

Научная статья  
УДК 622.831  
doi:10.37614/2949-1215.2022.13.2.011

## АРХИТЕКТУРА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ УДАЛЕННОГО СБОРА РАЗНОРОДНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

**Анатолий Александрович Козырев<sup>1</sup>**, **Михаил Моисеевич Каган<sup>2</sup>**, **Игорь Георгиевич Панасенко<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Горный Институт Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты, Россия

<sup>1</sup>a.kozyrev@ksc.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8440-4971>

<sup>2</sup>m.kagan@ksc.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7748-3288>

<sup>3</sup>i.panasenko@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1234-4137>

### Аннотация

Рассмотрены особенности организации централизованного удаленного сбора разнородной геофизической информации с шахтных полей горнорудных предприятий. Определена предпочтительная архитектурная реализация системы сбора, проанализированы её существенные особенности, влияющие на надежность функционирования. Изложен и обобщён опыт практической реализации системы, построенной в рамках предложенной архитектуры. На основе опыта эксплуатации реализованной системы определены шаги по её дальнейшему развитию, направленные на повышение гибкости и надёжности работы.

### Ключевые слова:

геомониторинг, геофизика, горное дело, сбор данных, хранение данных, СУБД, интернет

### Для цитирования:

Козырев А. А., Каган М. М., Панасенко И. Г. Архитектура централизованной системы удаленного сбора разнородной геофизической информации // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2022. Т. 13, № 2. С. 116–123. doi:10.37614/2949-1215.2022.13.2.011

Original article

## ARCHITECTURE OF THE CENTRALIZED SYSTEM FOR REMOTE COLLECTION OF HETEROGENEOUS GEOPHYSICAL INFORMATION

**Anatoly A. Kozyrev<sup>1</sup>**, **Michail M. Kagan<sup>2</sup>**, **Igor G. Panasenکو<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Mining Institute of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

<sup>1</sup>a.kozyrev@ksc.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8440-4971>

<sup>2</sup>m.kagan@ksc.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7748-3288>

<sup>3</sup>i.panasenko@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1234-4137>

### Abstract

The article analyses the features of the organization of centralized remote collection of heterogeneous geophysical information from the mine fields of mining enterprises. The authors have determined preferred architectural implementation of the collection system and analyzed its essential features affecting the reliability of functioning. Practical implementation experience of the system built within the framework of the proposed architecture, has been stated and summarized. Based on the operating experience, steps have been identified for its further development aimed at increasing its flexibility and reliability.

### Keywords:

geomonitoring, geophysics, mining, data collection, data storage, DBMS, internet

### For citation:

Kozyrev A. A., Kagan M. M., Panasenکو I. G. Architecture of the centralized system for remote collection of heterogeneous geophysical information // Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Engineering Sciences. 2022. Vol. 13, No. 2. P. 116–123. doi:10.37614/2949-1215.2022.13.2.011

### Введение

Постоянное наблюдение за геофизическими параметрами состояния массива горных пород на горнорудных предприятиях (геомониторинг) позволяет строить всё более точные модели внутреннего устройства массива, выявлять закономерности его поведения и своевременно фиксировать возникновение опасных ситуаций.

## Постановка задачи

Основная задача рассматриваемой системы — максимально надёжный удалённый сбор разнородной геофизической информации.

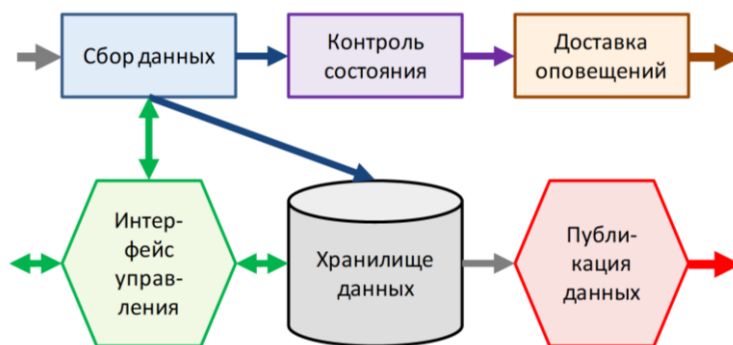
Система включает в себя центр сбора, сохранения и обработки данных и некоторое, достаточно большое число точек наблюдения в шахтных полях рудников, на которых размещена измерительная аппаратура [1].

