

## **Система каталогизации и мониторинга территориально распределенных вычислительных узлов в среде WPS сервисов для решения геологических задач**

**В. С. Ерёмченко, В. В. Наумова**

*Государственный геологический музей им. В. И. Вернадского РАН  
Москва, Россия*

### *Аннотация*

Данная работа посвящена разработке подхода к каталогизации разнородных веб-сервисов территориально распределенных вычислительных узлов в вычислительно-аналитической геологической среде, а также принципов по созданию системы мониторинга веб-сервисов, присутствующих в каталоге. Для этого в статье рассматриваются используемые в мире подходы по организации каталогов веб-сервисов на основе SOAP (Simple Object Access Protocol) протокола, с использованием UDDI (Universal Description Discovery and Integration) реестров. На основе исследованного материала предлагается схема для описания разнородных веб-сервисов с возможностью дальнейшего создания каталога веб-сервисов, включающего функции поиска и получения метаданных о каждом сервисе в каталоге. Также в статье кратко описываются принципы, на основе которых функционирует вычислительно-аналитическая геологическая среда, в рамках которой разрабатывается система каталогизации и мониторинга, и приводится список территориально распределенных веб-сервисов по обработке разнородных данных, используемых в данной среде.

### *Ключевые слова*

вычислительно-аналитическая среда, веб-сервисы, каталог веб-сервисов, Web Processing Service, мониторинг сервисов

### *Благодарности*

Работы выполняются в рамках государственного задания ГТМ РАН по теме № 0140-2019-0005 «Разработка информационной среды интеграции данных естественнонаучных музеев и сервисов их обработки для наук о Земле».

### *Для цитирования*

Ерёмченко В. С., Наумова В. В. Система каталогизации и мониторинга территориально распределенных вычислительных узлов в среде WPS сервисов для решения геологических задач // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2019. Т. 17, № 2. С. 39–48. DOI 10.25205/1818-7900-2019-17-2-39-48

## **The System of Cataloguing and Monitoring of Geographically Distributed Computing Nodes in WPS Services Environment for Geological Problems Solving**

**V. S. Eremenko, V. V. Naumova**

*V. I. Vernadsky State Geological Museum of the Russian Academy of Sciences  
Moscow, Russian Federation*

### *Abstract*

The study describes an approach for heterogeneous web services cataloguing of geographically distributed computing nodes in the computational and analytical geological environment. The approach of creation of web services monitoring system is proposed. In this study the approach for web services catalogue organization based on SOAP (Simple Object Access Protocol) protocol, with use of UDDI (Universal Description Discovery and Integration) registries is reviewed. The scheme for heterogeneous web services description with an ability of further creation of catalogue is

proposed. The catalogue includes functions for searching and receiving of metainformation about every web service in it. The study also describes an approach for computational and analytical geological environment creation. A number of web services for heterogeneous data processing used in geological research is described. The approaches for organization of cataloguing and web services monitoring provide a higher level of reliability of computational and analytical geological environment. They provide an information about web service reliability within environment.

#### Keywords

computational analytical environment, web services, web services catalogue, Web Processing Services, service monitoring

#### Acknowledgements

The study is supported by the Government contract no. 0140-2019-0005 with SGM RAS "Development of an information environment for integrating data from natural science museums and their processing services for Earth sciences".

#### For citation

Eremenko V. S., Naumova V. V. The System of Cataloguing and Monitoring of Geographically Distributed Computing Nodes in WPS Services Environment for Geological Problems Solving. *Vestnik NSU. Series: Information Technologies*, 2019, vol. 17, no. 2, p. 39–48. (in Russ.) DOI 10.25205/1818-7900-2019-17-2-39-48

## Введение

С развитием информационных технологий всё больше программных продуктов, направленных на решение различных научных задач, предоставляются пользователям в виде облачных сервисов. При использовании данного подхода проблемы, связанные с обеспечением необходимых вычислительных мощностей, подготовкой специализированного программного окружения и поддержкой актуальности программного продукта, решаются на стороне сервиса. Существует ряд сервисов, предоставляющих возможность обработки и анализа научных данных в режиме онлайн. Такие сервисы расположены на территориально распределенных вычислительных узлах, которые разрабатываются в научных институтах, университетах и коммерческих компаниях, специализирующихся на обработке и анализе различных типов данных [1].

