

УДК 004:046

О.А. Ефремова, С.В. Павлов, А.В. Соколова

**ИНТЕГРАЦИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ
ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ В РЕГИОНАЛЬНУЮ СИСТЕМУ
ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

О.А. Efremova, S.V. Pavlov, A.V. Sokolova

**INTEGRATION OF THREE-DIMENSIONAL MODELS
OF POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS IN REGIONAL SYSTEM
OF INFORMATION DECISION MAKING SUPPORT**

Рассмотрена проблема интеграции трехмерных моделей потенциально опасных объектов в Геоинформационную систему органов исполнительной власти Республики Башкортостан. В качестве одного из подходов к ее решению предложена модифицированная схема, учитывающая интеграцию на уровне данных и сервисов. Для выявления более тесных связей между объектами интеграции введено теоретико-множественное описание пространственной информации в составе трехмерной модели потенциально опасного объекта и геоинформационной системы региона в целом. В соответствии с предложенным описанием и схемой интеграции разработан алгоритм и интерфейс работы с трехмерными моделями потенциально опасных объектов в составе Геоинформационной системы органов исполнительной власти Республики Башкортостан.

ИНТЕГРАЦИЯ; ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИНФОРМАЦИЯ; ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ; ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫЙ ОБЪЕКТ; ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННОЕ ОПИСАНИЕ; ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ РЕГИОНОМ.

The article considers the problem of integration of three-dimensional models of potentially dangerous objects in geographic information systems executive agencies of the Bashkortostan Republic. One of solutions this problem is proposed modified integration scheme of three-dimensional models of potentially dangerous objects in Geographic information systems executive agencies of the Bashkortostan Republic, in respect that the integration on data and services levels. To identify closer links between integration objects is introduced a set-theoretic description of the spatial information within the three-dimensional model of a potentially dangerous object and region geographic information systems as a whole. On basis of scheme and description is developed algorithm and interface to work with three-dimensional models of potentially dangerous objects in the Geographic Information System of the executive agencies of the Bashkortostan Republic.

INTEGRATION; SPATIAL INFORMATION; THREE-DIMENSIONAL MODEL; A POTENTIALLY DANGEROUS OBJECT; THE SET-THEORETIC DESCRIPTION; PROVIDING INFORMATION TO REGION DECISION-MAKING SUPPORT.

Республика Башкортостан является одним из крупных, стабильно развивающихся промышленных регионов Российской Федерации, управление которым требует использования информации, характеризующей регион как объект, обладающий природно-географическими, социально-демографическими, экономическими, инфраструктурными и иными характеристиками и особенностями. Учитывая разносторонний характер информации, большой объем и пространственную распределенность на территории региона, ее обработка невозможна без применения современных информационных систем, обеспечивающих сбор, хранение, анализ и графическую визуализацию пространственных данных.

Одной из таких систем является Геоинформационная система органов исполнительной власти Республики Башкортостан (ГИС ОИВ РБ), призванная автоматизировать процессы централизованного хранения, управления и предоставления органам исполнительной власти Республики, отдельным ведомствам, их территориальным подразделениям и предприятиям базовых и специализированных пространственных данных о ее территории и объектах, расположенных на ней, и тем самым обеспечивать информационную поддержку принятия решений по управлению Республикой в целом.

Важным направлением организации такого рода информационной поддержки принятия решений, основанном на том, что на территории Республики расположено большое количество промышленных объектов, представляющих угрозу окружающей среде и населению, является поддержка принятия решений в случае возникновения аварийных или чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Для минимизации временной оценки обстановки на территории аварийного объекта и оперативного принятия решения необходимо иметь наиболее полное представление о территории объекта в удобном для восприятия трехмерном виде. Исследованиям в области разработки различного рода трехмерных моделей посвящены работы

П.И. Пахомова, В.А. Немтинова, С. Златановой, М. Моленаара и др. [5–7].

По требованию Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий многие предприятия, эксплуатирующие объекты, несущие потенциальную угрозу, разработали трехмерные модели с использованием различных современных пакетов трехмерной графики и затем предоставили их в Министерство с целью формирования единого банка трехмерных моделей потенциально опасных объектов. Под потенциально опасными объектами понимаются объекты, на которых используют, производят, перерабатывают, хранят или транспортируют радиоактивные, пожаро- и взрывоопасные, опасные химические и биологические вещества, создающие реальную угрозу возникновения ЧС.

Исходя из того, что процесс поддержки принятия решений по управлению Республикой в случае возникновения различного рода чрезвычайных ситуаций требует предоставления наиболее полной информации об объекте, на котором произошла чрезвычайная ситуация, информацию о таких объектах в трехмерном виде необходимо интегрировать в ГИС ОИВ РБ (рис. 1).

