

УДК 332:004

## ОБРАБОТКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГИС РЕСУРСОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

С. В. Павлов<sup>1</sup>, А. С. Павлов<sup>2</sup>, А. С. Самойлов<sup>3</sup>

<sup>1</sup> psvgis@mail.ru, <sup>2</sup> al\_ufa@mail.ru

<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

<sup>3</sup> ОАО "Газ-Сервис"

Поступила в редакцию 01.03.2013

**Аннотация.** Рассмотрена проблема организации обработки пространственной информации в распределенной геоинформационной системе ресурсораспределительной организации. В качестве подхода к решению проблемы предложен способ формирования распределенной базы пространственных данных, основанный на формальном анализе структур баз пространственных данных, входящих в состав геоинформационной системы ресурсораспределительной организации, позволяющий выявить общую для нескольких баз пространственных данных информацию и обеспечить ее обработку.

**Ключевые слова:** геоинформационная система; пространственные данные; база пространственных данных, базовые и специализированные пространственные данные.

Крупные ресурсораспределительные организации (РО), как правило, состоят из большого количества территориально распределенных подразделений и технологических объектов, для управления которыми используется большое количество разнородной информации, в том числе информация об их пространственном местоположении. Учитывая пространственный характер информации о распределительных сетях и технологических объектах, наиболее удобным и современным подходом для ее хранения, обновления, обработки и отображения, являются географические информационные системы (ГИС) [1, 2], которые обеспечивают целостность и удобство восприятия картины текущего состояния распределительных сетей, особенно их функционирования и возможности развития.

### СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Существует достаточное количество примеров создания корпоративных ГИС в РО промышленных регионов, типовая обобщенная структура которых представлена на рис. 1. В составе таких ГИС можно выделить следующие основные компоненты:

- подсистемы общего назначения: подсистема хранения данных, подсистема администрирования, подсистема интеграции с внешними

информационными системами, подсистема поисковых и информационно-справочных задач, подсистема редактирования пространственных данных;

- функциональные подсистемы: подсистема аварийных и диспетчерских служб, подсистема производственного отдела, подсистема отдела электрохимической защиты, подсистема бухгалтерии, подсистема отдела энергетики, подсистема отдела ремонта и капитального строительства, подсистема отдела по корпоративному развитию и управлению имуществом, подсистема отдела автоматизации, подсистема планово-экономического отдела.

Большинство ресурсораспределительных организаций имеют распределенную иерархическую структуру и состоят из территориальных подразделений, осуществляющих обслуживание распределительных сетей по всей территории региона, в каждом из которых для решения повседневных задач активно используются геоинформационные технологии.

В центральном аппарате и каждом территориальном подразделении создаются базы пространственных данных, содержащие информацию об объектах распределительной сети и обслуживаемой территории, наполнение и актуализация которых осуществляется силами большого количества специалистов. Подробно

схема организации многопользовательского доступа к пространственной информации на примере одной из ресурсораспределительных организаций Республики Башкортостан рассмотрена авторами в работе [3] и представлена на рис. 2.

### ПОДХОД К РЕШЕНИЮ

При создании распределенных ГИС можно выделить три части пространственных данных: базовые пространственные данные (БПД), необходимые всем сотрудникам организации; специализированные пространственные данные (СПД), представляющие интерес для одного конкретного территориального подразделения; метаданные – данные о специализированных и

базовых пространственных данных, предназначенные для поиска, оценки, назначения, пригодности и возможности обработки пространственных данных. Для определения информации, входящей в состав распределенной базы пространственных данных ресурсораспределительной организации, проведен анализ пространственной информации, используемой специалистами территориальных подразделений РО в повседневной деятельности, который позволил построить структуру пространственных данных (рис. 3), состоящую из блока общегеографических пространственных данных и блоков пространственных данных по основным видам деятельности.

