

УДК 004.6

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА НА ПРЕДПРИЯТИИ

О. Н. Сметанина¹, А. И. Агадуллина²

¹smoljushka@mail.ru, ²aygul.agadullina@gmail.com

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Поступила в редакцию 11 ноября 2019 г.

Аннотация. Рассматриваются информационные аспекты методики проведения экологического аудита как элемента системы экологического менеджмента (СЭМ). Приводится характеристика данных, которые положены в основу организации информационной поддержки при проведении экологического аудита. Обозначена проблема интерпретации и анализа данных. Обосновывается необходимость разработки системы поддержки принятия решений, при построении которой предлагается использовать онтологическую базу знаний, базу прецедентов, нечеткую базу правил. Приводится структурно-функциональная схема интеллектуальной системы поддержки принятия решений.

Ключевые слова: экологический аудит; система поддержки принятия решений; онтологические базы знаний; прецеденты.

ВВЕДЕНИЕ

Экологический аудит на предприятии сопровождается рекомендациями по устранению выявленных недоработок. Необходимость дальнейшего развития и совершенствования методики проведения экологического аудита связана с вопросами повышения эффективности, сокращением времени процедур и выработки рекомендаций для принятия дальнейших управленческих решений.

Вопросам разработки и совершенствования методики проведения экологического аудита посвящены работы О. В. Кудрявцевой [1], А. Т. Никитина [2.], И. М. Потравного [3], Г. П. Серова [4], С. А. Степанова [2], Н. А. Страховой [5] и др.

Ранее авторами статьи были рассмотрены вопросы разработки концепции к обеспечению поддержки принятия решений в процессе проведения внешнего и внутреннего аудита на основе риск-ориентированного подхода для управления экологической эффективностью предприятия, который позволил оценивать, эффективно управлять и

обеспечивать необходимый уровень экологической эффективности [6–8].

Данная статья посвящена рассмотрению информационных аспектов методики проведения экологического аудита, вопросам анализа источников информации и характеристике данных, необходимых для организации поддержки принятия решений при проведении экологического аудита, а также построению системы поддержки принятия решений и обоснованию возможности использования интеллектуальных технологий для ее реализации.

МЕСТО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ

СЭМ является частью интегрированной многоуровневой системы управления безопасностью и охраны окружающей среды на предприятии. Ее актуальность обусловлена тем, что СЭМ позволяет снизить негативное влияние на окружающую среду, сократить издержки из-за нерационального использования ресурсов, повысить экологическую

эффективность предприятия, оценивать и управлять эколого-экономическими рисками с целью предотвращения аварийных ситуаций [9].

Общими вопросами внедрения и функционирования СЭМ на предприятии занимались такие исследователи как С. Ю. Дайман [10], В. В. Карманов [11], Н. В. Пахомова [12], М. М. Редина [13], К. Рихтер [12], А. П. Хаустов [13], А. Эндрес [12] и др.

Деятельность СЭМ регулируется системой международных стандартов ISO серии 14000, центральным элементом которой является ISO 14001, содержащий требования к системе (рис. 1). Среди них выделяют требование обязательной документации всех процессов СЭМ на предприятии [9]. Функционирование СЭМ требует наличия большого количества документации. При этом вновь создаваемая документация СЭМ должна не противоречить уже существующей в других системах менеджмента предприятия.

Под СЭМ понимается часть общей системы менеджмента организации, включающей в себя организационную структуру, планирование, ответственность, методы, процедуры, процессы и ресурсы, необходимые для разработки, внедрения, реализации, анализа и поддержания экологической политики [14]. В связи с этим СЭМ предприятия зависит от многих факторов, среди которых можно отметить характер, масштаб, сложность деятельности и тип производимой продукции (услуг). Однако среди разнообразия СЭМ предприятия можно выделить ряд общих элементов (рис. 2), в том числе и аудит. Существующие виды экологического аудита (табл. 1) отличаются кругом рассматриваемых проблем и целями. Многообразие видов аудита, источников информации, различные типы (слабоструктурированные и структурированные) и большие объемы анализируемых данных усложняют процесс аудита.