Трехмерная модель потенциально опасного объекта

Трехмерные модели потенциально опасных объектов представляют собой полноценные трехмерные карты, которые позволяют выбирать объекты, входящие в состав модели, с целью запроса информации об объекте, редактировать их внешний вид и характеристики (семантику), определять координаты объектов, выполнять измерительные и расчетные операции, производить детальную оценку местности.

В основе моделей лежат различные картографические материалы: планы городов, космические и аэрофотоснимки, крупномасштабные карты, матрицы высот, растровые изображения и другие материалы, которые могут использоваться как по отдельности, так и совместно.

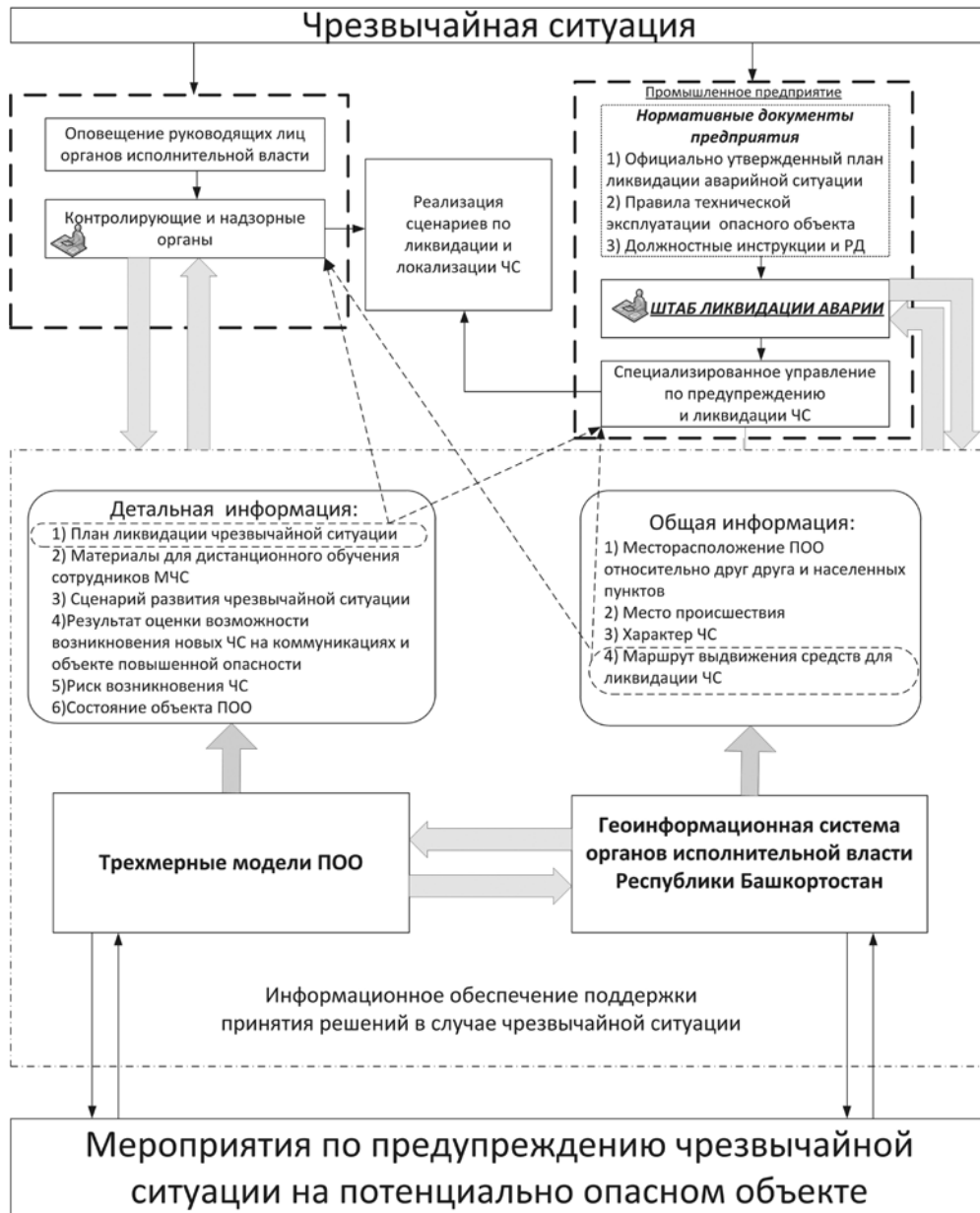


Рис. 1. Схема процесса информационной поддержки принятия решений по управлению Республикой в случае возникновения чрезвычайной ситуации

При этом трехмерная модель потенциально опасного объекта обеспечивает интеграцию информации обо всех видах пространственных объектов, находящихся на его территории, и может быть определена следующим набором элементов:

$$M = \langle D, F, P \rangle, \quad (1)$$

где D – множество пространственных данных об объекте; F – функция преобразова-

ния пространственных данных в трехмерное изображение; P – проект визуализации трехмерной модели.