Построение вычислительно-аналитических систем по обработке данных, основанных на взаимодействии с пользователем через веб-интерфейс, активно ведется в различных предметных областях. Так, в области обработки спутниковых данных к подобным системам можно отнести проект NASA-Giovanni, систему Google Earth Engine, платформы ESA G-POD, а также системы See the Sea, Bega-Science и др., созданные в Институте космических технологий РАН на основе авторской технологии GEOSMIS [2]. В области обработки и анализа пространственных данных примером такой информационной системы является ArcGIS Online.

В настоящее время актуальной является разработка тематических вычислительно-аналитических сред, имеющих единые точки доступа к территориально распределенным вычислительно-аналитическим ресурсам, позволяющие в рамках единой системы решать различные задачи по обработке и анализу в заданной предметной области.

А. М. Федотовым, В. Б. Барахнинным и др. [3] предложена концепция распределенной информационно-аналитической среды для исследований экологических систем. В статье описывается модель виртуальной среды, определяются категории данных, объекты среды и приводится пример схемы среды с описанием используемых технологий.

Е. П. Гордовым, В. Н. Крупчатниковым и др. [4] представлен проект по созданию тематической виртуальной исследовательской среды для анализа, оценки и прогнозирования воздействия глобального изменения климата. Проект среды разрабатывается с целью обеспечения свободного доступа к различным ресурсам данных и службам обработки через веб-браузер.

В работе L. Candela и др. [5] приводится общий обзор существующих виртуальных исследовательских сред, выделяются общие и отличительные особенности различных подходов

к построению таких сред, разбираются проблемы, которые необходимо решать в данной области.

И. В. Бычковым, Г. М. Ружниковым и др. [6; 7] разработана и успешно функционирует среда сервисов обработки геоданных WPS. Эта среда поддерживает вызов сервисов обработки, построенных с использованием интерфейса OGC WPS (Web Processing Service). В среде реализована возможность построения цепочек обработки с использованием языка javascript для формирования сценария обработки.

Создание подобных сред подразумевает необходимость разработки методов и технологий каталогизации и мониторинга состояния сервисов.

Решение задачи каталогизации сервисов представлено в 2000 г. в виде стандарта для размещения веб-сервисов UDDI. Основная идея данного подхода – создание каталогов (реестров) веб-сервисов на основе языка описания веб-сервисов WSDL (Web Services Description Language), которые бы позволяли осуществлять быстрый поиск и получение информации о сервисах, а также интегрировать различные сервисы в сторонние системы. Однако стандарт UDDI не получил дальнейшего развития в силу ограничений, не учитывающих специфику сервисов в различных предметных областях.

Стандарт WSDL разработан для веб-сервисов на основе протокола SOAP (Simple Object Access Protocol), предназначенного для обмена XML (eXtensible Markup Language) сообщениями. Однако в настоящее время множество веб-сервисов по обработке и анализу научных данных используют другие технологии реализации интерфейсов, в частности интерфейсы на основе REST (Representational State Transfer) архитектуры.

В публикации И. В. Бычкова, Г. М. Ружникова и др. [6] предлагается подход к созданию каталога WPS-сервисов, обеспечивающего функции поиска сервисов и возможность предварительной верификации входных данных перед использованием сервиса. Каталог WPS-сервисов реализован в виде программного модуля для системы управления контентом, используемой в среде. Данный подход предлагает каталогизацию локальных и внешних сервисов на основе OGC WPS интерфейса. Использование сервисов на основе других интерфейсов взаимодействия в каталоге не предполагается.

Целью данной работы является создание подхода к организации системы каталогизации и мониторинга территориально распределенных вычислительно-аналитических узлов в рамках разрабатываемой вычислительно-аналитической среды по обработке и анализу геологических данных.