Существенным фактором, определяющим реализацию системы геомониторинга, является территориальная удалённость точек наблюдения от центра сбора и обработки данных [2–4]. Наименее затратный способ организации дальней связи — использование сети Интернет и протокола TCP/IP. На сегодняшний день наиболее оптимальным вариантом подключения удалённых точек к интернету представляется сотовая связь в силу распространённости услуги, а также минимального объёма организационных и технических затрат. В подземных выработках, где мобильная связь недоступна, для вывода сигналов на поверхность надо использовать проводные линии связи, а на поверхности — подключение к мобильному интернету. Однако такой выбор имеет и свои отрицательные стороны: ограниченную (иногда довольно существенно) полосу пропускания канала передачи данных и заведомо несто процентную надёжность.

## Общие характеристики. Методы и описание

Архитектура системы базируется на объекте регистратор, который представляет собой интеллектуальное устройство, осуществляющее оцифровку аналоговых данных, поступающих с геофизических датчиков, и передачу их через IP-сеть службе сбора данных.

Система функционирует в виде службы на сервере центра сбора, сохранения и обработки данных. Служба представляет собой постоянно работающее приложение и состоит из следующих подсистем: собственно службы сбора данных, монитора состояния аппаратных компонентов, транспорта доставки оповещений, интерфейса публикации данных, пользовательского интерфейса настройки и управления (рис. 1).



**Рис. 1.** Состав и внутренние связи системы. Хранилище данных поддерживается сторонней службой системы управления базами данных

Конфигурационные таблицы, хранилище собранных данных, служба сбора и публикации данных функционируют на сервере центра сбора, сохранения и обработки данных. Сбор геофизических данных ведётся в реальном времени путём регулярного обращения к регистраторам через специализированные драйверы.

В силу разнородности получаемых геофизических данных и специфических особенностей используемых регистраторов, представляется целесообразным выполнять драйверы регистраторов в виде программных объектов, самостоятельно выполняющих большую часть необходимых действий по реализации обмена: инициализацию на основе считывания информации из конфигурационных таблиц, хранящихся на сервере центра сбора; обмен данными с регистратором; сохранение в базах данных результатов запросов на обращение к регистраторам и полученных данных.

Кроме того, драйвер посылает монитору состояния компонентов специальное сообщение, идентифицирующее текущее состояние регистратора.

В рамках такого подхода расширение функциональности системы путём расширения списка поддерживаемого оборудования сводится к составлению формализованного описания типа устройства и написанию драйвера связи (обработчика протокола работы) с устройством.

Система работает с большим количеством взаимно независимых устройств, поэтому необходимо обеспечить возможность одновременной параллельной работы с несколькими устройствами. Также следует предусмотреть синхронизацию с выстраиванием в очередь в тех случаях, когда одновременная работа нежелательна, то есть когда устройства будут мешать друг другу.

Конфигурирование системы и управление ею осуществляются через интерфейс (веб-интерфейс) системы. Сторонние утилиты используются только для начальной настройки аппаратных компонентов: IP-порта в IP-сети, скорости / битности / чётности обмена по последовательному интерфейсу, идентификатора на приборной шине и тому подобного. После настройки и установки оборудования в систему все взаимные увязки программного уровня, задание проблемно ориентированных настроек и управление работой (запуск / остановка / пауза) компонентов выполняются настройщиком через интерфейс. Для этого программный код системы должен содержать достаточно подробные описания поддерживаемых типов устройств, а также алгоритм проверки корректности настроек с учётом совместимости всех компонентов системы.

## Результаты

В Горном институте Кольского научного центра Российской академии наук с 2012 г. функционирует система удалённого сбора геофизической информации, поступающей с подземного полигона, размещённого в подземном руднике АО «Апатит» (рис. 2) [5].

В настоящей реализации решена частная задача: длительная непрерывная регистрация значений медленно изменяющихся физических величин с периодом измерений, составляющим единицы — десятки минут. К таким параметрам относятся: наклоны блоков массива горных пород, деформации и смещения блоков, температура воздуха и породы.

