

УДК 332.142.6; 504.064  
JEL F64, L86

## **ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**Гуман О.М.**,  
д.геол-мин.н., проф., ФГБОУ ВО «УГГУ»,  
Екатеринбург

**Макаров А.Б.**,  
д.геол-мин.н., проф., ФГБОУ ВО «УГГУ»,  
Екатеринбург

**Антонова И. А.**,  
к.геол-мин.н., доцент ФГБОУ ВО «УГГУ»,  
Екатеринбург

**Вегнер-Козлова Е. О.**  
к.э.н., доц., Институт экономики УрО РАН,  
УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,  
Екатеринбург

*Аннотация. Основной задачей работы является анализ проблем и перспектив технологий IoT в процессе мониторинга окружающей среды. В работе проанализированы системы мониторинга, предназначенные для определения состояния окружающей среды на разных этапах инвестиционно-строительного проекта.*

*Ключевые слова: Экологический мониторинг, интернет вещей, экологические информационные системы*

## **PROBLEMS AND PROSPECTS OF DIGITALIZATION IN THE SYSTEM OF ENVIRONMENTAL MONITORING**

**O.M. Gyman**  
Doctor geo.-min. sci., Professor, FSBEI HE "USMU",  
Ekaterinburg, Russia

**A.B. Makarov**  
Doctor geo.-min. sci., Professor, FSBEI HE "USMU",  
Ekaterinburg, Russia

**I.A. Antonova**  
Doctor geo.-min. sci., Professor, FSBEI HE "USMU",  
Ekaterinburg, Russia

**E.O. Vegner-Kozlova**  
Cand. sci. (Economic), docent,  
Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
UrFU named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,

*Annotation. The main objective of the work is to analyze the problems and prospects of IoT technologies in the process of environmental monitoring. The paper analyzes monitoring systems designed to determine the state of the environment at different stages of an investment construction project.*

*Keywords: environmental monitoring, internet of things, environmental information systems*

В настоящее время в мировых и российских научных кругах активно обсуждается переход к экономической системе, учитывающей общественные ценности и обеспечивающей сохранение окружающей среды. С целью осуществления этого перехода активно развиваются концепции, интегрирующие широкий спектр междисциплинарной теории и практики в единую структуру. В этой связи особую значимость приобретает мониторинг состояния окружающей среды, осуществляемый с применением современных информационных технологий, в том числе систем «Интернета вещей» (Internet of Things, IoT), позволяющий осуществлять сбор и анализ данных об окружающей среде и предотвращать экологические инциденты и катастрофы, что наиболее актуально сегодня для промышленных регионов.

На сегодняшний день все промышленные объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду, подразделяются на четыре категории:

– объекты, оказывающие значительное негативное воздействие на окружающую среду и относящиеся к областям применения наилучших доступных технологий, - объекты I категории;

– объекты, оказывающие умеренное негативное воздействие на окружающую среду, - объекты II категории;

– объекты, оказывающие незначительное негативное воздействие на окружающую среду, - объекты III категории;

– объекты, оказывающие минимальное негативное воздействие на окружающую среду, - объекты IV категории.

Критерии отнесения объектов устанавливаются Правительством России, присвоение объекту, оказывающему негативное воздействие на окружающую среду, соответствующей категории осуществляется при его постановке на государственный учет объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. [1]. Мониторинг за компонентами окружающей среды выполняется на объектах всех перечисленных категорий.