### **Общее описание вычислительно-аналитической среды для геологических исследований**

В научных геологических исследованиях используются разнотипные данные: количественные, спутниковые, пространственные, текстовые, медиаданные и т. д. Для обработки каждого из перечисленных типов данных используются различные методы, реализованные в специализированных программных системах. Наличие необходимого набора внешних сервисов позволяет создать специализированную вычислительно-аналитическую среду для решения научных геологических задач, в том числе и крупных комплексных задач.

Нами разработана и реализуется вычислительно-аналитическая геологическая среда [1]. Среда построена с использованием принципов слабосвязанной архитектуры, где каждый элемент функционирует независимо друг от друга. Основные элементы среды (рис. 1):

- платформа обработки, обеспечивающая пользовательский интерфейс;
- система управления обработкой, обеспечивающая разграничение доступа и контролирующая очередь выполнения процессов обработки;
- система хранения данных, обеспечивающая временное хранение пользовательских данных и результатов обработки;
- территориально распределенные узлы обработки – поставщики сервисов по обработке и анализу данных.

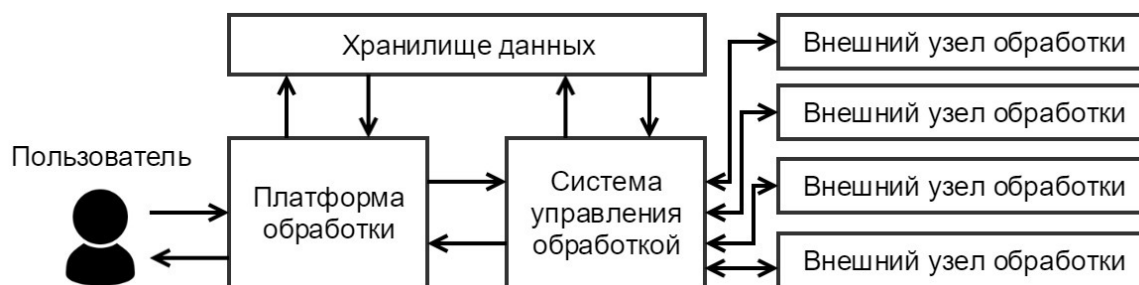


Рис. 1. Схема вычислительно-аналитической среды

Fig. 1. Scheme of the Computational and Analytical Environment

Взаимодействие пользователя и внешних сервисов обработки происходит через единую точку входа, предоставляемую платформой обработки. Существует возможность взаимодействия с платформой обработки в режиме «система – система» через программный интерфейс приложения. Платформа позволяет загружать данные для обработки непосредственно с компьютера пользователя либо по ссылке с внешнего ресурса.

В настоящее время вычислительно-аналитическая геологическая среда включает в себя следующие узлы обработки.

- **Многомерные методы анализа данных.** Включает в себя набор методов для многомерного анализа количественных данных, таких как факторный анализ, кластерный анализ, регрессионный анализ и др. В качестве компонента для реализации модуля статистического анализа количественных данных был выбран язык программирования R [8]. Интерфейс взаимодействия с сервисами построен с использованием модуля Rserve. Узел разработан и поддерживается в Государственном геологическом музее им. В. И. Вернадского РАН.

- **Обработка спутниковых данных.** Включает в себя методы первичной обработки спутниковых данных, такие как калибровка и пространственная привязка данных некоторых спутников [9]. Узел разработан и поддерживается в Институте автоматизации и процессов управления ДВО РАН.

- **Обработка петролого-геохимических данных.** В Институте физики Земли РАН разработана интерактивная база методов обработки петролого-геохимических данных [10]. Эта система предоставляет сервисы построения спайдерграмм, гистограмм и классификационных диаграмм; сервис идентификации минералов по их химическому составу; сервис интерпретации состава минерала и разложение на минералы и т. д. Интерфейс взаимодействия с сервисами построен на основе REST архитектуры.