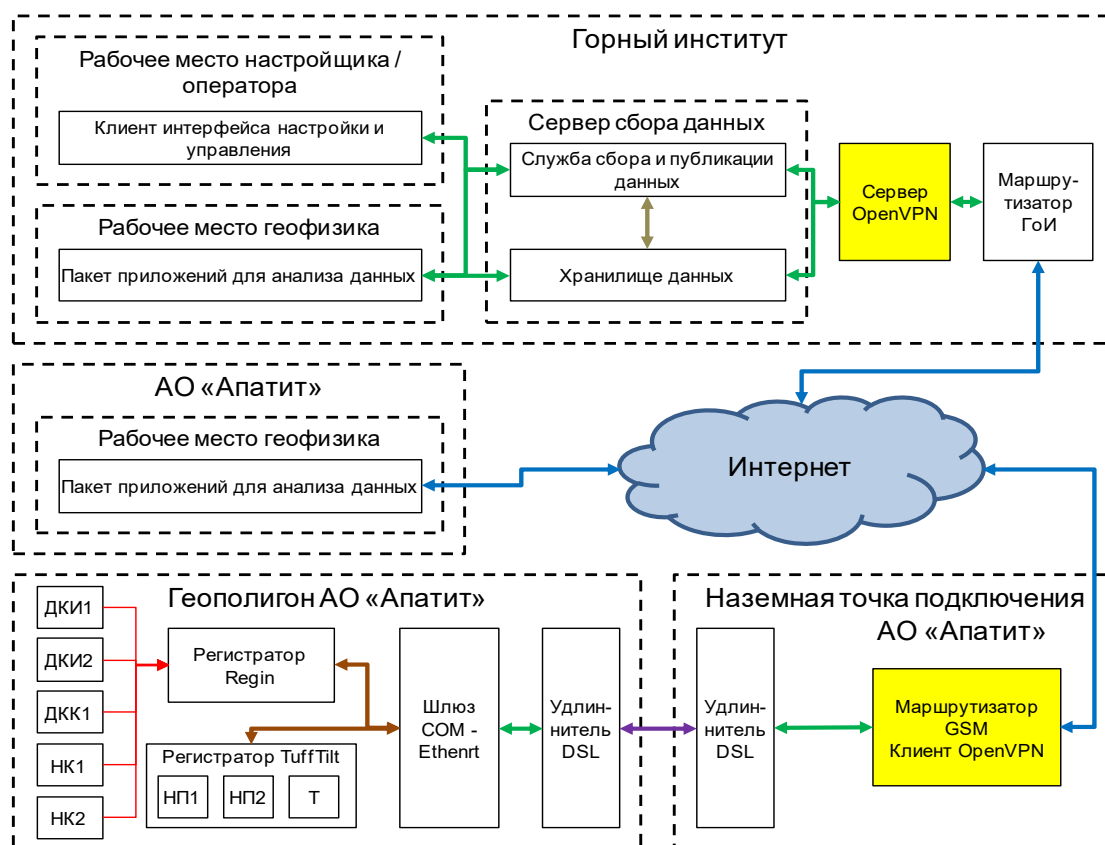
В системе используются регистраторы двух типов.

1. Шестиканальный регистратор с частотными входами Regin-3F-6k (разработка Института физики Земли Российской академии наук) [6]. К нему подключаются специально разработанные датчики наклона и деформации [7, 8]. Важная особенность данного регистратора состоит в способности буферизовать в собственной внутренней памяти регистрируемые данные, что позволяет обеспечивать надёжный сбор данных даже при длительных перерывах связи между регистратором и центром сбора.

2. Регистратор-наклономер TuffTilt (разработка фирмы Jewell Instruments). Он представляет собой комбинированное устройство — трёхканальный регистратор и три датчика (два накломера и термометр), жёстко подключённые ко входам каналов регистратора. В отличие от регистратора Regin, TuffTilt передает текущие значения данных без буферизации, поэтому при перерывах связи между регистратором и центром сбора съём данных невозможен и информация теряется. При нерегулярном поступлении данных особую важность получает привязка отсчётов к календарному времени их получения.

Оба типа регистраторов используют в качестве цифрового канала обмен через последовательный интерфейс, поэтому для их подключения к IP-сети используется дополнительное устройство — шлюз сопряжения последовательного порта с Ethernet.

Работа службы сбора данных и управления работой регистраторов построена с использованием системного механизма многопоточности, что позволяет штатными средствами организовать параллельное, независимое обслуживание нескольких устройств. Специальный дежурный поток отслеживает наступление двух событий: наступление момента планового опроса регистратора и поступление от оператора команды управления работой регистратора. При наступлении события запускается отдельный поток обслуживания, запускающий соответствующий драйвер.