В свою очередь множество пространственных данных, входящих в состав трехмерной модели потенциально опасного объекта, можно описать следующим образом [1]:

$$D = \langle V, R, T \rangle, \quad (2)$$

где V – векторные данные, хранящиеся в

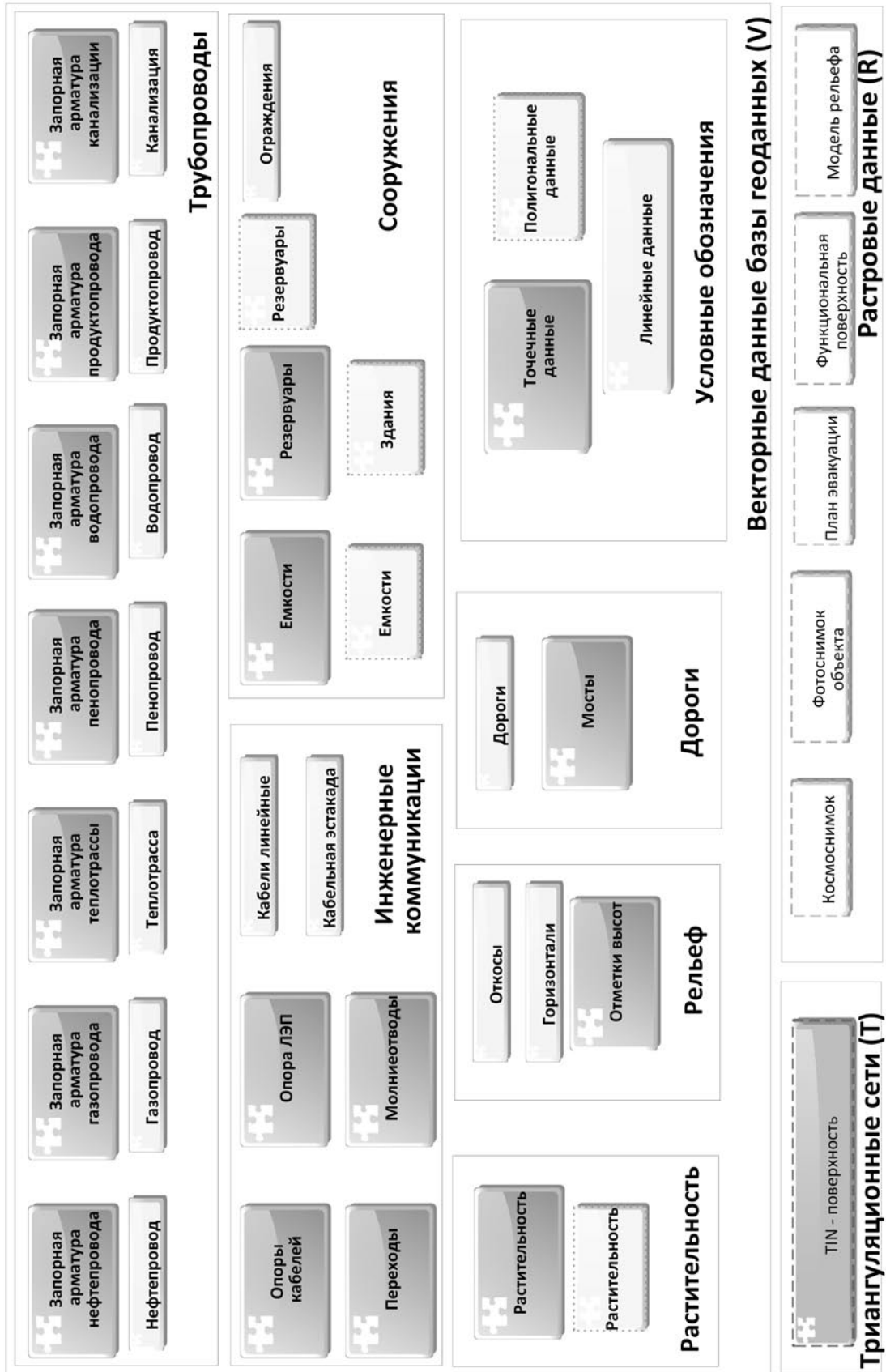


Рис. 2. Укрупненная информационная модель трехмерной модели потенциально опасных объектов в нотации VRML

базе геоданных и описывающие информацию о трехмерных объектах, расположенных на территории потенциально опасного объекта (коммуникации, сооружения, рельеф и др.); R – растровые данные (космические снимки территории, планы эвакуации и др.); T – данные о поверхности земли, хранящиеся в виде триангуляционных сетей.