- **Структурный анализ публикаций.** В междисциплинарном центре математического и вычислительного моделирования (Университет Варшавы, Польша) разработан сервис для извлечения метаданных из научных публикаций [11]. Метаданные включают в себя авторов, аффилиацию, аннотацию, ключевые слова, название журнала, объем, год выпуска, разобранные библиографические ссылки, структуру разделов документа, заголовки разделов и абзацы. Интерфейс взаимодействия с сервисами построен на основе REST архитектуры.

- **Обработка естественного языка.** В Университете Шеффилда в рамках проекта GATE (General Architecture for Text Engineering) разработан ряд сервисов по обработке текстовых данных для различных языков [12]. Для обработки текстовых данных на русском языке предоставляются сервисы по определению частей речи слов, а также выделению именованных существностей, таких как имена и фамилии, названия организаций, географические названия, даты, денежные единицы и т. д. Интерфейс взаимодействия с сервисами построен на основе REST архитектуры.

Предполагается, что создаваемая вычислительно-аналитическая геологическая среда должна обеспечить пользователям доступ к хранилищам современных наукоемких алгоритмов и вычислительным ресурсам, необходимым для оперативной обработки больших массивов разнородных данных (Big Data).

Используя внешние сервисы обработки, необходимо учитывать возможность временного ограничения доступа к определенным сервисам из-за различных технических проблем со стороны владельцев сервисов или линий передачи данных, а также возможность изменения интерфейса доступа к сервисам со стороны поставщиков сервисов. Для этого необходимо организовать систему мониторинга работы территориально распределенных сервисов, позволяющую оперативно реагировать на возможные технические проблемы в автоматическом или ручном режиме.

### **Организация вызова внешних сервисов обработки и анализа**

В рассматриваемой вычислительно-аналитической среде для обеспечения единого подхода к вызову территориально распределенных сервисов обработки и анализа данных используется стандарт OGC WPS в качестве промежуточного интерфейса. Данный интерфейс разработан в качестве стандарта для веб-сервиса по выполнению процедур обработки данных. В первую очередь этот стандарт разрабатывался для процедур обработки пространственных данных, однако он имеет универсальный интерфейс для использования процедур обработки других видов данных. Использование стандарта OGC WPS для вызова сервисов обработки и анализа данных позволяет организовать работу разнородных сервисов в рамках единой вычислительно-аналитической среды.

Каждый метод для обработки и анализа данных в среде представлен в виде отдельного процесса WPS. Такой подход позволяет организовать единый интерфейс вызова внешних разнородных сервисов. Система управления обработкой позволяет контролировать распределение ресурсов между процессами, а также ограничивать доступ к различным процессам на основе прав пользователя. Обработка некоторых типов геологических данных может занимать продолжительное время, поэтому такие методы обработки вызываются в асинхронном режиме с возможностью отслеживания пользователем статуса выполнения процесса на всём протяжении обработки. При решении комплексных задач существует возможность передачи результата одного выполняемого процесса в качестве входных данных для другого процесса. Поддерживается возможность параллельного выполнения нескольких процессов, результаты которых передаются на вход одному процессу, как только все требуемые для его запуска процессы успешно завершатся.

Используя интерфейс OGC WPS для вызова внешних сервисов обработки, можно также отслеживать статус выполнения WPS процесса, соответствующего определенному внешнему сервису обработки. После завершения выполнения каждого процесса в базу данных поступает отчет о выполнении процесса, включающий параметры запуска сервиса, время выполнения, статус и результат. Данная информация также может быть использована в разрабатываемой системе мониторинга для более детального отслеживания состояния работы конкретного сервиса.

Для добавления внешнего вычислительно-аналитического сервиса в среду достаточно реализовать возможность вызова данного сервиса в виде WPS процесса.

### **Каталогизация веб-сервисов**

Для решения задачи каталогизации сервисов разработан единый формат для описания отдельного сервиса на каждом вычислительном узле. Описание сервиса содержит набор информации, позволяющий осуществлять мониторинг любого сервиса среды с учетом используемых протоколов взаимодействия и интерфейсов доступа.