**Рис. 2.** Функциональная схема управления и передачи данных геодинамического полигона:  
ДКИ1, ДКИ2 — деформометры с инваровыми стержнями; ДКК1 — деформометр с кварцевым стержнем;  
НК1, НК2 — кварцевые наклонометры; НП1, НП2 — пузырьковые наклонометры; Т — термометр.  
Цвета обозначены:  
красный — аналоговые сигналы внешних датчиков; коричневый — передача данных по последовательному интерфейсу; зелёный — TCP/IP в локальной сети (Ethernet); лиловый — TCP/IP по дальней проводной связи (DSL); синий — TCP/IP по сети Интернет; светло-коричневый — внутренняя связь со средствами операционной системы; жёлтый — оборудование и программное обеспечение, организующее защищённый канал передачи данных (виртуальную частную сеть, VPN)

Монитор состояния компонентов получает от драйверов регистраторов сообщения о текущем состоянии устройств, на их основании определяет, является ли состояние штатным или нет, анализирует смену состояний и принимает решение об отправке оповещения.

Доставку оповещений выполняет отдельная подсистема — транспорт доставки.

Интерфейс публикации данных построен на базе веб-технологий — транспортного протокола HTTP и формата данных XML [9, 10]. Служба сервера получает от клиента запрос в формате XML, выбирает из него параметры, выбирает запрошенные данные из базы данных, упаковывает в формат XML и отправляет клиенту [11, 12].

Пользовательский интерфейс настройки и управления также построен на базе веб-технологий. Клиентом в данном случае является веб-браузер, отображающий сформированные веб-сервером страницы, насыщенные сценариями JavaScript, использующими технологию Dynamic HTML [13, 14]. Обмен специфическими данными (параметрами конфигурации, командами управления и сведениями о состоянии регистратора) выполняется через интерфейс публикации данных.

Все компоненты службы реализованы в виде расширений web-сервера acWEB на языке программирования Forth.

Система жизнеспособна и поставленные на момент её создания задачи выполняет. Однако опыт эксплуатации показывает пути дальнейшего развития.

## Предложения по дальнейшему развитию системы

**Сбор данных.** Первичным (и самым объёмным) результатом работы такой системы являются временные ряды в виде набора значений физических величин, привязанных к календарным моментам времени и поступающих из точек наблюдения с известными координатами.

В текущей реализации предполагается, что каждый регистратор имеет уникальное сетевое расположение — пару IP-адрес и TCP-порт. Между тем значительная часть известных авторам регистраторов не имеет возможности непосредственного подключения к IP-сети, а оснащена подключением к приборной шине — последовательному интерфейсу. Связь приборной шины с IP-сетью осуществляется шлюзом сопряжения с Ethernet. Таким образом драйвер регистратора взаимодействует с составным «парным» устройством. Пока к каждому шлюзу подключено по одному регистратору, проблем не возникает. Но современные приборные шины позволяют подключать к одному шлюзу до нескольких сотен устройств. В то же время у шлюза имеется ограничение на число одновременных подключений. Из этого следует, что попытка одновременного обслуживания нескольких подключённых к шлюзу регистраторов в количестве, превышающем предел, для части регистраторов приведёт к отказу в обслуживании.

Для исключения такой ситуации предполагается ввести шлюз как отдельный объект со своим драйвером. В потоке обслуживания драйвер шлюза будет главным агентом, управляющим работой с подключёнными к шлюзу регистраторами. Возможность параллельной независимой работы с несколькими шлюзами сохраняется, а обслуживание регистраторов в рамках одного шлюза выполняется последовательно.

Учитывая ненадёжность связи с удалёнными точками наблюдения, в дальнейшем систему предполагается оснащать, насколько возможно, регистраторами с возможностью буферизации, чтобы максимально исключить пробелы в собираемых данных.

**Объекты управления.** В текущей реализации не предусмотрено управление чем-либо, помимо регистраторов. Между тем опыт эксплуатации геодинимического полигона показал необходимость оснащения точек наблюдения дополнительной аппаратурой, позволяющей удаленно контролировать состояние и управлять регистраторами. В частности, регистраторы по различным причинам могут терять связь с внешним миром, в такой ситуации их перезапуск возможен только «холодным» способом — выключением и последующим включением питания. Поэтому предполагается введение таких сущностей, как устройства удалённого вывода (контроллеров и аналоговых устройств управления).