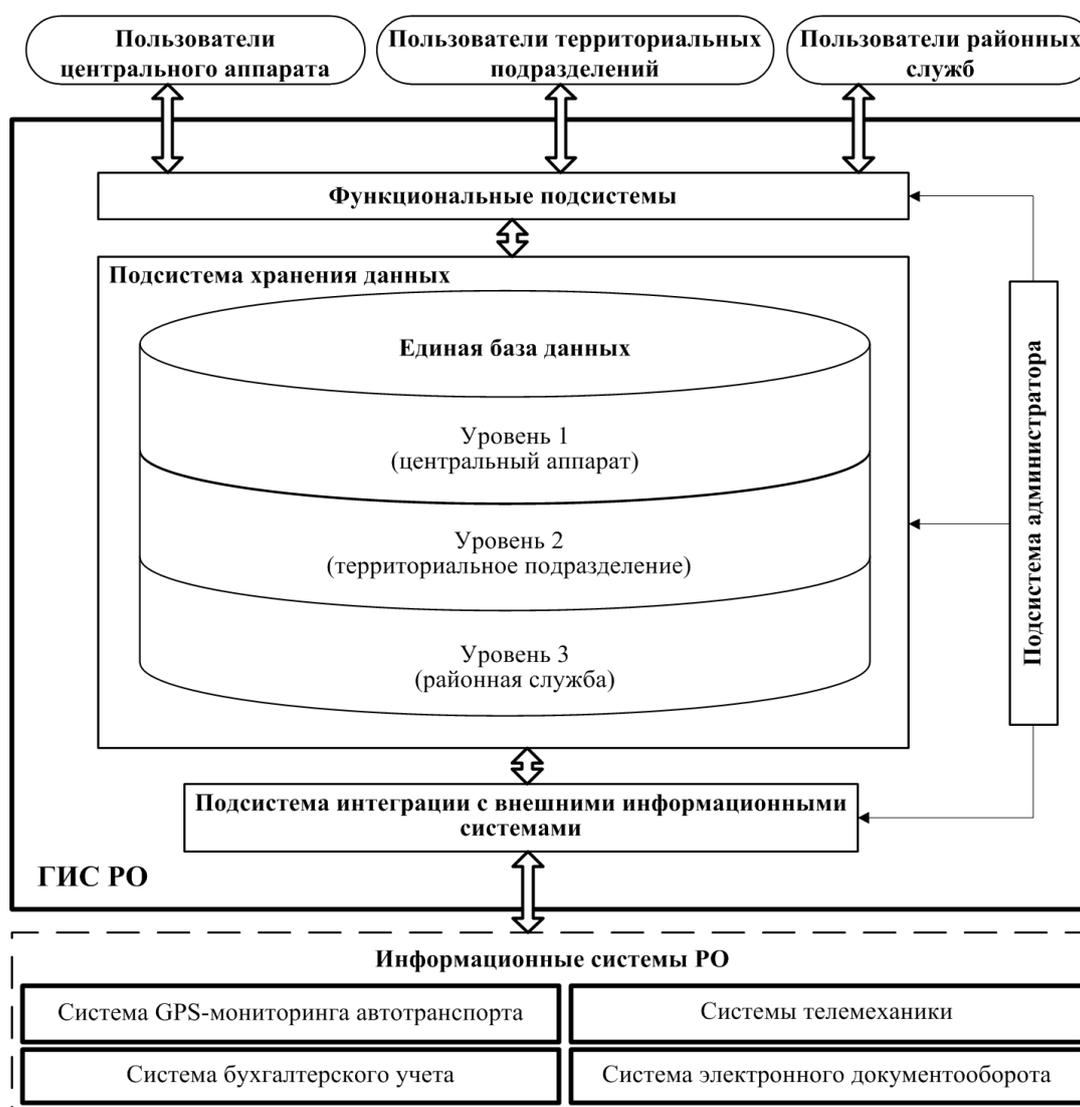


Рис. 1. Структура корпоративной ГИС РО

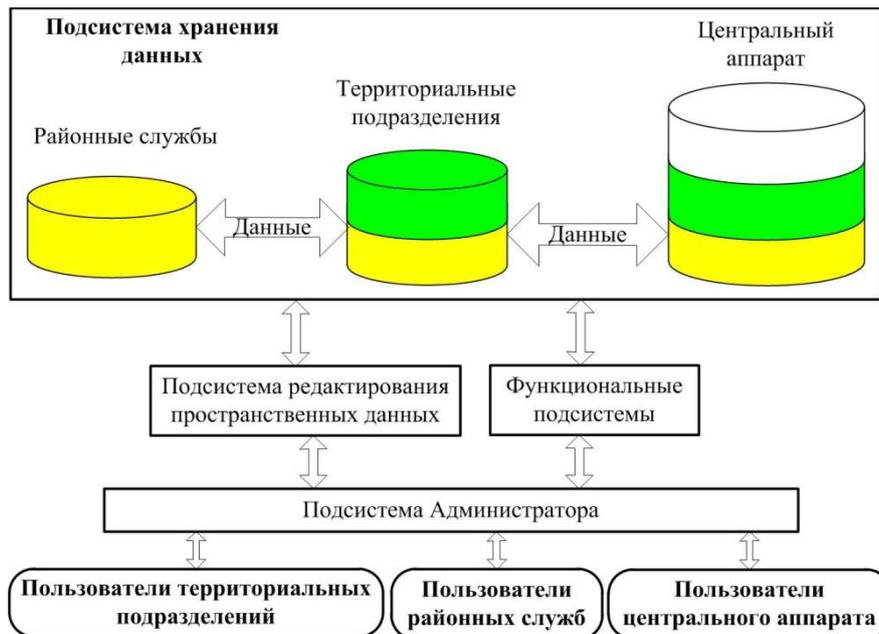


Рис. 2. Схема организации многопользовательского доступа к пространственной информации в корпоративной ГИС РО

Для объединения распределенных по территориальным подразделениям РО баз пространственных данных необходимо выявить общие для всех территориальных подразделений данные и разместить их в базе базовых пространственных данных. При этом та часть данных, которая необходима конкретному подразделению, остается в базе специализированных пространственных данных территориального подразделения.

Для формализованного описания всех частей пространственной информации и связей между ними введем обозначение – базу данных конкретного  $i$ -го территориального подразделения ресурсораспределительной организации, обозначим через  $БД_i$ , где  $i = \overline{1, n}$ ,  $n$  – число территориальных подразделений, а всю распределенную совокупность  $БД_i$  обозначим как РБД:

$$РБД = \bigcup_{i=\overline{1, n}} БД_i .$$

Задача формирования из совокупности  $\{БД_i\}$ ,  $i = \overline{1, n}$ , единой РБД, заключается в таком выделении в каждой БД. части специализированных ПД (СПД $_i$ ) и общей части, входящей в БПД, чтобы выполнялось соотношение:

$$РБД = \bigcup_{i=\overline{1, n}} БД_i = БПД \cup СПД_1 \cup СПД_2 \cup \dots \cup СПД_n = БПД \cup \bigcup_{i=\overline{1, n}} СПД_i . \tag{1}$$

$БД_i$  каждого территориального подразделения РО разрабатывается на основе соответствующей модели данных (МД), которую обозначим  $МД_i$ , тогда

$$МД_i = \{R_1 \dots R_{k_i}, S_1 \dots S_{m_i}, C_1 \dots C_{t_i}\},$$

где  $R_q$ ,  $q = \overline{1, k_i}$ ,  $k_i$  – количество отношений в модели данных  $i$ -й БД $_i$ ;  $S_w$ ,  $w = \overline{1, m_i}$ ,  $m_i$  – количество слоев пространственной информации в модели данных  $i$ -й БД $_i$ ;  $C_e$ ,  $e = \overline{1, t_i}$ ,  $t_i$  – количество связей между отношениями и слоями модели данных  $i$ -й БД $_i$ .