На основе компонентов для описания веб-сервисов в UDDI реестрах нами предложены параметры описания веб-сервисов в создаваемой среде:

- Основная информация
  - Идентификатор
  - Название
  - Описание
  - Область применения
  - Ключевые слова
- Поставщик сервиса
  - Название организации
  - Контактное лицо
  - Контактный адрес
  - Контактный телефон
  - Веб-сайт
- Служебная информация
  - IP адрес (доменное имя)
  - Порт
  - Протокол
  - Версия протокола
  - Описание интерфейса доступа
  - Авторизация
    - Логин
    - Пароль
    - Ключ доступа
      - Точка доступа

Структура описания сервиса состоит из трех основных частей. В первой части содержится основная информация о сервисе, позволяющая осуществлять поиск сервисов по названию, описанию, ключевым словам и т. д. Вторая часть содержит описание поставщика сервиса, включая информацию для связи с поставщиком. В третьей части располагается служебная информация, которая необходима для непосредственного взаимодействия с сервисом.

Предложенную структуру описания предлагается использовать в качестве метаданных для веб-сервисов. На основе разработанной структуры метаданных предлагается создание каталога веб-сервисов, предоставляющего пользователям и сторонним информационным системам информацию о сервисах в стандартном виде (рис. 2).

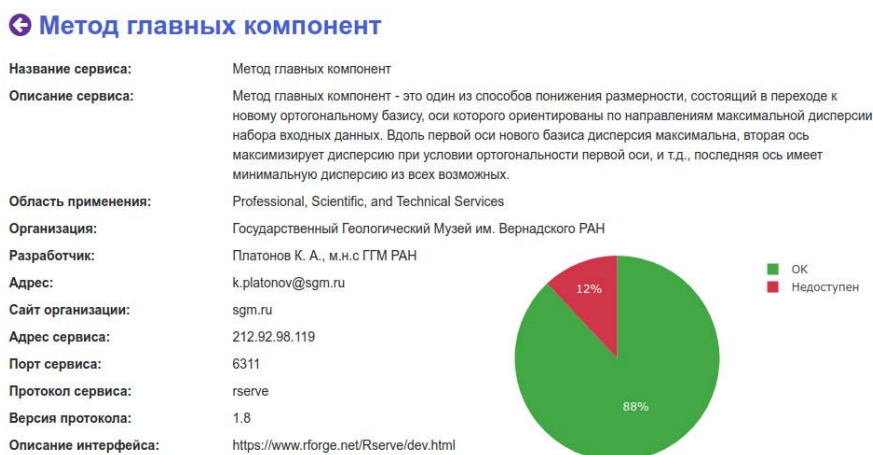


Рис. 2. Информация о веб-сервисе со статистикой его доступности

Fig. 2. Web-Service Meta Information with Availability Statistics

Информация о сервисе также формируется в форматах XML и JSON (рис. 3).

```
<ns:information>
  <ns:identifier>a3b556ca-bc46-4766-977d-cc0775e2ad40</ns:identifier>
  <ns:title>Метод главных компонент</ns:title>
  <ns:abstract>Метод главных компонент - это один из способов понижения размерности, состоящий ...
</ns:abstract>
  <ns:subject>Professional, Scientific, and Technical Services</ns:subject>
  <ns:keywords>
    <xsd:string>Principal component analysis</xsd:string>
    <xsd:string>R language</xsd:string>
  </ns:keywords>
</ns:information>
<ns:serviceProvider>
  <ns:organization>Государственный Геологический Музей им. Вернадского РАН</ns:organization>
  <ns:contact>Платонов К. А., м.н.с ГГМ РАН</ns:contact>
  <ns:email>k.platonov@sgm.ru</ns:email>
  <ns:phoneNumber />
  <ns:website>sgm.ru</ns:website>
</ns:serviceProvider>
<ns:serviceInformation>
  <ns:address>212.92.98.119</ns:address>
  <ns:port>6311</ns:port>
  <ns:protocol>rserve</ns:protocol>
  <ns:protocolVersion>1.8</ns:protocolVersion>
  <ns:protocolDescription>https://www.rforge.net/Rserve/dev.html</ns:protocolDescription>
  <ns:endpoint />
  <ns:authentication />
</ns:serviceInformation>
```

