Оригинальная статья / Original article

https://doi.org/10.21869/2223-1560-2020-24-4-146-165

CC BY 4.0

Формализация этапов жизненного цикла создания геоинформационной продукции на научно-производственном предприятии

Е.М. Зайцев [1], Е.А. Коломиец [2] ✉, В. Н. Николаев [2]

[1] АО НПФ «ИнфоСистем-35»
ул. 3-я Мытищенская,16, стр. 37, г. Москва 129626, Российская Федерация

[2] Юго-Западный государственный университет
ул. 50 лет Октября 94, г. Курск 305040, Российская Федерация

✉ e-mail: lenus07@yandex.ru

Резюме

Цель исследования. *Целью данной статьи является формализация процессов создания геоинформационной продукции (ГИП), в рамках ее жизненного цикла (ЖЦ), с учетом разнородных видов ресурсов ГИС научно-производственного предприятия (НПП). В качестве объекта исследования выбрана типовая подси-стема инфраструктуры АИС предприятия.*

Методы. *В статье на основе анализа научных источников и стандартов показано, что при создании ГИП требуются изменения традиционных подходов, принципов, моделей и методов как самих процессов создания ГИП, так и управления инфраструктурой и ресурсами НПП. Представлена в табличном виде модель, описывающая жизненный цикл создания ГИП с учетом перечня требуемых ресурсов и обеспечений. Выявлены особенности ЖЦ ГИП, базирующиеся на процессах геоинформационных технологий. Рассмотрен общий подход в формализации этапов, описывающих процессы обработки ГПИ и функционирования типовых элементов ГИС предприятия. На основе системных представлений и теоретико-множественного подхода разработана модель процесса автоматизированной обработки (ПАО) ГПИ, представленная декартовым произведением векторов. Выделены роль и особенности информационного обеспечения в создании ГИП.*

Результаты. *Проведенный анализ особенностей создания и функционирования ГИП, а также разработанное структурно-графическое и табличное представление позволили выявить взаимосвязь особенностей ГИП и содержания этапов их ЖЦ. Полученные результаты позволят четче позиционировать представляемые к разработке и эксплуатации элементы и компоненты ГИП, прежде всего в ГИС НПП, предоставят возможность адекватнее определить требования к системам данного класса.*

Заключение. *Представленные модели ЖЦ ГИП, учитывающие выявленные особенности их построения и функционирования, позволят, в дальнейшем, ставить и решать задачи моделирования и управления системами данного класса.*

Ключевые слова: *геопространственная информация; геоинформационная продукция; геоинформационная система; жизненный цикл; научно-производственное предприятие; процесс автоматизированной обработки; ресурсы; обеспечения; управление.*

Конфликт интересов: *Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.*

© Зайцев Е.М., Коломиец Е.А., Николаев В. Н., 2020

Для цитирования: Зайцев Е.М., Коломиец Е.А., Николаев В. Н. Формализация этапов жизненного цикла создания геоинформационной продукции на научно-производственном предприятии // Известия Юго-Западного государственного университета. 2020; 24(4): 146-165. https://doi.org/10.21869/2223-1560-2020-24-4-146-165.

Поступила в редакцию 21.10.2020 *Подписана в печать 02.11.2020* *Опубликована 30.12.2020*

Formalization of Life Cycle Stages of Geographic Information Products Creation at Research and Production Enterprises

Evgeniy M. Zaitsev [1], Elena A. Kolomiets [2] ✉, Viktor N. Nikolaev [2]

[1] JSC NPF INFOSYSTEM-35
3rd Mytishchenskaya str. 16, building 37, Moscow 129626, Russian Federation

[1] Southwest State University
50 Let Oktyabrya str. 94, Kursk 305040, Russian Federation

✉ e-mail: lenus07@yandex.ru

Abstract

Purpose of research. *The purpose of this article is to formalize the processes of creating geographic information products (GIP), within its life cycle (LC), taking into account heterogeneous types of GIS resources of a research - production enterprise (RPE). A typical subsystem of AIS infrastructure of an enterprise is an object of this study.*

Methods. *On the basis of an analysis of scientific sources and standards it was shown that changes in traditional approaches, principles, models are necessary in the creation of GIP. It is also necessary to change infrastructure and resources management of NPP. Presented in tabular form model is describing GIP life cycle taking into account the list of required resources and provisions. Features of LC GIP based on geoinformation technologies processes have been identified. The general approach in formalization of stages describing processes of GIP processing and operation of typical elements of GIS enterprise is described. A model of automated processing process (APP) of GIP is developed on the basis of system representations and theoretical-multiple approach. It is represented by the Cartesian product of vectors. The role and features of information support in the development of GIP are highlighted.*