Представим модель данных  $i$ -й БД $_i$  как совокупность двух частей, описывающих атрибутивную –  $МД_i^A$  и пространственную –  $МД_i^S$  информацию:

$$МД_i = МД_i^A \cup МД_i^S, \quad i = \overline{1, n}$$

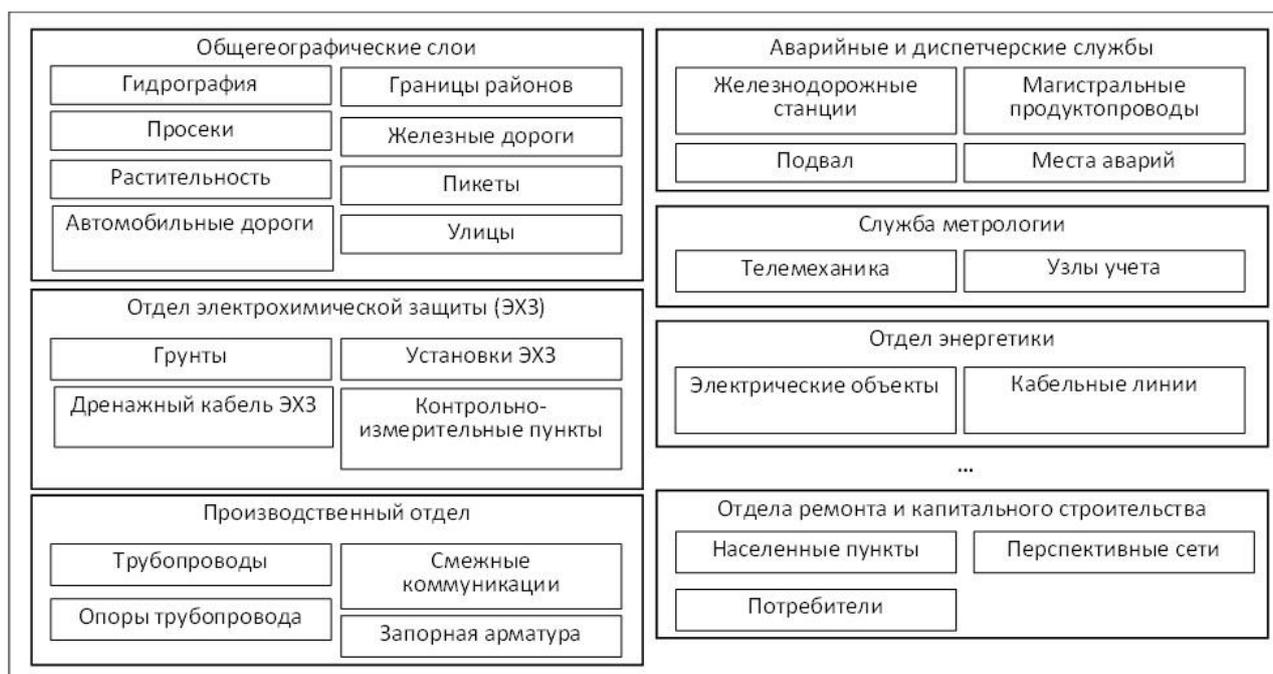


Рис. 3. Фрагмент структура пространственных данных, необходимых для осуществления производственной деятельности РО

$МД_i^S$  описывает пространственную информацию, хранящуюся, как правило, в  $БД_i$  в виде цифровых топографических карт определенного масштаба (например, территории региона масштаба 1:200000), в которых пространственная информация подразделяется на тематические слои и классы пространственных объектов

$$МД_i^S = \{S_i^j\}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m_i},$$

где  $j = \overline{1, m_i}$ ,  $m_i$  – количество слоев, хранящихся в  $БД_i^S$ .

В каждой  $i$ -й  $БД_i^S$  выделим две части:  $БД_i^{1S}$  – та часть  $БД_i^S$ , которая входит в состав БД БПД,  $БД_i^{2S}$  – часть  $БД_i^S$ , входящая в состав БД СПД. Тогда модели данных, описывающие эти БД, могут быть представлены

$$МД_i^S = МД_i^{1S} \cup МД_i^{2S}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Множество номеров всех слоев пространственной информации, описываемой  $МД_i^S$ , обозначим

$$M_i^S = \{1, 2, 3, \dots, m_i\}.$$

Тогда в  $M_i$  можно выделить две части:

$$M_i^S = \{M_i'^S, M_i''^S\},$$

где  $M_i'^S$  – множество номеров слоев из  $МД_i^S$  такое, что

$$МД_i^{1S} = \{S_i^j\}, \quad j \in M_i'^S, \quad S_i^j \in МД_0$$

и  $M_i''^S$  – множество номеров слоев из  $МД_i^S$  такое, что

$$МД_i^{2S} = \{S_i^j\}, \quad j \in M_i''^S, \quad S_i^j \notin МД_0.$$

Тогда совокупность слоев, входящих хотя бы в две из  $МД_i^{1S}$  (другими словами, описание слоев пространственной информации, необходимой двум и более территориальным подразделениям ресурсораспределительной организации) может быть обозначена как  $МД_0^S$  и представлена:

$$МД_0^S = \bigcup_{\substack{i=\overline{1, n} \\ j=\overline{1, m_i}}} S_i^j; \quad S_{i_1}^{j_1} = S_{i_2}^{j_2},$$

где  $i_1 \neq i_2$ ,  $j_1 \in M_{i_1}'^S$ ,  $j_2 \in M_{i_2}'^S$ ,  $j_1 \neq j_2$ .

Предположим, что информация об одних и тех же пространственных объектах (например, населенных пунктах), а также одни и те же свя-

зи между одинаковыми пространственными объектами, в различные МД входят с одним и тем же значением индекса. Учитывая это предположение, переобозначим слои из (2), входящие в состав  $МД_0^S$ , следующим образом:

$$МД_0^S = \{S_0^1, S_0^2, \dots, S_0^P\},$$

где  $S_0^j$ ,  $j = \overline{1, P}$  – полный неповторяющийся перечень, а  $P$  – количество различных слоев из  $\{МД_i^{1S}\}_{i=\overline{1, n}}$ , входящих в  $МД_0^S$ ,

$$S_0^j \neq S_0^g, \text{ при } j \neq g;$$

$$\bigcup_{j=1, P} S_0^j = \bigcup_{\substack{i=\overline{1, n} \\ j=1, m_i}} S_i^j. \quad (3)$$

Приведем аналогичное описание атрибутивной информации.  $МД_i^A$  описывает атрибутивную информацию, хранящуюся в БД<sub>*i*</sub> в виде реляционных таблиц, в которых атрибутивная информация для пространственного объекта представлена совокупностью значений атрибутов. Поэтому пусть  $МД_i^A$  для всех БД<sub>*i*</sub> представлены в виде совокупности отношений:

$$МД_i^A = \{R_i^1, R_i^2, \dots, R_i^{k_i}\}, \quad i = \overline{1, n},$$

$k_i$  – количество отношений в *i*-й  $МД_i^A$ , содержащих атрибутивную информацию.

По аналогии с  $МД_i^S$  в каждой *i*-й  $МД_i^A$  выделим две части:  $МД_i^{1A}$  – та часть  $МД_i^A$  которая входит в состав БД БПД,  $МД_i^{2A}$  – часть  $МД_i^A$  входящая в состав БД СПД. Тогда

$$МД_i^A = МД_i^{1A} \cup МД_i^{2A}, \quad i = \overline{1, n}.$$

Множество номеров различных отношений из  $МД_i^A$  обозначим

$$M_i^A = \{1, 2, 3, \dots, k_i\}.$$

Тогда в  $МД_i$  можно выделить две части:

$$M_i^A = \{M_i'^A, M_i''^A\},$$

где  $M_i'^A$  – множество номеров отношений из  $МД_i^A$  такое, что

$$МД_i^{1A} = \{R_i^j\}, \quad j \in M_i'^A, \quad R_i^j \in МД_0^A \quad (4)$$

и  $M_i''^A$  – множество номеров отношений из  $МД_i^A$  такое, что

$$МД_i^{2A} = \{R_i^j\}, \quad j \in M_i''^A, \quad R_i^j \notin МД_0^A.$$

Тогда совокупность отношений, входящих хотя бы в две из  $МД_i^A$ , может быть обозначена как  $МД_0^A$  и представлена

$$МД_0^A = \bigcup_{\substack{i=\overline{1, n} \\ j=1, k_i}} R_i^j; \quad R_{i_1}^{j_1} = R_{i_2}^{j_2},$$

при  $i_1 \neq i_2$  и в общем случае, входящие под разными номерами в соответствующие  $МД_i^A$ , т. е.  $j_1 \neq j_2$ ,  $j_1 \in M_{i_1}'^A$ ,  $j_2 \in M_{i_2}'^A$ .