Комплект документации, формируемый при разработке СЭМ предприятия (рис. 3) включает и документы аудита.

Табл. 1. Виды экологического аудита [15]

<i>Вид аудита</i>	<i>Цель (задачи)</i>
Соответствия	Определение соответствия субъекта хозяйственной деятельности природоохранным требованиям
СЭМ	Оценка эффективности системы экологического менеджмента
Снабжения	Оценка экологической безопасности используемого сырья, оборудования, технологий
Недвижимости	Оценка экономического ущерба от загрязнения
Обращения с отходами	Оценка опасности отходов
Территорий	Определение рациональности природопользования на конкретной территории
Энергоснабжения	Оценка энергопотребления и возможных путей его снижения
Стратегический	Оценка перспективной стратегии бизнеса с учетом экологических характеристик предприятия и выявления потенциальных деловых партнеров с экологически ориентированной системой управления
Страховой экологический	Оценка риска и размера ущерба в результате возможных техногенных аварий, технологических сбоев, стихийных природных процессов и т.п. для обоснования и осуществления экологического страхования
Накопленных ущербов	Оценка экологической опасности за прошлые накопленные ущербы на предприятии или объекте при переходе на другой вид собственности
Инвестиционный экологический	Оценка необходимых затрат на экологические аспекты деятельности при инвестировании реконструкции, расширения, перепрофилирования, закрытии предприятия

ИНФОРМАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА

При проведении экологического аудита как инструмента оценки эффективности СЭМ и процессов внутри нее анализируется огромное количество документов, включающих нормативно-законодательную, организационно-методическую, организационно-правовую, организационно-распорядительную документацию и документацию для регистрации данных об окружающей среде

(рис. 4), что требует значительных временных затрат [9]. На рис. 5 приводятся типы документации, существующие на предприятиях и используемые в СЭМ.

Процедура проведения экологического аудита (рис. 5) включает предварительный (разработка программы аудита, выбор критериев аудита), основной (непосредственное проведение аудита) и заключительный (формирование предложений и рекомендаций и подготовка отчета) этапы [16].

Как правило, основную сложность вызывают процессы, связанные со сбором информации, обработкой и анализом данных.

При анализе документации в процессе проведения экологического аудита необходимо учитывать цели и задачи аудита, а также характер, масштаб, сложность деятельности и тип производимой продукции (услуг) на предприятии.

Одним из вопросов, касающихся проведения аудита, является определение объема выборки (проверяемых документов). Основным условием, предъявляемым к выборочной совокупности, является свойство репрезентативности [17].

Основными источниками информации при проведении экологического аудита являются следующие информационные ресурсы, которые в зависимости от целевого назначения включенных в них данных, могут быть разделены на три группы (рис. 6) [17, 18]:

- кадровая документация и нормативно-методическая литература, имеющаяся на предприятии по данному виду деятельности (законодательная и нормативно-методическая литература);
- экологическая информация об объекте аудита, в которой, в свою очередь, можно выделить три уровня;
- информация о состоянии компонентов окружающей природной среды, находящихся в зоне возможного влияния аудируемого объекта.

Для выборочной проверки документации могут использоваться статистические и нестатистические методы [17].

Выбор метода или набора методов связан, прежде всего, с видом экологического аудита, спецификой предприятия (характером, масштабом, сложностью деятельности и типом производимой продукции (услуг)), а также с приемлемым уровнем аудиторского риска.

После проверки документации для получения и сбора дополнительной информации в процессе проведения аудита применяют следующие методы анализа [18]:

- методы анкетирования и интервьюирования;
- методы с использованием материальных балансов и технологических расчетов;
- методы на основе экспертных оценок;
- картографические методы;
- методы с использованием фото- и видеосъемки.

Для статистической обработки экологической информации, полученной с помощью данных методов, могут быть использованы методы дискриминантного, корреляционного, факторного и регрессионного анализа [19].