Жизненный цикл промышленных объектов имеет определенные этапы, которые сопровождаются работами экологической направленности (табл.1) [2]:

Таблица 1

### Жизненный цикл промышленных объектов

Этапы инвестиционно-строительного проекта	Преинвестиционная фаза			Инвестиционная фаза			Эксплуатационная фаза		
	Формирование инвестиционного замысла	Разработка декларации о намерениях	Разработка обоснования инвестиций в строительство	Разработка проектной документации	Разработка рабочей документации	Строительно-монтажные работы	Эксплуатация объекта	Реконструкция объекта	Ликвидация объекта
Этапы экологического сопровождения	Определение граничных условий природопользования		ОВОС, ООС		Экологический мониторинг окружающей среды				

Информационное обеспечение	Федеральные и территориальные целевые программы, фондовые материалы, справки.	Инженерно-экологические изыскания	Оперативная информация о состоянии окружающей среды
----------------------------	---	-----------------------------------	---

Отчет по инженерно-экологическим изысканиям, начиная с этапа выбора площадки нового строительства или варианта трассы, должен включать предложения к программе экологического мониторинга исходя из ожидаемых воздействий на компоненты окружающей среды и предполагаемых масштабах этих воздействий [3].

Цель экологического мониторинга – установление тенденций развития и изменения компонентов окружающей среды (атмосферы, почв, грунтов, поверхностных и подземных вод) с учетом их экологических последствий для человека и других организмов в пределах проектируемых (или действующих) объектов и прилегающих территорий и, на основе этого, - разработка рекомендаций и управляющих решений по оптимизации функционирования объекта, обеспечению экологически благоприятных условий его существования и устойчивого развития [4].

Применение цифровых технологий начинается уже с этапа инженерно-экологических изысканий.

Стадии мониторинга окружающей среды на этапе инженерно-экологических изысканий:

1. Проведение предварительного обследования с целью установления основных компонентов природной среды, нуждающихся в мониторинге, определение системы наблюдаемых показателей, измерение фоновых значений.

2. Создание постоянно действующей системы экологического мониторинга, ее оборудование и функциональное обеспечение.

3. Проведение стационарных наблюдений с целью определения тенденций изменения показателей состояния среды.

4. Отслеживание и моделирование экологической ситуации, составление краткосрочных и долгосрочных прогнозов и выдача рекомендаций.

На каждом этапе мониторинга используют цифровые технологии, начиная с цифровых карт и GPS- привязки точек контроля, заканчивая проверкой прогностических моделей. Опыт составления проектов мониторинга окружающей среды для промышленных объектов, включая объекты размещения промышленных отходов, позволил выделить ряд проблем при ведении экологического мониторинга на локальном (или объектном) уровне [5]:

- 1) проблема программно-целевого подхода;
- 2) проблема оптимального состава мониторинга;
- 3) комплексность мониторинга;
- 4) периодичность стационарных наблюдений;
- 5) проблема определения «фоновых» состояний компонентов природной среды в техногенно-измененных условиях;

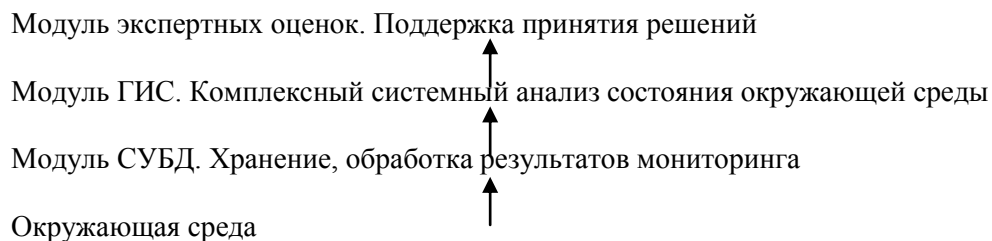
- 6) проблема выбора мест расположения пунктов контроля;

- 7) проблема методического обеспечения мониторинга;

- 8) проблема обработки данных экологического мониторинга на всех этапах отработки: от первичных (фоновых) наблюдений до ликвидации предприятий: обработка должна проводиться по единой информационной технологии, широко использующей аппарат геоинформационных систем (ГИС), а также интерактивные технологии в единой вычислительной среде; проблема прогнозирования: система мониторинга должна выполнять функции контроля текущего состояния компонентов окружающей среды при функционировании предприятий, а также осуществлять

ретроспективный анализ и прогнозирование на основе математического моделирования.