Рис. 3. Информация о веб-сервисе в формате XML

Фиг. 3. Web-Service Meta Information in XML Format

### Основные параметры мониторинга сервисов в рамках вычислительно-аналитической среды

Для обеспечения высокого уровня надежности работы сервисов в рамках вычислительно-аналитической среды разработана система мониторинга, позволяющая оперативно реагировать на изменения в работе сервисов. Использование разнородных сервисов, взаимодействие с которыми осуществляется с помощью различных протоколов и по различным интерфейсам, подразумевает ряд ограничений на предмет мониторинга. Таким образом, имея общую техническую информацию о каждом сервисе (веб-адрес сервиса, протокол, версия протокола и т. д.), можно реализовать следующие общие виды проверок:

- а) проверка доступности удаленного узла;
- б) проверка работоспособности сервиса на удаленном узле по требуемому протоколу взаимодействия;
- в) проверка наличия изменений в работе сервиса на основе тестовых запросов к WPS процессам.

Более сложные виды проверок состояния сервисов требуют знания детального описания интерфейса взаимодействия, что делает такой вид проверок зависимым от конкретной реализации сервиса.

Используя описанные методы проверки состояния сервисов, можно формировать статистику доступности отдельных сервисов. В случае проблем с доступом к определенному сервису можно предлагать пользователям альтернативные реализации подобного сервиса при наличии их в среде.

### Описание технологии мониторинга

Мониторинг территориально распределенных узлов вычислительно-аналитической среды осуществляется с использованием вышеописанных параметров мониторинга.

Проверка доступности узла (а) производится раз в минуту путем отправки запроса по указанному адресу узла по протоколу ICMP (Internet Control Message Protocol) или TCP (Transmission Control Protocol) по определенному порту в случае блокировки ICMP запросов со стороны удаленного узла.

Проверка доступности сервиса (б) производится раз в минуту путем отправки запроса, подтверждающего возможность установления соединения с сервисом, с использованием указанных адреса, порта и протокола сервиса.

Проверка сервиса на изменения (в) производится каждые 30 минут путем отправки одного или нескольких тестовых запросов к сервису и сравнения результатов работы сервиса с имеющимися в системе мониторинга. Она позволяет выявить изменения в параметрах вызова сервиса и в результатах работы сервиса.

В случае отсутствия доступа к узлу или сервису система уведомляет администратора вычислительно-аналитической среды и помечает сервис недоступным для использования.

Периодичность проверки каждого параметра мониторинга выбрана исходя из количества времени и вычислительных мощностей, необходимых для соответствующего типа проверки; достаточной оперативности для принятия соответствующего решения со стороны системы мониторинга; результатов работы системы мониторинга в тестовый период.

### Количественные оценки для предложенного подхода мониторинга

Результаты работы системы мониторинга в период с 5 апреля 2019 г. по 6 мая 2019 г.:

| Вычислительный узел и сервисы                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Владелец узла             | Доступность, % |              | Изменения сервисов (в), % |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------|--------------|---------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                           | узла (а)       | сервисов (б) |                           |
| Многомерные методы анализа данных:<br>1) описательная статистика<br>2) регрессионный анализ<br>3) метод главных компонент<br>4) тройная диаграмма<br>5) иерархический кластерный анализ<br>6) метод $k$ -средних<br>7) факторный анализ<br>8) линейный дискриминантный анализ<br>9) анализ канонических переменных | ГТМ РАН                   | 100            | 98,873       | 0                         |
| Обработка петролого-геохимических данных:<br>1) построение классификационных диаграмм<br>2) система идентификации минералов<br>3) минералогические пересчеты<br>4) интерпретация состава минерала и разложение на миналы<br>5) оценка РТ условий с помощью геосенсоров                                             | ИФЗ РАН                   | 99,952         | 99,952       | 0                         |
| Обработка спутниковых данных (узел в разработке):<br>1) калибровка<br>2) пространственная привязка<br>3) атмосферная коррекция                                                                                                                                                                                     | ИАПУ<br>ДВО РАН           | 0              | 0            | 0                         |
| Обработка естественного языка:<br>1) распознавание понятий в тексте<br>2) распознавание частей речи                                                                                                                                                                                                                | Университет<br>Шеффилда   | 99,963         | 99,963       | 0                         |
| Структурный анализ публикаций:<br>1) извлечение метаданных из научных статей                                                                                                                                                                                                                                       | Варшавский<br>Университет | 100            | 100          | 0                         |