Наличие большого объема слабоструктурированных данных (документов) с привязкой к различным видам аудита, к элементам СЭМ предприятия и возможность их классификации позволяют с целью повышения эффективности их поиска использовать онтологию.

Вышеуказанные информационные аспекты системы экологического аудита, возможные методы обработки необходимой для проведения аудита информации предполагают необходимость разработки использования технологий поддержки принятия решений [20].



Рис. 4. Типы документации СЭМ

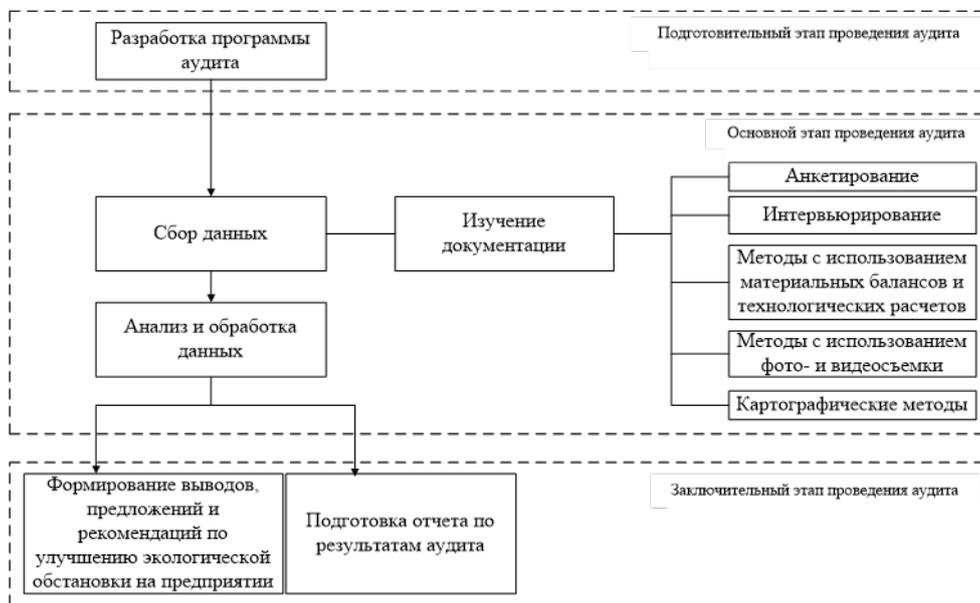


Рис. 5. Этапы проведения экологического аудита



Рис. 6. Источники информации при проведении экологического аудита

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СЭМ

Данной тематике посвящены как зарубежные, так и российские исследования, в которых отражены различные аспекты: от общих вопросов разработки систем поддержки принятия решений для экологического менеджмента до решения отдельных задач, связанных с обеспечением требуемого уровня экологической безопасности, организацией мероприятий по охране труда, проведением экологического аудита на промышленных предприятиях.

Ряд авторов [21–26] рассматривает вопросы использования интеллектуальных технологий для реализации информационной поддержки принятия решений.

Авторы [21] описывают инструментарий (муравьиная колония, генетические и эволюционные алгоритмы, нечеткие многокритериальные инструменты принятия решений, оптимизация на основе роя частиц, моделирование на основе агентов, нейронные сети, моделирование с использованием нечетких правил, нечетких когнитивных карт, кумулятивных степеней убеждений и др.), необходимый для решения сложных экологических проблем, когда невозможно использовать классические методы.

Авторами [22] рассмотрены вопросы разработки систем поддержки принятия решений на основе знаний для использования в нестандартных, нестандартных, чрезвычайных ситуациях; системы, характеризующиеся большими объемами анализируемой информации, плохо формализуемыми процедурами логического вывода для принятия решений и трудностью использования традиционных методов многокритериальной оптимизации.