Будем считать, что атрибутивная информация об одних и тех же пространственных объектах, а также одни и те же связи между одинаковыми пространственными объектами в различные МД входят с одним и тем же значением индекса. Учитывая это предположение, переобозначим отношения из (4), входящие в состав  $МД_0^A$ , следующим образом:

$$МД_0^A = \{R_0^1, R_0^2, \dots, R_0^H\},$$

где  $R_0^j$ ,  $j = \overline{1, H}$  – полный неповторяющийся перечень, а  $H$  – количество различных отношений из  $\{БД_i^{1A}\}_{i=\overline{1, n}}$ , входящих в  $МД_0^A$ ,

$$R_0^i \neq R_0^d, \text{ при } i \neq d;$$

$$\bigcup_{j=1, H} R_0^j = \bigcup_{\substack{i=\overline{1, n} \\ j=1, k_i}} R_i^j.$$

Пусть схема каждого *b*-го отношения (3) представлена в виде совокупности атрибутов

$$S(R_i^b) = \{a_{ib}^1, a_{ib}^2, \dots, a_{ib}^{l_{ib}}\}, \quad i = \overline{1, n}, \quad b = \overline{1, k},$$

где  $l_{ib}$  – количество атрибутов *b*-го отношения *i*-й  $МД_i^{1A}$ .

При этом если взять одноименные отношения во всех  $МД_i^{1A}$ , то в общем случае множества атрибутов для каждого из них различны.

Соответственно, чтобы схема отношения  $R_0^b$  удовлетворяла требованиям всех территориальных подразделений ресурсораспределительной организации, необходимо, чтобы она включала в себя атрибуты, необходимые хотя бы одному подразделению РО, т. е.

$$S(R_0^b) = \{a_{b0}^1, a_{b0}^2, \dots, a_{b0}^B\},$$

где  $a_{b0}^j, b = \overline{1, H}, j = \overline{1, B}$  – множество упорядоченных некоторым образом атрибутов всех отношений  $R_i^b, i = \overline{1, n}$ , так что

$$\bigcup_{j=1, H} a_{b0}^j = \bigcup_{\substack{j=1, k_i \\ i=1, n}} a_{ib}^j, \quad b = \overline{1, H}. \quad (5)$$

Заметим, что  $k_i \leq H$  для всех  $i = \overline{1, n}$ , поэтому пробегание индекса  $b$  от 1 до  $H$  в (5) корректно.

Следовательно, база данных БПД (которую обозначим  $БД_0$ ) всей РО является совокупностью  $БД_i^{1A}$  и  $БД_i^{1S}$ , описываемых соответствующими моделями данных:

$$БД_0 = \left( \bigcup_{i=1, n} БД_i^{1A} \right) \cup \left( \bigcup_{i=1, n} БД_i^{1S} \right) = \bigcup_{i=1, n} БД_i^1.$$

Таким образом, учитывая (28) получим:

$$\begin{aligned} РБД &= БД_0 \cup \left( \left( \bigcup_{i=1, n} БД_i^{2A} \right) \cup \left( \bigcup_{i=1, n} БД_i^{2S} \right) \right) = \\ &= БПД \cup \left( \bigcup_{i=1, n} БД_i^2 \right) = БПД \cup СПД_i \end{aligned}$$

что соответствует (1).

Построенная таким образом распределенная база пространственных данных РО будет содержать все отношения, необходимые не менее чем двум территориальным подразделениям, а схема каждого отношения будет содержать все атрибуты, необходимые хотя бы одному территориальному подразделению ресурсораспределительной организации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье предложен подход к созданию распределенной базы пространственных данных ресурсораспределительной организации, основанный на формальном анализе специализированных и базовых пространственных данных, входящих в ее состав, позволяющий исключить дублирование и обеспечить обработ-

ку распределенно хранящейся пространственной информации.