**Контроль состояния компонентов.** В текущей реализации единственным контролируемым компонентом является регистратор: на его счёт относится любая выявленная в процессе работы нештатная ситуация, включая проблемы со связью, программные ошибки и некорректную работу системы управления базами данных. Между тем нештатные ситуации, порождённые различными причинами, следует обрабатывать различным образом. Поэтому предполагается разграничить шлюз и регистратор, а также явно ввести контроль состояния вычислительной среды и инфраструктуры.

**Подсистема оповещений** в текущей реализации сильно ограничена: 1) оповещения отправляются только по электронной почте; 2) оповещения рассылаются по одному фиксированному списку; 3) в случае неудачи повторные попытки доставки оповещения не выполняются.

Предлагается добавить поддержку других каналов оповещения (SMS, информационное табло, звуковой сигнал, сообщение по локальной сети средствами операционной системы и т. д.), реализовать систему множественных списков рассылки в зависимости от компонента / объекта, к которому относится оповещение, а также реализовать повторные попытки доставки оповещения в случае неудачи.

Такое расширение функциональности влечёт за собой разделение одной подсистемы на несколько — генератор оповещений и транспорты доставки по числу поддерживаемых способов.

**Плановый опрос, выполнение команд оператора и межподсистемное взаимодействие.** В текущей реализации обслуживание регистраторов выполнено предельно просто. Работают два программных цикла, запрашивающих сведения из базы данных: первый раз в минуту проверяет наличие регистраторов, подлежащих опросу, второй раз в пять секунд проверяет наличие команд оператора для регистраторов. Пятисекундное запаздывание реакции на команду оператора проблем не создаёт, но большое число холостых циклов приводит к непроизводительному расходу вычислительных ресурсов. Кроме того, с увеличением числа подсистем связи между ними усложняются.

Решением обеих проблем представляется введение ещё одной подсистемы — планировщика. Его задачи: 1) ведение очереди заданий — на опрос регистратора или команду оператора, вызов монитора состояния, генерацию и последующую доставку оповещения; 2) выборка из очереди готовых к выполнению заданий; 3) определение целевых подсистем, подлежащих активации; 4) запуск потоков обслуживания подсистем с передачей необходимых параметров.

Контроль работы подсистем со стороны планировщика не предполагается, все подсистемы действуют как автономные программные агенты и контролируют себя сами.

**Программный контроль правильности настроек.** В текущей реализации программный контроль правильности настроек минимален и включает только проверку корректности задания сетевого расположения, цикла обслуживания и наличия хотя бы одного как-то настроенного канала регистратора. Необходим расширенный программный контроль корректности межкомпонентных связей: 1) совместимости датчиков с каналами регистратора; 2) совместимости регистраторов с приборными шинами шлюзов; 3) необходимо учесть существование комбинированных устройств, совмещающих в себе несколько ролей.

Это решается посредством механизма описаний (комбинированных устройств, шлюзов, регистраторов, датчиков).

## Заключение

Предлагаемая архитектура централизованной системы удалённого сбора разнородной геофизической информации с использованием для обмена данными между компонентами протокола ТСР/IP через интернет обеспечивает полнофункциональный сервис всего класса решаемых задач. В рамках этой архитектуры реализуются средства для обеспечения гарантированного трафика, достаточного для надёжной работы в реальном времени в плане обеспечения необходимого быстродействия и сохранности поступающих данных, за счёт их буферизации и привязки к реальному времени аппаратурой сбора (нижнего уровня).

Достижение максимально возможной надёжности и устойчивости сбора данных обеспечивается за счёт тщательного планирования процесса опроса аппаратуры сбора через шлюзы, обеспечивающие связь аппаратуры с интернетом, для предотвращения конфликтов и необоснованных задержек при опросе.