В публикации [23] описывается интеллектуальная система экологической безопасности, структурными элементами которой являются: интегрированные базы данных и знаний, содержащие информацию о допустимых концентрациях загрязняющих веществ, механизмах их превращений и воздействий; модели загрязнений и принятия решений по экологической безопасности и предотвращению дальнейшего поступления

этих веществ в воду, воздух, почву, донные отложения, растительный покров или о необходимости очистки этих объектов от уже накопленных в них загрязнений; блок анализа интегрального экологического техногенного воздействия и получения вторичной информации об эффективности мероприятий и др.

Авторами [24] дано обоснование построения экспертной системы поддержки принятия решений в интеллектуальной системе экологического мониторинга, приведены результаты анализа, подтверждающие правильность выбора байесовских сетей доверия как метода построения экспертной системы поддержки принятия решений, который позволяет ей эффективно функционировать в условиях неопределенности.

В статье [25] описан разработанный прототип интеллектуальной системы поддержки принятия решений для управления процессом очистки сточных вод. Для создания единой системы суждений предложена онтология предметной области, обеспечивающая полноту знаний. Онтология формирует общий словарь, с целью взаимодействия экспертов различных предметных областей.

Таким образом, можно констатировать, что интеллектуальные технологии широко используются при разработке системы поддержки принятия решений в СЭМ. Это обуславливается потребностью использования экспертных знаний, наличием субъективного характера некоторых оценок с дальнейшим представлением их в виде лингвистических переменных.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА

В процессе разработки информационной поддержки принятия решений при проведении аудита в рамках СЭМ предлагается использовать такие «знаниевые» компоненты, как:

- онтология (представлены семантические метазнания);
- формальные нечеткие знания в виде продукционной модели (на основе правил и

механизма логического вывода осуществляется решение в проблемной ситуации);

- прецеденты (приобретенные знания о результатах предыдущих решений).

Структура предлагаемой системы представлена на рис. 7.

При необходимости проведения анализа экологической эффективности предприятия с учетом актуальной нормативно-законодательной базы, аудитор, используя специальный интерфейс, формирует запрос к системе. Поиск нужного решения осуществляется путем использования модулей качественной и количественной оценки уровня экологической эффективности, а также путем использования механизмов логического вывода и баз правил или прецедентов (для сравнения текущего случая и прецедента на пространстве признаков вводится метрика, определяется точка, соответствующая текущему случаю; в рамках метрики из точек, представляющих прецеденты, находится ближайшая

к ней точка). В результате работы системы аудитор получает результат об уровне экологической эффективности предприятия и рекомендации по его улучшению.

При разработке и функционировании системы могут быть выделены режимы приобретения знаний, решения задачи. Режим приобретения знаний связан с формированием новых правил экспертами в данной области знаний. В режиме функционирования могут быть получены новые решения на основе знаний, а также прецеденты, как результат решения, подтвержденный его успешной реализацией.

Баллы, полученные предприятиями за анкету (качественная оценка), а также результаты количественной оценки (уровень риска) предложено перевести в пятиуровневую нечеткую шкалу вида «низкий», «ниже среднего», «средний», «выше среднего», «высокий».