Более детальное описание множества пространственных данных в составе трехмерной модели потенциально опасного объекта может быть представлено средствами методологии функционального и информационного моделирования процессов в нотации BPMN (рис. 2).

Так как на территории Республики расположено некоторое множество t объектов, несущих потенциальную угрозу, то совокупность трехмерных моделей потенциально опасных объектов можно описать следующим соотношением:

$$U = \bigcup_{i=1}^t M_i, \quad (3)$$

где U – множество трехмерных моделей потенциально опасных объектов, расположенных на территории Республики; M_i – трехмерная модель i -го потенциально опасного объекта; t – общее количество потенциально опасных объектов на территории Республики.

Введенное, таким образом, описание множества трехмерных моделей позволяет перейти к формализации процесса интеграции трехмерных моделей потенциально опасных объектов в Геоинформационную систему органов исполнительной власти Республики Башкортостан.

**Интеграция трехмерных моделей
потенциально опасных объектов в состав
Геоинформационной системы органов
исполнительной власти Республики
Башкортостан**

В Геоинформационной системе органов исполнительной власти Республики Башкортостан, как отмечалось в [3, 4], осуществляется обработка и визуализация пространственной информации, подразделяющейся на базовую информацию о тер-

ритории Республики и специализированную информацию органов исполнительной власти, которая может храниться как в каталоге ресурсов системы (хранилище ГИС ОИВ РБ), так и в различных собственных информационных системах органов исполнительной власти региона.

В целом структура Геоинформационной системы органов исполнительной власти Республики Башкортостан может быть описана следующим образом [2]:

$$S = \langle D, A \rangle, \quad (4)$$

где D – множество пространственных данных; A – множество сервисов обработки пространственных данных.

Все множество пространственных данных D может быть представлено соотношением:

$$D = B \cup E, \quad (5)$$

где B – совокупность базовых пространственных данных о территории Республики Башкортостан, доступных широкому кругу пользователей; E – совокупность специализированных баз данных всех органов исполнительной власти, которые в свою очередь подразделяются на K – совокупность пространственных данных всех органов исполнительной власти, создаваемых средствами собственных информационных систем и хранимых в них, и Z – совокупность специализированных пространственных данных всех органов исполнительной власти, создаваемых средствами ГИС ОИВ РБ и хранимых в ее каталоге ресурсов, то есть

$$E = K \cup Z. \quad (6)$$

В свою очередь для K и Z выполняются, соответственно, следующие соотношения:

$$K = \bigcup_{j=1}^l K_j, \quad (7)$$

где K_j – специализированные пространственные данные j -го органа власти; l – количество органов исполнительной власти, имеющих собственные ГИС;

