the developed system of interrelated ecologico-economic indicators, efficient managerial solutions are selected. An important simplification to the process is coupling of this system of ecologico-economic indicators with the statutory forms accepted by a plant for ecological reporting on production and consumption waste management.

The study results are applicable to efficient eco-friendly managerial decision-making on production and consumption waste treatment and on formation of relevant technological infrastructure. Aiming to speed-up introduction of the study results in the industry, it is advisable to develop a set of programs for automatic calculation of ecologico-economic indicators and for visualization of the resultant trends.

Keywords: coal processing plant, management, ecologico-economic indicators, criterion selection, adverse effect, production waste, efficiency.

References

1. Mikhailov V. G., Mikhailov G. S., Koryakov A. G. Ecological risk management in coal mining and processing. *Journal of Mining Science*. 2015. Vol. 51, Iss. 5. pp. 930–936
2. Likun Liang, Xuan Ru, Jingyue Wei, Zhudong Lin, Chaohai Wei et al. Spatiotemporal simulation and comprehensive evaluation of atmospheric coal-related PAHs emission reduction in China. *Ecological Indicators*. 2018. Vol. 93. pp. 687–696.
3. Zhongjie Shen, Xin Hua, Qinfeng Liang, JianLiang Xu, Dong Han, Haifeng Liu. Reaction, crystallization and element migration in coal slag melt during isothermal molten process. *Fuel*. 2017. Vol. 191. pp. 221–229.
4. Kiseleva T. V., Mikhailov V. G., Karasev V. A. Management of local economic and ecological system of coal processing company. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2016. Vol. 45. DOI: 10.1088/1755-1315/45/1/012013
5. Butorina I. V., Butorina M. V. Review of wastes utilization technologies in mining and metallurgical industry. *Chernye Metally*. 2018. No. 12. pp. 44–49.
6. Temnikov V. V., Kalimulina E. G., Tleugabulov B. S. Analysis of formation and processing of metallurgical wastes at «EVRAZ NTMK» JSC. *Chernye Metally*. 2018. No. 7. pp. 32–37.
7. Yurlova N. A., Shestakov K. I. Assessment of environmental impact of preparation plants within mining and processing companies. *Gornyi Zhurnal*. 2016. No. 11. pp. 103–106. DOI: 10.17580/gzh.2016.11.20.
8. Bezhencheva T. V. Express-assessment of «continuous improvement» as part of the environmental management system. *Vestnik Omskogo universiteta. Ser.: Ekonomika*. 2014. No. 3. pp. 4–10.
9. Dolzhenko E. N., Monich A. I., Kudryakov A. G., Sazykin V. G. Model of expert evaluation in the environmental management of the enterprise. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*. 2016. No. 5–1(47). pp. 75–78.
10. Epifantseva Y. I. Ecological economic mechanisms of accomplishing stable development of industrial companies. *Baikalskaya Zhurnal*. 2015. Vol. 6, No. 5.
11. Shimova O. S., Lopachuk O. N. Problems of estimating production and consumption ecologization. *Belorusskii ekonomicheskii zhurnal*. 2005. No. 1. pp. 113–120.
12. Murzin M. A. Mining enterprises as a source of ecological risks. *GIAB*. 2016. No. 2. pp. 374–383.
13. Ozmidov I. O. Resources and environmental performance of mining and estimation methods. *GIAB*. 2016. No. 4. pp. 251–260.
14. Shorokhova A. V., Dmitriyeva O. V., Fryanov V. N. Economic-mathematical model of processes of utilization and use of waste of the coal enterprises for creation of recreational zones. *GIAB*. 2014. No. 12. pp. 294–296.
15. Mikhailov V. G., Golofastova N. N., Galanina T. V., Koroleva T. G., Mikhailova Ja. S. Environmental-Economic Assessment Of Generation, Flow And Efficiency of Use of Production and Consumption Waste. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2017. Vol. 50. DOI: 10.1088/1755-1315/50/1/012038
16. Katalambula H., Gupta R. Low-Grade Coals: A Review of Some Prospective Upgrading Technologies. *Energy & Fuels*. 2009. Vol. 23, Iss. 7. pp. 3392–3405.
17. Arsentev V. A., Vaisberg L. A., Ustinov I. D., Gerasimov A. M. Prospects of water use reduction in coal preparation. Prospects of water use reduction in coal preparation. *Gornyi Zhurnal*. 2016. No. 5. pp. 97–101. DOI: 17580/gzh.2016.05.15