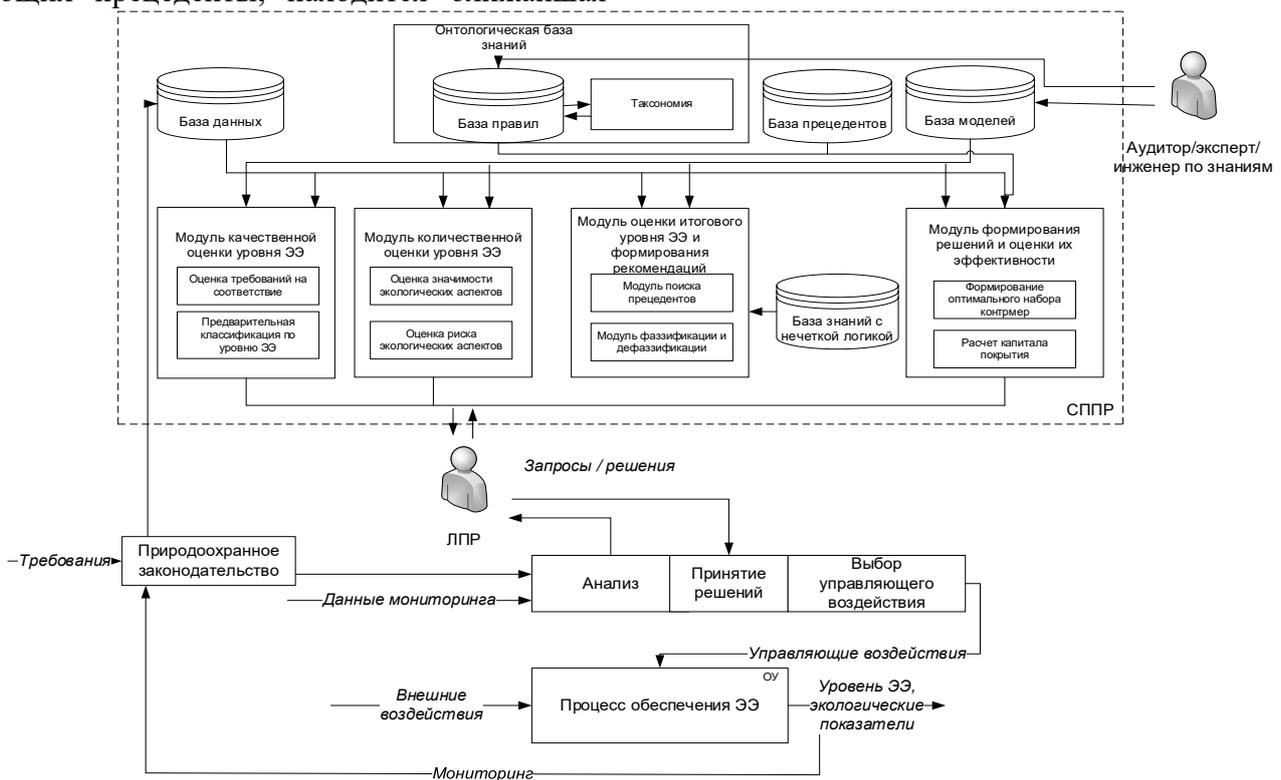


Рис. 7 Структура системы поддержки принятия решений

Разработанная онтология содержит основные термины и понятия, характерные для системы экологического менеджмента в целом и экологического аудита в частности, а также связи между ними. Проведенная оценка качества построенной онтологии с помощью специальных метрик (проверка на полноту и точность, адекватность структуры, воспринимаемость и т.д.) продемонстрировала ее работоспособность и пригодность для решения поставленных задач.

Построенная онтология также включает правила, по которым работают машины логического вывода, и, как следствие, позволяют принимать решение.

Решение может быть получено и с помощью прецедентов, которые представляют собой ранее полученные решения с учетом его «положительной реализации».

Разработанная схема легла в основу интеллектуальной системы поддержки принятия решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты анализа процедуры проведения экологического аудита показали необходимость использования большого количества документов при выявлении соответствия показателям, сложных расчетов на основе большого объема данных и, как следствие, значительных временных затрат на принятие решения. Неполнота и неточность полученных данных могут привести к формированию некорректных рекомендаций по улучшению экологической обстановки на предприятии, что требует специальных методов их обработки и анализа.

Предложено разработать информационное обеспечение системы поддержки принятия решений при проведении экологического аудита с включением баз данных, содержащих структурированные данные, онтологические базы знаний, базы прецедентов, нечеткой базы правил и информационных потоков системы экологического аудита. Описание структуры информационных потоков включает источники (как внутри предприятия, так и за его пределами) и приемники информации, объемы и частоту передаваемой информации, типы передаваемых данных.

Основные функции интеллектуальной системы поддержки принятия решений являются: ввод, редактирование, хранение и обработка данных, поддержка «знаниевой» компоненты (ведение онтологических баз знаний, нечеткой базы правил, базы прецедентов) и формирование решений на ее основе, «взаимодействие» с аудитором.