$$Z = \bigcup_{k=1}^m Z_k, \quad (8)$$

где Z_k – специализированные простран-

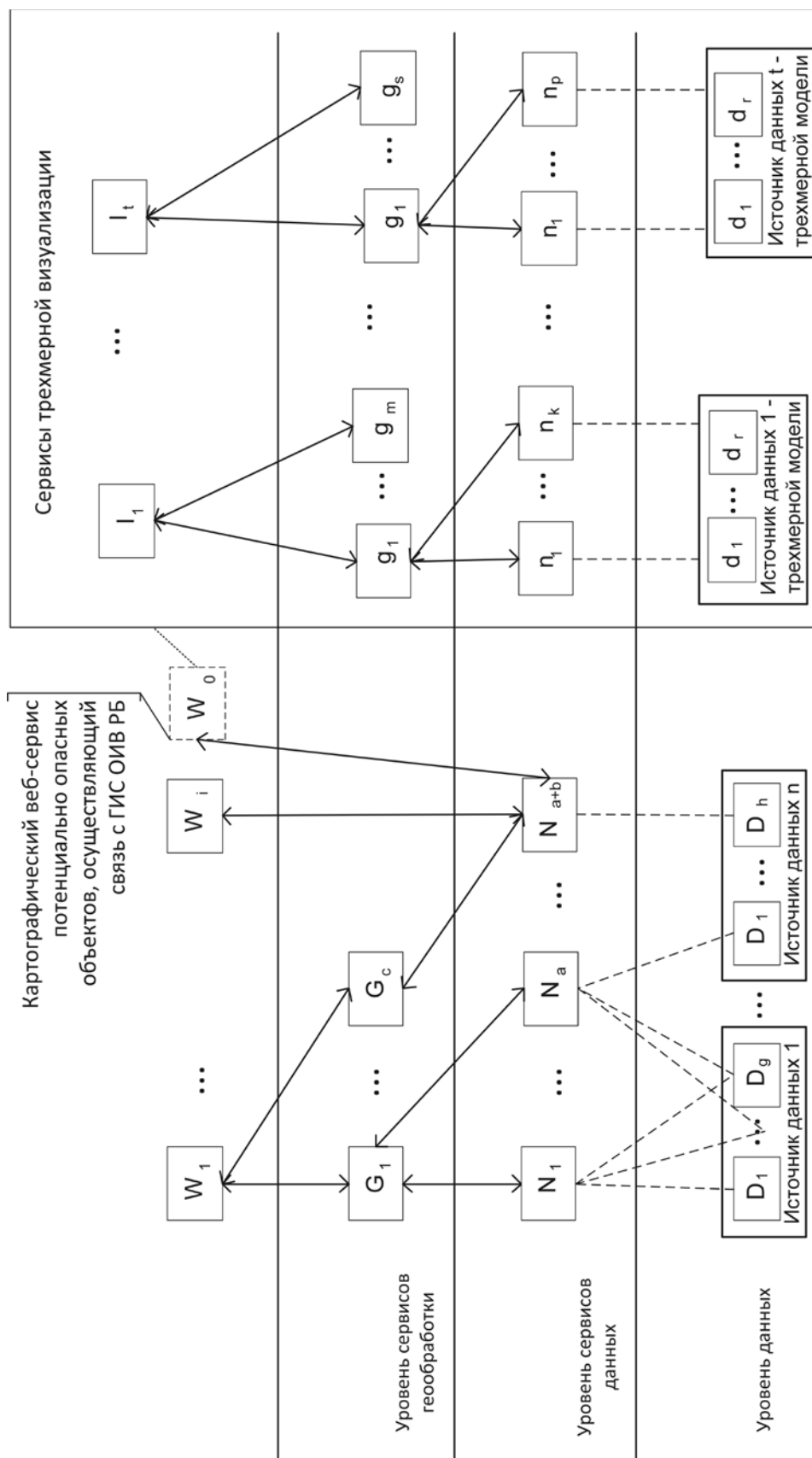


Рис. 3. Схема интеграции трехмерных моделей в ГИС ОИВ РБ

ственные данные k -го органа власти, а m – количество органов исполнительной власти, использующих для создания специализированных пространственных данных средства ГИС ОИВ РБ.

При интеграции в Геоинформационную систему органов исполнительной власти Республики Башкортостан трехмерных моделей потенциально опасных объектов множество пространственных данных в составе ГИС ОИВ РБ (соотношение (5)) должно быть расширено и описано следующим соотношением:

$$D = B \cup E \cup I, \quad (9)$$

где I – множество пространственных данных о потенциально опасных объектах, расположенных на территории Республики, которые представляют собой совокупность вида

$$I = \bigcup_{i=1}^t D_i, \quad (10)$$

где D_i – пространственные данные о i -м потенциально опасном объекте, представленные в виде (2); t – количество потенциально опасных объектов, расположенных на территории Республики.

Исходя из сказанного выше, соотношение (5) может быть представлено как

$$D = B \cup E = B \cup K \cup Z \cup I. \quad (11)$$

Таким образом, за счет выполнения (11) будет осуществлена интеграция трехмерных моделей потенциально опасных объектов в ГИС ОИВ РБ на уровне данных.

Для осуществления интеграции трехмерных моделей потенциально опасных объектов в Геоинформационную систему органов исполнительной власти Республики Башкортостан на уровне приложений