## Список источников

1. Пономарёв К. Е. Удалённый мониторинг параметров оборудования и сбора данных с датчиков в подземных объектах // Наука. Технологии. Инновации. Сборник научных трудов конференции в 9 ч. / под ред. М. А. Дыбко. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2015. С. 35–36.
2. Грунская Л. В., Золотов А. Н., Бушуев А. С., Сныгина И. А., Лукьянов В. Е. Универсальная система удалённого сбора данных для мониторинга характеристик природной среды // Динамика сложных систем — XXI век. 2018. Т. 12, № 4. С. 4–10.
3. Slobodan N. Simić, Shankar Sastry. Distributed Environmental Monitoring Using Random Sensor Networks // Information Processing in Sensor Networks, Conference Paper of Second International Workshop, IPSN 2003, Palo Alto, CA, USA, April 22–23, 2003, pp. 582–592. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-36978-3\\_39](https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-36978-3_39).
4. Ometov A., Bezzateev S., Voloshina N., Masek P. Environmental Monitoring with Distributed Mesh Networks: An Overview and Practical Implementation Perspective for Urban Scenario // Sensors. 2019. № 19 (24), 5548. 19 p. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/24/5548>. DOI: 10.3390/s19245548
5. Каган М. М., Панасенко И. Г. Система автоматизации геофизического мониторинга // Мониторинг природных и техногенных процессов при ведении горных работ: мат-лы всерос. конф. Апатиты; СПб.: ГоИ КНИЦ РАН, 2013. С. 214–221.
6. Багмет А. Л., Осика В. И. Инструментальный контроль стабильности ответственных зданий и сооружений // Надёжность. 2004. № 2 (21). С. 52–56.
7. Пат. СССР № SU 1176278 A1. Дифференциальный ёмкостный датчик малых перемещений / Осика В. И., Симонов Г. А., Осинская С. В. 30.08.1985.

8. Пат. Рос. Федерация № RU 2008699 C1. Способ регистрации линейных деформаций массива скальных пород / Ловчиков А. В., Осика В. И. 28.02.1994.
9. Малышевский А. П., Литвиненко А. Н., Пэк Е. В. Использование XML-технологий в разработке СУБД-приложений // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2004. № 51. С. 3–9.
10. Бородин В. Ю. Использование технологий XML при разработке автоматизированных систем // Прогрессивные технологии в мировом научном пространстве: сб. ст. по итогам междунар. науч.-практич. конф. (Ижевск, 13 апреля 2020 г.). Ижевск, 2020. С. 91–94.
11. Cuzzocrea A., Mumolo E., Tessarotto M., Grasso G. M., Amendola D. XML-VM: An XML-based GRID computing middleware // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018. Vol. 611. P. 349–360.
12. Gaurav Goyal, Kamal Deep Garg, Rupali Gill. A Key based Distributed Approach for Data Integrity and Consistency in JSON and XML(Hierarchical Data Exchange Formats) // Conference Paper of 2020 Indo-Taiwan 2nd International Conference on Computing, Analytics and Networks (Indo-Taiwan ICAN), 7–15 Feb 2020, 12 p. DOI: 10.1109/Indo-TaiwanICAN48429.2020.9181305
13. Федорин Е. А., Морозов А. В. О разработке динамических веб-сайтов с использованием технологий JavaScript и HTML // Школа молодых учёных по проблемам естественных наук: сб. мат.-лов областного профильного семинара (Елец, 12 октября 2018 г.). Елец, 2018. С. 134–137.
14. Nicholas R. Beyond jQuery, Apress, Berkeley, CA, 2016. P. 217.

## References

1. Ponomaryov K. E. Udalyonnyj monitoring parametrov oborudovaniya i sbora dannyh s datchikov v podzemnyh ob"ektah [Remote monitoring of equipment parameters and data collection from sensors placed in underground facilities]. *Nauka. Tekhnologii. Innovatsii. Sbornik nauchnykh trudov konferentsii v 9 ch.* [Science. Technologies. Innovations. Proceedings of the conference. 9 volumes]. Novosibirsk, Novosibirsk State Technical University, 2015, pp. 35–36. (In Russ.).
2. Grunskaja L. V., Zolotov A. N., Bushuev A. S., Snygina I. A., Lukyanov V. E. Universal'naya sistema udal'nogo sbora dannyh dlya monitoringa harakteristik prirodnoj sredy [Universal system of remote data collection for natural environment characteristics monitoring]. *Dinamika slozhnykh sistem — XXI vek* [Dynamics of Complex Systems — 21st Century], 2018, vol. 12, no. 4, pp. 4–10. (In Russ.).
3. Slobodan N. Simić, Shankar Sastry. Distributed Environmental Monitoring Using Random Sensor Networks. *Information Processing in Sensor Networks, Conference Paper of Second International Workshop, IPSN 2003*, Palo Alto, CA, USA, April 22–23, 2003, pp. 582–592. Available at: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-36978-3\\_39](https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-36978-3_39).
4. Ometov A., Bezzateev S., Voloshina N., Masek P. Environmental Monitoring with Distributed Mesh Networks: An Overview and Practical Implementation Perspective for Urban Scenario. *Sensors*, 2019, no. 19 (24), 5548, 19 p. Available at: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/24/5548>. DOI: 10.3390/s19245548
5. Kagan M. M., Panasenko I. G. Sistema avtomatizatsii geofizicheskogo monitoringa [Geophysical monitoring automation system]. *Monitoring prirodnykh i tekhnogennykh protsessov pri vedenii gornykh rabot: mat-ly mseros. konf.* [Monitoring of natural and man-made processes during mining operations. Proceedings of the All-Russian conference]. Apatity, Saint Petersburg, Gornyy institut Kolskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy Akademii nauk, 2013, pp. 214–221. (In Russ.).
6. Bagmet A. L., Osika V. I. Instrumental'nyj kontrol' stabil'nosti otvetstvennykh zdaniy i sooruzhenij [Instrumental control of critical buildings and structures stability]. *Nadyozhnost* [Reliability], 2004, no. 2 (21), pp. 52–56. (In Russ.).
7. USSR patent no. SU 1176278 A1. Differentsial'nyj yomkostnyj datchik malyh peremeshchenij [Differential capacitive small displacement sensor]. Osika V. I., Simonov G. A., Osinskaia S. V. 30.08.1985. (In Russ.).
8. Russian Federation patent no. RU 2008699 C1. Sposob registratsii linejnykh deformatsij massiva skal'nykh porod [Rock mass linear deformations recording method]. Lovchikov A. V., Osika V. I. 28.02.1994. (In Russ.).