Реализация концепции поддержки принятия решений с применением разработанной онтологии предметной области (аудит системы экологического менеджмента), правил логического вывода и базы прецедентов позволит принимать более качественные решения по повышению уровня экологической эффективности при проведении экологического аудита. Разработанная онтологическая база знаний позволит увеличить полноту информационного обеспечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрявцева О. В., Ледашчева Т. Н., Пинаев В. Е. Развитие экологического аудита в России // Государственный надзор. 2014. № 3 (15). С. 201–203. [О. V. Kudryavtseva, T. N. Ledashcheva, and V. E. Pinaev, "Development of environmental audit in Russia," (in Russian), in *Gosudarstvennyy nadzor*, no. 3 (15), pp. 201–203, 2014.]
2. Никитин А. Т. Основы экологического аудита. М.: МНЭПУ, 2001. 392 с. [А. Т. Nikitin, *Basics of environmental auditing*, (in Russian). Moscow: International Independent Environmental and Political University "MNEPU", 2001.]
3. Петрова Е. Н., Потравный И. М. Экологический аудит в интеграции систем менеджмента: тенденции развития // Вестник Мининского университета. 2015. №2 (10). [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskii-audit-v-integratsii-sistem-menedzhmenta-tendentsii-razvitiya> (дата обращения: 01.07.2019). [Е. N. Petrova, I. M. Potravny. (2019, Jul. 01). *Environmental audit in the integration of management systems: development trends* [Online], (in Russian). Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskii-audit-v-integratsii-sistem-menedzhmenta-tendentsii-razvitiya>]
4. Серов Г. П. Экологический аудит. Концептуальные и организационные основы. М.: Экзамен, 2000. 768 с. [G. P. Serov, *Environmental audit. Conceptual and organizational foundations*, (in Russian). Moscow: Ekzamen, 2000.]
5. Страхова Н. А., Бобарыкина Ю. Е., Сморгунова М. В. Методологические подходы принятия эколого-экономических решений при проведении экологического аудита // Новые технологии. 2012. №3. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-podhody-prinyatiya-ekologo-ekonomicheskikh-resheniy-pri-provedenii-ekologicheskogo-audita> (дата обращения: 01.07.2019). [N. A. Strakhova, Yu. E. Bobarykina, M. V. Smorgunova. (2019, Jul. 01). *Methodological approaches to environmental and economic decision-making during environmental audits* [Online], (in Russian). Available:]

<https://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-podhody-prinyatiya-ekologo-ekonomicheskikh-resheniy-pri-provedenii-ekologicheskogo-audita>]

6. **Гузаиров М. Б., Николаева М. А., Агадуллина А. И.** Математическое обеспечение системы поддержки принятия решений при управлении экологической эффективностью предприятия // Вестник УГАТУ. 2014. Т. 18, № 1 (62). С. 95–105. [М. В. Guzaïrov, М. А. Nikolaeva, and А. I. Agadullina, "Mathematical software of decision support system for the assessment and management of environmental performance for companies," (in Russian), in *Vestnik UGATU*, vol. 14, no. 1 (62), pp. 95-105, 2014.]

7. **Гузаиров М. Б., Агадуллина А. И.** Информационное и методическое обеспечение системы поддержки принятия решений при управлении экологической безопасностью промышленного предприятия // Информационные технологии и системы: матер. 3-й междунар. конф. (Банное, 26 февр. – 2 марта 2014). Челябинск: ЧГУ, 2014. С. 131–134. [М. В. Guzaïrov and А. I. Agadullina, "Information and methodological support of the decision support system for managing the environmental safety of an industrial enterprise," in *Proc. 3rd Workshop on Information Technologies and Systems (ITIS' 2014)*, 2014, pp. 131-134.]

8. **Гузаиров М. Б., Сметанина О. Н., Агадуллина А. И.** О вопросах поддержки принятия решений в системе экологического менеджмента предприятия // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений: тр. 2-й Междунар. конф. (Уфа, 18–21 мая). Уфа: УГАТУ, 2014. Т. 1, С. 175–179. [М. В. Guzaïrov, О. N. Smetanina, and А. I. Agadullina, "On issues of decision support in the enterprise environmental management system," in *Proc. 2nd Workshop on Information Technologies for Intellectual Decision Support (ITIDS' 2014)*, 2014, vol. 1, pp. 175-179.]