Results. *The analysis of GIP functioning features, as well as developed structural graphic and tabular presentation, made it possible to identify links between GIP features and stages content of their LCs. The results will allow clearer positioning of GIP elements and components presented for development and operation, especially in GIS NPP. The results will provide an opportunity to define the requirements for systems of this class adequately.*

Conclusion. *The presented LC GIP models, taking into account the identified features of their construction and functioning, will allow, in the future, setting and solving modeling and management system tasks of this class.*

Keywords: *geospatial information; geoinformation products; geoinformation system; life cycle; research and production enterprise; automated processing process; resources; providing; management.*

Conflict of interest. *The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.*

For citation: Zaitsev E. M., Kolomiets E. A., Nikolaev V. N. Formalization of Life Cycle Stages of Geographic Information Products Creation at Research and Production Enterprises. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2020; 24(4): 146-165 (In Russ.). https://doi.org/10.21869/2223-1560-2020-24-4-146-165.

Received 21.10.2020 *Accepted 02.11.2020* *Published 30.12.2020*

***

Введение

В настоящее время, существенное развитие получили системы аэрокосмического мониторинга (АКМ) и дистанционного зондирования Земли, что обеспечивает повышение эффективности в ряде секторов народного хозяйства РФ. Использование результатов космической деятельности на основе применения геоинформационных технологий (ГИТ) и геоинформационных систем (ГИС) показывает их высокую эффективность при решении оборонных и народнохозяйственных задач, а также проблем в области науки, экономики и промышленности [1].

В результате использования постоянно растущего потока геопространственной информации (ГПИ) и данных дистанционного зондирования (ДДЗ), получаемых от средств АКМ, широкого использования перечисленных инновационных технологий появилась возможность создания новой разновидности высокотехнологичных наукоемких товаров – геоинформационной продукции (ГИП) [2, 3, 4].

Это привело к необходимости изменения условий развития информационных и ГИТ, автоматизации процессов, протекающих во внутренней и внешней среде прежде всего научно-производственных предприятий (НПП), специализирующихся на создании ГИП.

Выполненные исследования показали, что при создании ГИП требуются изменения традиционных подходов, принципов, моделей и методов как самих процессов создания ГИП, так и управления инфраструктурой и ресурсами НПП [5, 6]. Создание и эффективное применение ГИП непосредственно связано с использованием в инфраструктуре НПП инновационных ГИС и ГИТ [7].

Материалы и методы

1. Особенности и модель жизненного цикла (ЖЦ) ГИП

Важным аспектом функционирования систем на основе геоинформационных технологий является анализ процессов и построения моделей комплексной, тематической обработки ГПИ и данных на всех фазах ее ЖЦ [8].

Под ЖЦ ГИП будем понимать непрерывный процесс, который начинается с момента принятия решения о необходимости создания ГИП или ее основных компонент и заканчивается в момент ее прекращения эксплуатации [8].

Особенности и табличная модель ЖЦ ГИП. Важным аспектом функционирования систем на основе геоинформационных технологий является анализ процессов и построения моделей комплексной, тематической обработки ГПИ и данных на всех фазах ее ЖЦ [9].

Существует ряд исследований в области ЖЦ больших информационных систем. Основным нормативным документом, регламентирующим ЖЦ программно-информационных компонент и сред, является международный стандарт ISO/IEC 12207[1]. Он определяет

[1] ГОСТ Р 15288 ISO/IEC Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. М.: Стандартинформ, 2006. 73 с.

структуру ЖЦ больших систем, содержащую процессы, действия и задачи, которые должны быть выполнены во время создания информационных систем и их составляющих компонент.

Данный стандарт описывает структуру ЖЦ программного и информационного обеспечений, заказа, поставки, разработки, работы и поддержки программного обеспечения. Дополнительно описывается структура управления, контроля и совершенствования действий, участвующих в этом процессе.

Разработка и эксплуатация ГИП, в виде массивов ГПИ и геопространственных информационных моделей (ГИМ), представляет собой одновременно процессы функционирования автоматизированных систем обработки, являются этапами жизненного цикла прохождения информации и входят в состав процедур ЖЦ работы с использованием ГИС и ГИТ (табл.1).

При этом сами массивы ГПИ, с одной стороны, представляют собой один из видов ресурсов автоматизированной системы – геопространственного информационного обеспечения (ГПИО), а с другой стороны, являются выходными наукоемкими информационными продуктами.