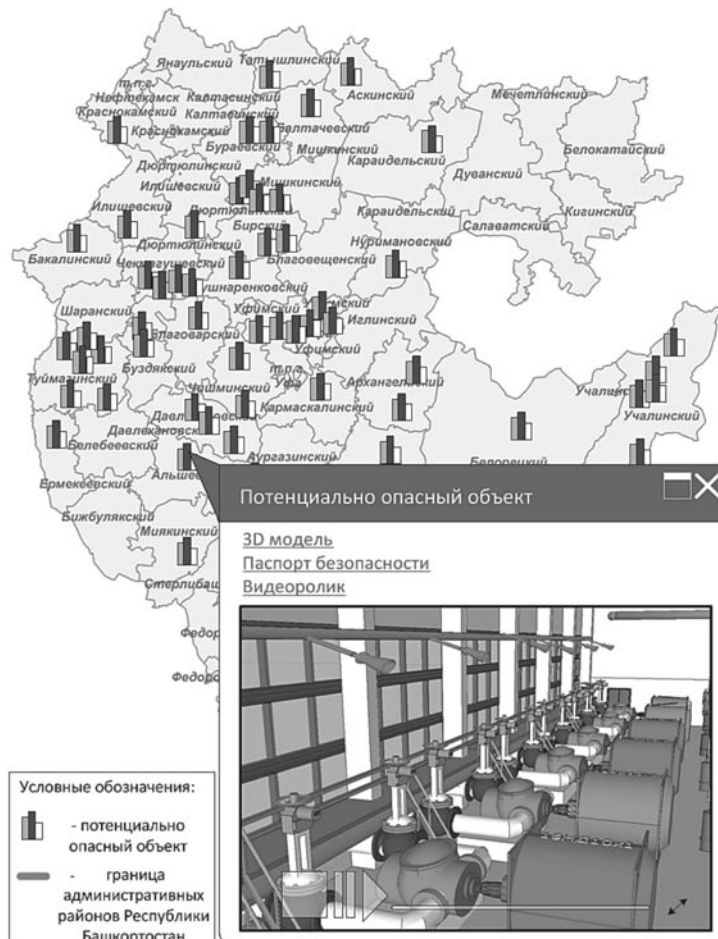


Рис. 4. Пример включения трехмерных моделей потенциально опасных объектов в ГИС ОИВ РБ