9. **Карманов В. В., Арзамасова Г. С., Карманова С. В.** Система экологического менеджмента : учеб. пособие. Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. 191 с. [V. V. Karmanov, G. S. Arzamasova, *Environmental Management System*, (in Russian). Perm: Perm national research polytechnic university, 2012.]

10. **Дайман С. Ю.** Система экологического менеджмента для практиков. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2004. 248 с. [S. Yu. Daiman, *Environmental Management System for practitioners*, (in Russian). Moscow: Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 2004.]

11. **Управление рисками при обращении с нефтезагрязненными отходами / В. В. Карманов [и др.] // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2010. № 6. С. 201–203. [V. V. Karmanov et al., "Risk management in the treatment of oil-contaminated waste," (in Russian), in *Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse*, no. 6, pp. 201-203, 2010.]**

12. **Пахомова Н. В., Эндрес А., Рихтер К.** Экологический менеджмент. СПб.: Питер, 2003. 544 с. [N. V. Pakhomova, A. Andrews, K. Richter, *Environmental management*, (in Russian). SPb.: Peter, 2003.]

13. **Хаустов А. П., Редина М. М.** Экологический мониторинг. Москва : Юрайт, 2019. 543 с. [А. P. Haustov, М. M. Redina, *Environmental monitoring*, (in Russian). Moscow: Yurait, 2019.]

14. **ГОСТ Р ИСО/МЭК 14001:2016.** Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению М.: Стандартинформ, 2018. [*Environmental manage-*

ment systems. Requirements with guidance for use, (in Russian), Federal standard R ISO 14001-2016, Moscow, Standartinform, 2018.]

15. **Трифонова Т. А., Селиванова Н. В., Ильина М. Е.** Экологический менеджмент. Учеб. пособие. Владимир : Владим. гос. ун-т, 2003. 291 с. [Т. А. Trifonova, N. V. Selivanova, М. Е., *Environmental Management*, (in Russian). Vladimir: Vladimir State University, 2003.]

16. **Чуйкова Л. Ю.** Экологический аудит // Астраханский вестник экологического образования. 2011. № 1 (17). С. 120–144. [L. Yu. Chuikova, "Environmental audit," (in Russian), in *Astrakhan Bulletin for Environmental Education*, no. 1 (17), pp. 120-144, 2011.]

17. **Буткова О. В.** Основы аудита и аудиторской деятельности: учебное пособие. Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2011. 175 с. [О. V. Butkova, *Basics of the audit and audit activity*, (in Russian). Zernograd: FGOU VPO AChGAA, 2011.]

18. **Конык О. А.** Экологический менеджмент и экологическое аудирование [Электронный ресурс]. URL: <http://lib.sfi.komi.com> (дата обращения: 01.07.2019). [О. А. Konyk, (2019, Jul. 01). *Environmental Management and Environmental Auditing* [Online], (in Russian). Available: <http://lib.sfi.komi.com>]

19. **Буляница А. Л., Курочкин В. Е., Кноп И. С.** Методы статистической обработки экологической информации: дискриминантный, корреляционный и регрессионный анализ: Учеб. пособие. СПб: СПбГУАП, 2005. 48 с. [А. L. Bulyanitsa, V. E. Kurochkin, I. S. Kноп, *Methods of statistical processing of environmental information: discriminant, correlation and regression analysis*, (in Russian). SPb: SPbGUAP, 2005.]

20. **Низамутдинов М. М., Орешников В. В.** Система поддержки принятия решений на базе модели функционирования акторов региональной экономической системы // Системная инженерия и информационные технологии. 2019. Т. 1, № 1. С. 67–74. [М. М. Nizamutdinov, and V. V. Ore-shnikov, "Support system for decision-making on the basis of the model of functioning the actors of the regional economic system," (in Russian), in *Sistemnaya inzheneriya i informatsionnyye tekhnologii*, vol. 1, no. 1, pp. 67-74, 2019.]