По мере перехода от первичных результатов мониторинга окружающей среды к знаниям о состоянии окружающей среды меняются методы работы с информацией. Соответственно в экологической информационной системе (ЭИС) можно выделить три уровня, отличающиеся по методам работы с экологической информацией [6]:



*Рисунок 1 – Экологическая информационная система*

На нижнем уровне ЭИС для хранения, защиты исходных данных о состоянии окружающей среды и их первичной статистической обработки (методы базовой статистики) применяются стандартные (либо специализированные) системы управления базами данных (СУБД). Примерами стандартных СУБД могут служить персональные СУБД – MS Access, MS FoxPro (технология «файл-сервер»); либо промышленные СУБД – MS SQL-server, Oracle (технология «клиент-сервер»). Специализированные СУБД, как правило, создаются либо путем настройки существующей стандартной СУБД, либо путем создания собственного программного приложения, обеспечивающего решение узконаправленных прикладных задач и максимально дружественного для конечного пользователя. В том и в другом случае потребуется создание разветвленной структуры реляционной базы данных.

На среднем уровне ЭИС для анализа информации о состоянии окружающей среды используются геоинформационные системы (ГИС). Примерами ГИС могут служить такие наиболее распространенные программные продукты как GS Surfer, ArcView, MapInfo, AutoCad и прочие. Для углубленной статистической обработки информации могут быть привлечены внешние программные продукты – MS Graph, MS Excel, MathCAD, Statistica и т.п. Подобные системы, обеспечивая комплексную обработку, анализ и визуализацию пространственно-распределенной информации, позволяют систематизировать вывод картографической экоинформационной основы для управления природными ресурсами, реализуя опыт, накопленный специалистами в этой области.

В настоящее время моделирование используется при решении, в первую очередь, гидрогеологических задач при оценке водопритоков в горные выработки и геомиграционного моделирования для установления характера и масштабов загрязнения территории. Создание трехмерных моделей геофильтрации, геомиграционное моделирование, численное моделирование процессов фильтрации и миграции смешиваемых жидкостей производится при помощи разнообразных программных продуктов, в частности MODFLOW, Mt3DMS, AquaChem, PHREEQC, HydroGeo, SEAWAT-2000, DENSFLOW и др. [7-9].

За последние пять лет появилось много нормативных документов, в которых имеются требования к контролю качества окружающей среды и ведению мониторинга на производственных объектах (преимущественно на эксплуатационной фазе). На объектах первой категории предложено все наблюдения выполнять с помощью системы автоматического контроля выбросов и (или) сбросов загрязняющих веществ.

При эксплуатации объектов, пожалуй, это первый этап цифровизации в системе мониторинга. Автоматические средства измерений и учета должны обеспечивать:

- измерение и передачу информации в технические средства фиксации и передачи информации в Гос. реестр объектов НВОС, о показателях ЗВ, усредненной за период 20 или 30 минут;
- учет измеренных показателей выбросов (сбросов) ЗВ с сохранением результатов в течение 1 года;
- достоверность и надежность измерений, предотвращение искажения результатов и учета показателей;
- работоспособность и целостность данных при сбоях в системе энергоснабжения, возникновении нештатных ситуаций, аварий, сбоев в технологическом процессе и т.п.

Средства измерений и измерительные каналы должны быть сертифицированы как средства измерений и иметь сертификаты измерительных каналов. [10].

Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования, очень широк, и включает для атмосферного воздуха - 254, воды – 249, почвы- 63 наименований. [11]. Разработан перечень маркерных веществ по отраслям.