Используя полученные результаты, можно сделать вывод, что все территориально распределенные узлы, за исключением узла обработки спутниковых данных, находящего в раз-

работке на текущий момент, показывают высокий уровень надежности для дальнейшего их использования в качестве источника сервисов обработки и анализа данных.

Вычислительно-аналитическая среда по обработке и анализу данных для научных исследований в геологии (<http://service.geologyscience.ru>) разрабатывается в рамках работ Государственного геологического музея им. В. И. Вернадского РАН (ГГМ РАН) по созданию информационно-аналитической геологической среды (<http://geologyscience.ru>).

### Заключение

Авторами предложен подход к организации системы каталогизации и мониторинга территориально распределенных вычислительных узлов для вычислительно-аналитической среды обработки и анализа геологических данных. Предложенный подход реализован в виде программного модуля, встроенного в вычислительно-аналитическую среду.

Предложенные принципы организации каталогизации и мониторинга веб-сервисов позволяют обеспечить более высокий уровень надежности работы вычислительно-аналитической геологической среды, предоставляя пользователю информацию о надежности работы конкретного веб-сервиса в рамках среды. На основе данных подходов разработана программная реализация каталога веб-сервисов и системы мониторинга в виде работающего прототипа на основе существующей вычислительно-аналитической геологической среды.

### Список литературы / References

1. **Eremenko V. S., Naumova V. V., Platonov K. A., Dyakov S. E., Eremenko A. S.** The main components of a distributed computational and analytical environment for the scientific study of geological systems. *Russian Journal of Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 6. DOI 10.2205/2018ES000636.
2. **Толпин В. А., Балашов И. В., Ефремов В. Ю., Лупян Е. А., Прошин А. А., Уваров И. А., Флитман Е. В.** Создание интерфейсов для работы с данными современных систем дистанционного мониторинга (система GEOSMIS) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8, № 3. С. 93–108.  
**Tolpin V. A., Balashov I. V., Efremov V. Yu., Lupyan E. A., Proshin A. A., Uvarov I. A., Flitman E. V.** Sozдание interfejsov dlya raboty s dannymi sovremennykh sistem distantsionnogo monitoringa (sistema GEOSMIS) [Creation of interfaces for working with data of modern remote monitoring systems (GEOSMIS system)]. *Modern problems of Earth remote sensing from space*, 2011, vol. 8, no. 3, p. 93–108. (in Russ.)
3. **Федотов А. М., Барахнин В. Б., Гуськов А. Е., Молородов Ю. И.** Распределенная информационно-аналитическая среда для исследований экологических систем // Вычислительные технологии. 2006. Т. 11. Спец. вып. С. 113–125.  
**Fedotov A. M., Barakhnin V. B., Guskov A. E., Molorodov Yu. I.** Raspredeleonnaya informatsionno-analiticheskaya sreda dlya issledovaniy ekologicheskikh sistem [Distributed information and analytical environment for environmental systems research]. *Computational Technologies*, 2006, vol. 11, special issue, p. 113–125. (in Russ.)
4. **Gordov E. P., Krupchatnikov V. N., Okladnikov I. G., Fazliev A. Z.** Thematic virtual research environment for analysis, evaluation and prediction of global climate change impacts on the regional environment. In: Proc. SPIE 10035, 22nd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 100356J (29 November 2016). DOI 10.1117/12.2249118.
5. **Candela L., Castelli D., Pagano P.** Virtual Research Environments: An Overview and a Research Agenda. *Data Science Journal*, 2013, vol. 12, p. GRDI75–GRDI81. DOI 10.2481/dsj.GRDI-013