При такой организации совместного использования пространственной информации ресурсораспределительная организация сокращает временные и финансовые затраты на изготовление и поддержание в актуальном состоянии пространственной информации об обслуживаемых объектах. При этом повышается качество получения, хранения, обработки и представления пространственной информации специалистам центрального аппарата и территориальных подразделений РО, что в конечном счете приведет к улучшению качества проектных и управленческих решений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлов А. С., Самойлов А. С. Разработка корпоративной геоинформационной системы газораспределительной организации // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем: межвуз. науч. сб. Уфа: УГАТУ, 2011. С. 23–29.
2. Бадамшин Р. А., Павлов А. С. Многопользовательская обработка распределенно хранящейся пространственной информации в научно-образовательной ГИС РБ // Вестник УГАТУ. 2009. Т. 12, № 1 (30). С. 3–8.
3. Павлов А. С., Павлов С. В., Самойлов А. С. Организация обработки пространственных данных в распределенной геоинформационной системе газораспределительной организации // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем: межвуз. науч. сб. Уфа: УГАТУ, 2012. С. 57–62.

## ОБ АВТОРАХ

**ПАВЛОВ Сергей Владимирович**, зав. каф. геоинформ. систем. Дипл. математик по выч. математике (БГУ, 1977). Д-р техн. наук (УГАТУ, 1998). Иссл. в обл. обработки пространственных данных.

**ПАВЛОВ Александр Сергеевич**, доц. той же каф. Дипл. магистр техн. и технол. (УГАТУ, 2006). Канд. техн. наук по сист. анализу, упр. и обр. информации (УГАТУ, 2009). Иссл. в обл. геоинформ. систем и геопорталов.

**САМОЙЛОВ Александр Сергеевич**, рук. группы ГИС. Дипл. инж. по автоматиз. произв. процессов и производств нефтяной и газовой промышленности (Уфимск. гос. нефт. техн. ун-т, 2004). Иссл. в обл. геоинформационных систем.

## METADATA

**Title:** The processing of spatial information in a distributed GIS of utilities companies in industrial region.

**Authors:** S. V. Pavlov<sup>1</sup>, A. S. Pavlov<sup>1</sup>, and A. S. Samoylov<sup>2</sup>

**Affiliation:**

<sup>1</sup> Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

<sup>2</sup> Gaz-Servis, Russia.

**Email:** psvgis@mail.ru.

**Language:** Russian.

**Source:** Vestnik UGATU (Scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 17, no. 5 (58), pp. 122–128, 2013. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

**Abstract:** In this article the problem of the organization of spatial information processing in a distributed geographic information system utilities companies. As an approach to solving the problem, a method of forming a distributed spatial database, based on a formal analysis of the structures of spatial databases included in the geographic information system of utilities companies that identify common for multiple spatial databases to provide information and process it.

**Key words:** Geographic Information System; basic and thematic spatial data; geodatabase.

**References (English transliteration):**

1. A. S. Pavlov and A. S. Samoylov, "Development of a corporate GIS of gas distribution organizations," (in Russian), in *Geoinformation Technologies in Design and Creation Corporate Information Systems*. Ufa: UGATU, 2011, pp. 23-29.
2. R. A. Badamshin and A. S. Pavlov, "Multiuser processing for distributed spatial information stored in a scientific - educational GIS RB," (in Russian), *Vestnik UGATU*, vol. 12, no. 1 (30), pp. 3-8, 2009.
3. S. V. Pavlov, A. S. Pavlov, and A. S. Samoylov, "The organization of spatial data processing in a distributed GIS of gas distribution organizations," (in Russian), in *Geoinformation Technologies in Design and Creation Corporate Information Systems*. Ufa: UGATU, 2012, pp. 57-62.

**About authors:**

**PAVLOV, Sergey Vladimirovich**, Head of Geoinformational Systems Dept. Dipl. Mathematician (Bashkortostan State Univ., 1977). Dr. (Habil.) Tech. Sci. (USATU, 1998).

**PAVLOV, Aleksandr Sergeevich**, Dept. of Geoinformational systems. Master of Technics & Technology (UGATU, 2006). Cand. (PhD) Tech. Sci. (UGATU, 2009).

**SAMOYLOV, Aleksandr Sergeevich**, Head of Geoinformational Systems Group. Dipl. Engineer (UGNTU, 2004).