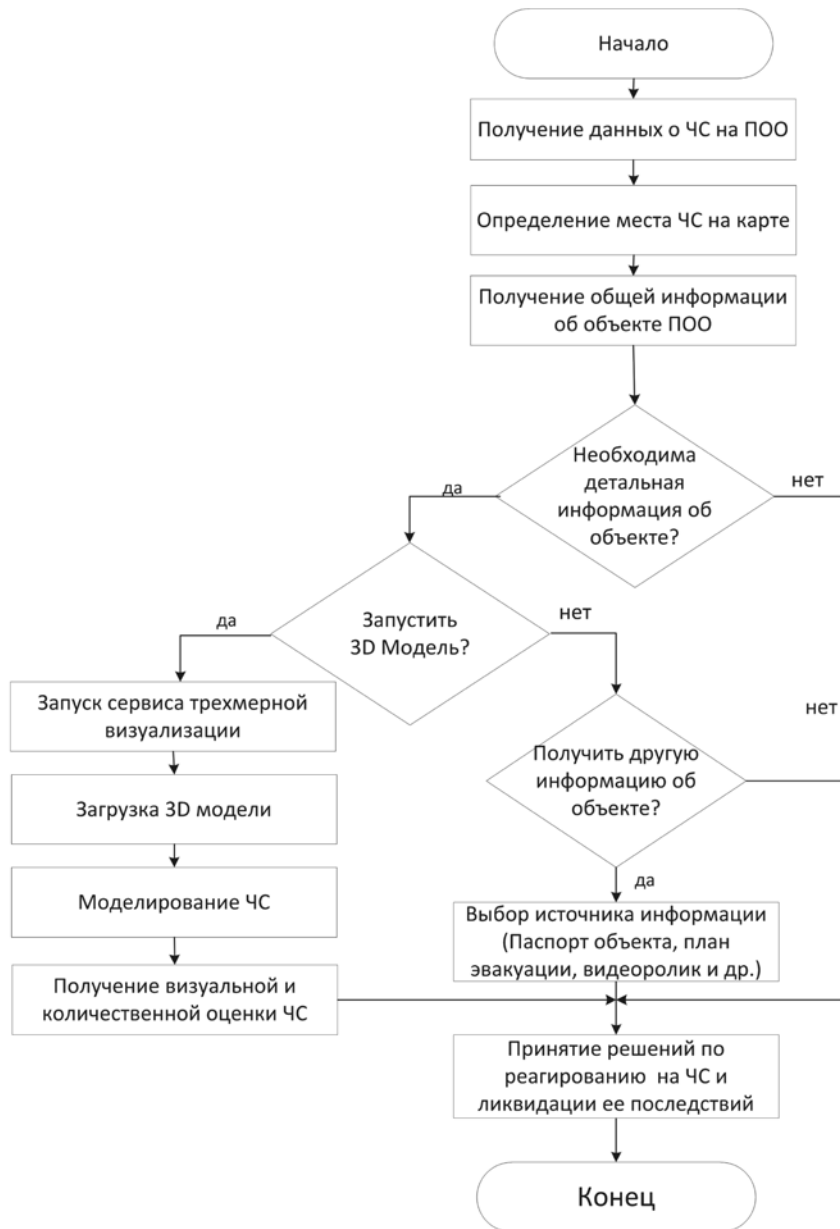


Рис. 5. Алгоритм использования интегрированных трехмерных моделей ПОО для обеспечения информационной поддержки принятия решений в случае возникновения ЧС и ликвидации ее последствий

(сервисов), для каждой интегрируемой базы данных должен быть разработан свой сервис данных N , набор сервисов геообработки G и картографических веб-сервисов W [3].

Интеграция трехмерных моделей потенциально опасных объектов в ГИС ОИВ РБ может быть осуществлена за счет разработки дополнительного сервиса L – сервиса трехмерной визуализации, представляющего собой множество кодов источников

пространственных данных трехмерных моделей потенциально опасных объектов C_L и множество характеристик сервиса H_L :

$$L = \{C_L, H_L\}. \quad (12)$$

Тогда, в соответствии с (4), множество сервисов обработки пространственных данных A может быть представлено в следующем виде:

$$A = \langle N, G, W, L \rangle. \quad (13)$$



В соответствии с введенным описанием (13) доработана предложенная в [3] схема интеграции пространственной информации, представленная на рис. 3, позволяющая интегрировать разработанные трехмерные модели потенциально опасных объектов в ГИС ОИВ РБ для обеспечения информационной поддержки принятия решения в случае возникновения ЧС и ликвидации ее последствий на территории Республики.

Пример интеграции трехмерных моделей потенциально опасных объектов в ГИС ОИВ РБ

Пример интеграции трехмерных моделей потенциально опасных объектов, расположенных на территории Республики Башкортостан, в ГИС ОИВ РБ приведен на рис. 4.

Для организации непосредственного доступа к трехмерным моделям на сервере системы опубликованы сервисы трехмерной визуализации, позволяющие предоставить геоинформационные ресурсы в трехмерном виде по сети Интернет/Инtranet и с помощью клиентского приложения включить модели в интерфейс Геоинформационной системы органов исполнительной власти Республики Башкортостан (независимо от среды их разработки). Также в составе ГИС ОИВ РБ на двухмерную карту территории Республики нанесен точечный слой «Трехмерные модели потенциально опасных объектов», включающий в себя информацию о месте расположения потенциально опасных объектов на территории Республики и обеспечивающий доступ к выбранной на карте трехмерной модели. Алгоритм использования интегрированных в ГИС ОИВ РБ трехмерных моделей ПОО для обеспечения информационной поддержки принятия решений в

случае возникновения ЧС и ликвидации ее последствий представлен на рис. 5.

Предложенная схема интеграции трехмерных моделей позволила осуществить пространственную привязку трехмерных моделей потенциально опасных объектов к электронной карте Республики Башкортостан, организовать многопользовательский доступ к ним посредством веб-интерфейса без установки специального оборудования на рабочих местах специалистов, принимающих решения, и тем самым расширить функциональность информационного обеспечения процесса поддержки принятия решений по управлению Республикой.

Предложено решение проблемы интеграции трехмерных моделей потенциально опасных объектов в разработанную на основе сервис-ориентированной архитектуры Геоинформационную систему органов исполнительной власти Республики Башкортостан, для чего введено теоретическое множество описание всей пространственной информации и разработана модифицированная схема интеграции разнородной пространственной информации в ГИС ОИВ РБ.

На основе полученных результатов разработаны алгоритм и интерфейс работы с трехмерными моделями потенциально опасных объектов в составе Геоинформационной системы органов исполнительной власти Республики Башкортостан, что позволит сократить время и увеличить точность принимаемых решений в случае возникновения чрезвычайной ситуации за счет предоставления полного объема необходимой информации о ее развитии в более наглядном и доступном для понимания виде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гизатуллин А.Р., Соколова А.В. Трехмерное моделирование инженерных коммуникаций в ГИС // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем: межвуз. научн. сб. Уфа: Изд-во УГАТУ, 2013. С. 176–185.
2. Павлов С.В., Ефремова О.А., Павлов А.С. Информационная вычислительная система для обеспечения органов исполнительной власти региона пространственными данными // Элек-

тротехнические и информационные комплексы и системы. 2013. Т. 9. № 2. С. 88–95.