9. Malyshevskiy A. P., Litvinenko A. N., Pek E. B. Ispol'zovanie XML-tekhnologij v razrabotke SUBD-prilozhenij [Usage of XML technologies in the DBMS applications development]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Estestvennyye nauki* [Proceedings of Higher Education Institutions. The North Caucasian District. Series: Natural Sciences], 2004, no. 51, pp. 3–9. (In Russ.).
10. Borodin V. Yu. Ispol'zovanie tekhnologij XML pri razrabotke avtomatizirovannykh sistem [Usage of XML technologies in the automated systems development]. *Progressivnye tekhnologii v mirovom nauchnom prostranstve: sb. st. po itogam mezhdunar. nauch.-praktich. konf. (Izhevsk, 13 Aprelya 2020 g.)* [Advanced Technologies in the Global Scientific Space. Proceedings of the scientific and practical conference]. Izhevsk, 2020, pp. 91–94. (In Russ.).
11. Cuzzocrea A., Mumolo E., Tessarotto M., Grasso G. M., Amendola D. XML-VM: An XML-based GRID computing middleware. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2018, vol. 611, pp. 349–360.
12. Gaurav Goyal, Kamal Deep Garg, Rupali Gill. A Key based Distributed Approach for Data Integrity and Consistency in JSON and XML (Hierarchical Data Exchange Formats). *Conference Paper of 2020 Indo-Taiwan 2nd International Conference on Computing, Analytics and Networks (Indo-Taiwan ICAN)*, 7–15 Feb 2020, 12 p. DOI: 10.1109/Indo-TaiwanICAN48429.2020.9181305
13. Fedorin E. A., Morozov A. V. O razrabotke dinamicheskikh veb-sajtov s ispol'zovaniem tekhnologij JavaScript i HTM [On developing dynamic websites using JavaScript and HTML technologies]. *Shkola molodykh uchyonykh po problemam estestvennykh nauk: sb. mat-lov oblastnogo profilnogo seminara (Elets, 12 octobrya 2018 g.)* [Conference of Young Scientists on Natural Sciences Issues. Proceedings of the regional relevant seminar]. Elets, 2018, pp. 134–137. (In Russ.).
14. Nicholas R. *Beyond jQuery*. Apress, Berkeley, CA, 2016, p. 217.

#### **Информация об авторах**

**А. А. Козырев** — доктор технических наук, главный научный сотрудник;

**М. М. Каган** — старший научный сотрудник;

**И. Г. Панасенко** — ведущий программист.

#### **Information about the authors**

**A. A. Kozyrev** — Dr. Eng., Chief Researcher;

**M. M. Kagan** — Senior Researcher;

**I. G. Panasenko** — Leading Software Engineer.

Статья поступила в редакцию 17.10.2022; одобрена после рецензирования 10.11.2022; принята к публикации 18.11.2022.  
The article was submitted 17.10.2022; approved after reviewing 10.11.2022; accepted for publication 18.11.2022.