6. **Бычков И. В., Ружников Г. М., Фёдоров Р. К., Шумилов А. С.** Компоненты среды WPS-сервисов обработки геоданных // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2014. Т. 12, № 3. С. 16–24.  
**Bychkov I. V., Ruzhnikov G. M., Fedorov R. K., Shumilov A. S.** Components of WPS Environment for Geoprocessing. *Vestnik NSU. Series: Information Technologies*, 2014, vol. 12, no. 3, p. 16–24. (in Russ.)
7. **Бычков И. В., Ружников Г. М., Фёдоров Р. К., Шумилов А. С.** Система планирования и выполнения композиций веб-сервисов в гетерогенной динамической среде // Вычислительные технологии. 2016. Т. 21, № 6. С. 18–35.  
**Bychkov I. V., Ruzhnikov G. M., Fedorov R. K., Shumilov A. S.** System for dynamic execution of composition services in the heterogeneous environment. *Computational Technologies*, 2016, vol. 21, no. 6, p. 18–35. (in Russ.)
8. **Platonov K. A.** Methods and Technologies for Integration and Processing of Territorially Distributed Quantitative Geological Information. In: Proceedings of the XX International Conference “Data Analytics and Management in Data Intensive Domains” (DAMDID/RCDL’2018), Moscow, 2018, p. 348–353.
9. **Dyakov S. E.** Cross-calibration channels of ir-radiometers and sea surface temperature retrieval. In: Proceedings of the IV International Conference “Modern Information Technologies in Earth Sciences”. Yuzhno-Sakhalinsk, 2016, p. 52.
10. **Иванов С. Д.** Интерактивный реестр геосенсоров на основе веб-приложения // Компьютерные исследования и моделирование, 2016, Т. 8, № 4, С. 621–632.  
**Ivanov S. D.** Interaktivnyj reestr geosensorov na osnove veb-prilozheniya [Interactive Web Application Based Geosensors Registry]. *Computer Research and Modeling*, 2016, vol. 8, no. 4, p. 621–632. (in Russ.)
11. **Tkaczyk D., Szostek P., Fedoryszak M., Dendek P., Bolikowski L.** CERMINE: automatic extraction of structured metadata from scientific literature. *International Journal on Document Analysis and Recognition*, 2015, vol. 18, no. 4, p. 317–335. DOI 10.1007/s10032-015-0249-8.
12. **Maynard D., Bontcheva K., Augenstein I.** Synthesis Lectures on the Semantic Web: Theory and Technology. In: Natural Language Processing for the Semantic Web, December 2016, vol. 6, no. 2, p. 1–194.

Материал поступил в редколлегию  
Received  
29.03.2019

#### Сведения об авторах / Information about the Authors

**Ерёменко Виталий Сергеевич**, младший научный сотрудник, Государственный геологический музей им. В. И. Вернадского РАН (ул. Моховая, д. 11, стр. 11, Москва, 125009, Россия)

**Vitaliy S. Eremenko**, Junior Researcher, V. I. Vernadsky State Geological Museum of the Russian Academy of Sciences (11 Mokhovaya Str., building 11, Moscow, 125009, Russian Federation)  
vitaer@gmail.com

**Наумова Вера Викторовна**, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, Государственный геологический музей им. В. И. Вернадского РАН (ул. Моховая, д. 11, стр. 11, Москва, 125009, Россия)

**Vera V. Naumova**, Doctor of Science (Geology and Mineralogy), Senior Scientist, V. I. Vernadsky State Geological Museum of the Russian Academy of Sciences (11 Mokhovaya Str., building 11, Moscow, 125009, Russian Federation)  
v.naumova@sgm.ru