3. Павлов С.В., Ефремова О.А., Ямалов И.У. Интеграция пространственной информации в Геоинформационной системе органов исполнительной власти на основе сервис-ориентированной архитектуры // Вестник УГАТУ. 2013. Т. 17. № 5(58). С.129–139.

4. Павлов С.В., Ефремова О.А., Соколова А.В. Формализованное описание пространствен-

ной информации в составе трехмерных моделей потенциально опасных объектов на основе теоретико-множественного подхода // *Электротехнические и информационные комплексы и системы*. 2014. Т. 10. № 1. С. 66–72.

5. **Пахомов П.И., Немтинов В.А.** Геоинформационная модель территории для поддержки принятия решений по управлению объектами коммунальных систем // *Вестник Тамбовского*

государственного технического университета. 2009. Т. 15. № 1. С. 199–207.

6. **Billena R., Zlatanova S.** 3D spatial relationships model: a useful concept for 3D cadastre? // *Proceedings of EGIS'90*. 1990. Vol. 2. No. 4. Pp. 411–425.

7. **Molenaar M.** A formal data structure for 3D vector maps // *Computers, Environment and Urban Systems*. 2003. Vol. 27. Pp. 770–781.

REFERENCES

1. **Gizatullin A.R., Sokolova A.V.** Trekhmernoye modelirovaniye inzhenernykh kommunikatsiy v GIS, *Geoinformatsionnyye tekhnologii v proyektirovani i sozdani korporativnykh informatsionnykh sistem: mezhvuz. nauchn. sb.* Ufa: UGATU Publ., 2013. Pp. 176–185. (rus)

2. **Pavlov S.V., Yefremova O.A., Pavlov A.S.** Informatsionnaya vychislitelnaya sistema dlya obespecheniya organov ispolnitelnoy vlasti regiona prostanstvennyimi dannymi, *Elektrotekhnicheskiye i informatsionnyye komplekсы i sistemy*, 2013, Vol. 9, No. 2, Pp. 88–95. (rus)

3. **Pavlov S.V., Yefremova O.A., Yamalov I.U.** Integratsiya prostanstvennoy informatsii v Geoinformatsionnoy sisteme organov ispolnitelnoy vlasti na osnove servis-oriyentirovannoy arkhitektury, *Vestnik UGATU*, 2013, Vol. 17, No. 5(58), Pp. 129–139. (rus)

4. **Pavlov S.V., Yefremova O.A., Sokolova A.V.**

Formalizovannoye opisaniye prostanstvennoy informatsii v sostave trekhmernykh modeley potentsialno opasnykh obyektov na osnove teoretiko-mnozhestvennogo podkhoda, *Elektrotekhnicheskiye i informatsionnyye komplekсы i sistemy*, 2014, Vol. 10, No. 1, Pp. 66–72. (rus)

5. **Pakhomov P.I., Nemtinov V.A.** Geoинформационная модель территории для поддержки принятия решений по управлению объектами коммунальных систем, *Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2009, Vol. 15, No. 1, Pp. 199–207. (rus)

6. **Billena R., Zlatanova S.** 3D spatial relationships model: a useful concept for 3D cadastre? *Proceedings of EGIS'90*, 1990, Vol. 2, No. 4, Pp. 411–425.

7. **Molenaar M.** A formal data structure for 3D vector maps, *Computers, Environment and Urban Systems*, 2003, Vol. 27, Pp. 770–781.

ЕФРЕМОВА Оксана Александровна – докторант кафедры геоинформационных систем Уфимского государственного авиационного технического университета, кандидат технических наук.

450000, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12.

E-mail: efremova-oa@yandex.ru

EFREMOVA, Oksana A. *Ufa State Aviation Technical University.*

450000, Karl Marx Str. 12, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.

E-mail: efremova-oa@yandex.ru

ПАВЛОВ Сергей Владимирович – профессор кафедры геоинформационных систем Уфимского государственного авиационного технического университета, доктор технических наук.

450000, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12.

E-mail: psvgis@mail.ru

PAVLOV, Sergey V. *Ufa State Aviation Technical University.*

450000, Karl Marx Str. 12, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.

E-mail: psvgis@mail.ru

СОКОЛОВА Анна Васильевна – аспирант кафедры геоинформационных систем Уфимского государственного авиационного технического университета.

450000, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12.

E-mail: beldyanova@ya.ru

SOKOLOVA, Anna V. *Ufa State Aviation Technical University.*

450000, Karl Marx Str. 12, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.

E-mail: beldyanova@ya.ru