21. **Kahraman C., Uçal Sari I.** Intelligence Systems in Environmental Management: Theory and Applications. Intelligent Systems Reference Library 113. Springer, 2017. 488 p. [C. Kahraman, I. Uçal Sari, *Intelligence Systems in Environmental Management: Theory and Applications*. *Intelligent Systems Reference Library 113*. Springer, 2017.]

22. **Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды / В. А. Геловани [и др.]. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 304 с. [V. A. Gelovani, et al., *Intelligent decision support systems in emergency situations using information on the state of the environment*, (in Russian). Moscow: Editorial URSS, 2001.]**

23. **Матвеев А. В., Котов В. П., Мушкудиани М. И.** Применение информационных технологий в управлении средой обитания: Учеб. пособие. СПб: ГУАП, 2005. 96 с. [А. V. Matveev, V. P. Kotov, М. I. Mushkudiani, *Application of information technology in the management of habitat*, (in Russian). SPb: GUAP, 2005.]

24. **Али Мансур Номан Мархуб.** Экспертная система поддержки принятия решений в интеллектуальной системе экологического мониторинга атмосферного воздуха промышленного региона: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Москва, 2011. [Ali Mansur Noman Marhub, Expert decision

support system in the intelligent system of environmental monitoring of atmospheric air in an industrial region, (in Russian), thesis abstract for the degree of candidate of technical sciences, Moscow, 2011.]

25. Шкундина Р. А. Интеллектуальная система поддержки принятия решений на основе онтологии в сложных биосистемах // Прикладная информатика. 2006. №5. С. 98–103. [R. A. Shkundina, "Intelligent ontology-based decision support system in complex biosystems," (in Russian), in *Applied Informatics*, no. 5, pp. 98-103, 2006.]

ОБ АВТОРАХ

СМЕТАНИНА Ольга Николаевна, проф. каф. Вычислительной математики и кибернетики. Дипл. инженер (Уфимский авиационный институт, 1985). Д-р техн. наук по упр. в социальных и экономических системах (УГАТУ, 2012). Иссл. в обл. информационной поддержки принятия решений в сложных системах.

АГАДУЛЛИНА Айгуль Ильдаровна, доц. каф. выч. мат. и кибернет. Дипл. экон.-матем. (УГАТУ, 2009). Канд. техн. наук по сист. анализу и управлению (УГАТУ, 2014). Иссл. в обл. поддержки принятия решений в социально-экономических системах.

METADATA

Title: Intelligent decision making support system for environmental audit at the enterprise

Authors: O. N. Smetanina¹, A. I. Agadullina²

Affiliation:

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹smoljushka@mail.ru, ²aygul.agadullina@gmail.com.

Language: Russian.

Source: SIIT (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 2, pp. 87-96, 2019. ISSN 2686-7044(Online), ISSN 2658-5014(Print).

Abstract: The article discusses the informational aspects of the environmental audit methodology as an element of environmental management system (EMS). The characteristic of the data that underlies the organization of information support during the environmental audit is given. The problem of data interpretation and analysis is indicated. The necessity of developing a decision support system is substantiated, in the construction of which it is proposed to use an ontological knowledge base, a use case base, a fuzzy rule base. The structural and functional diagram of an intelligent decision support system is presented.

Key words: environmental management system; environmental audit; decision support system; ontological knowledge bases; cases.

About authors:

СМЕТАНИНА, Ольга Николаевна, Prof., Dept. of Computational Mathematics and Cybernetics. Dipl. Engineer (Ufa Aviation Institute, 1985). Dr. of Tech. Sci. (UGATU, 2012).

АГАДУЛЛИНА, Айгуль Ильдаровна, Associate Prof., Dept. of Computational Mathematics and Cybernetics Dipl. Economist Mathematician (UGATU, 2009). Cand. of Tech. Sci. (UGATU, 2014).