На объектах I, II и III категорий разрабатывается программа экологического контроля (ПЭК), на объектах размещения отходов программа экологического мониторинга (ПЭМ ОРО) с целью обеспечения экологической безопасности, получения достоверной информации о состоянии ОС, с целью обеспечения исполнения требований законодательства и нормативов в области охраны ОС; в зависимости от вида деятельности и особенностей объекта, обеспечение комплекса мероприятий по ООС в ходе производственной, хозяйственной и иной деятельности. Программа разрабатывается по каждому объекту с учетом его категории, применяемых технологий и особенностей производственного процесса, а также оказываемого НВОС. [12]. Однако исходные свойства природной среды не обозначены в данных документах, что нередко порождает конфликтные ситуации. Кроме того, возникает различие целевых установок на этапе проектирования и эксплуатации объектов.

Наиболее острыми на сегодняшний день проблемами цифровизации в системе мониторинга окружающей среды являются:

- 1) разный уровень подготовки специалистов при выполнении изысканий и эксплуатации объектов;
- 2) выполнение наблюдений в ходе мониторинга различными организациями;
- 3) неувязка компьютерных программ;
- 4) дороговизна компьютерных программ, особенно по моделированию ситуаций;
- 5) разные методы ведения режимных наблюдений,
- 6) разные методы выполнения лабораторных исследований;
- 7) отличие программ при обработке данных и другие.

Однако, несмотря на существующие проблемы, технологи, реализующие концепцию «IoT» могут найти широкое применение в области экологического мониторинга. Рассмотренные в работе экологические информационные системы повышают интенсивность, точность и достоверность сбора данных и позволяют в перспективе создавать аналитические сервисы для широкого круга заинтересованных лиц (населения, научных кругов, бизнес-сообщества, государственных, региональных и местных органов власти).

#### **Список источников**

1. Закон об охране окружающей среды от 10.01.2002 № 7

2. Рекомендации по экологическому сопровождению инвестиционно-строительных объектов/ Госстрой России, ГП «ЦЕНТРИНВЕСТпроект», 1998, М.- С.3.
3. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96, М., 2013.
4. Гуман О. М. Особенности локального экологического мониторинга окружающей среды объектов горно-промышленного производства на примере Среднего Урала / Гуман О. М., Захаров А. В., Макаров А. Б. // Известия ВУЗов. Горный журнал. – 2007. № 2. – С. 56-59
5. Грязнов О. Н. Проблемы локального экологического мониторинга окружающей природной среды / Грязнов О. Н., Гуман О. М., Долинина И. А. // Экологическая безопасность Урала. Материалы научно-технической конференции. – Екатеринбург, 2002. – С. 152
6. Захаров А. В. Техногенез окружающей среды и мониторинг Асбестовского промышленного узла (Средний Урал). Автореф. дисс. к. геол-минерал. наук. Екатеринбург, 2008.
7. Букаты М. Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач. // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. — 2002. — Т. 305, вып. 6 : Геология, поиски и разведка полезных ископаемых Сибири. — С. 348-365.
8. Злобина В. Л., Медовар Ю. А. Применение ГИС при оценке качества подземных вод. Моделирование при решении геоэкологических задач. Выпуск 11. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (23-24 марта 200 г.) - М.: ГЕОС, 2009. - С. 30-32.
9. Квачев В.Н., Квачева Е.В., Сергеев С.В. Методологические и технологические аспекты автоматизации процесса создания трехмерных моделей геофильтрации при решении геоэкологических задач. Моделирование при решении геоэкологических задач. Выпуск 11. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (23-24 марта 200 г.) - М.: ГЕОС, 2009. - С. 114-118.
10. ПП РФ № 263 от 13.03.2019 г. «О требованиях к автоматическим средствам измерения и учета показателей выбросов ЗВ, сбросов ЗВ, техническим средствам фиксации и передачи информации о показателях выбросов ЗВ, сбросов ЗВ в Государственный реестр объектов, НВОС»
11. РП РФ от 8 июля 2015 г. N 1316-р г. «Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области ООС».
12. Приказ МПР РФ от 28.02.2018 № 74 "Об утверждении требований к содержанию программы производственного экологического контроля (ПЭК), порядка и сроков представления отчета об организации и о результатах осуществления производственно-экологического контроля"