Таблица 1. Содержание процедур ЖЦ ГИП в составе АИС НПП

Table 1. Content of GIP LC procedures as part of the NPP AIS

Название этапа (фазы) / Name of the stage (phase)	Содержание этапа (процедуры) / Content of the stage (procedure)
Формирование облика ГПИ (как информационного продукта)	1.Анализ исходных компонент видовой и сопутствующей информации. 2.Анализ требований к составу и параметрам ГПИ. 3.Анализ имеющихся ГИТ и ресурсов. 4.Формирование требований к модели ГПИ – как НТП. 5.Планирование применения ресурсов ГИП. 6.Разработка технического задания
Создание (тематическая обработка ГПИ) ГИП	1.Предварительная обработка исходных снимков (фрагментов) аэрокосмической видовой и сопутствующей информации. 2.Векторизация фрагментов базовых и специальных слоев, привязка атрибутивной информации в БД. 3.Площадная, послойная и генеральная интеграция (сшивка) тематических слоев в массив ГПИ, ГИМ. 4.Разработка и интеграция в массив ГПИ специального программного обеспечения (СПО): управления ГПИ, визуализации, актуализации, сопряжения и конвертации, защиты и т.д. 5. Тестирование, верификация и формирование выходного массива. 6.Разработка эксплуатационной документации на массив ГПИ

Окончание табл. 1 / Table 1 (ending)

Название этапа (фазы) / Name of the stage (phase)	Содержание этапа (процедуры) / Content of the stage (procedure)
Внедрение	1.Формирование комплекта (массива) ГПИ под объект и условия обработки. 2.Доставка и инсталляция массива ГПИ на АРМ целевого применения, настройка параметров под объект и задачи обработки. 3.Испытания массива ГПИ в условиях конкретного предприятия. 4.Обучение и тренировки персонала работе с ГПИ
Эксплуатация	1.Использование массива ГПИ, в составе ГИП, с целью: получения новой информации; выполнения расчетно-аналитических задач; обеспечения мероприятий; обучения и тренировки сотрудников. 2.Получение геопространственных данных с целью актуализации параметров объекта и условий обработки ГПИ
Модернизация (актуализация) ГИП	1. Корректировка базовой ГПИ. 2. Актуализация тематических слоев. 3. Разработка и интеграция в массив ГПИ СПО
Утилизация	1.Оценка морального и технологического уровня массива ГИП. 2.Физическое уничтожение ГИП с соблюдением требований безопасности и закрытости. 3. Экстренное уничтожение массива ГИП

В соответствии со стандартом ISO/IEC 12207 структура ЖЦ ГИП может быть представлена тремя группами процессов:

– основные процессы ЖЦ ГИП (формирование требований и облика, разработка, эксплуатация, сопровождение);

– вспомогательные процессы (документирование, управление составом и характеристиками ГИП, обеспечение качества, аттестация и сертификация выходного информационного продукта, решение текущих технологических проблем);

– организационные процессы (управление ресурсами ГИП и информационными проектами, создание инфраструктуры проекта, улучшение технико-экономических показателей самой ГИП, обучение персонала).

Управление составом и характеристиками или конфигурацией ГИС и ГИТ и основными ресурсами позволяет организовать, систематически учитывать и контролировать внесение изменений в информационные массивы на всех стадиях их ЖЦ, при этом обеспечивать требуемое качество применения ГИП, это прежде всего верификация, тестирование выходного массива ГПИ [10].

Управление ресурсами корпоративной автоматизированной информационной системы (АИС) при создании ГИП осуществляется через планирова-

ние и организацию работ, создание квалифицированных коллективов разработчиков, контроль за сроками и качеством выполняемых работ [11, 12].

Техническое, программно-технологическое, организационное и интеллектуальное обеспечение информационного проекта включает выбор методов и инструментальных средств для реализации информационных проектов, определение методов формализации процессов функционирования, разработку методов и средств испытаний ГИП, обучение персонала и т.п.

Модель ЖЦ ГИП – структура, определяющая последовательность выполнения и взаимосвязи процессов, действий и задач, выполняемых на протяжении ЖЦ ГПИ, как конечного продукта функционирования АИС НПП [13, 14].

Технологические процессы, в рамках данных технологий, обеспечивают разработку и производство ГИП и имеют ряд особенностей, отличающих их от традиционных информационных технологий, это [1,3]:

– высокая наукоемкость и стоимость используемых ГИТ;

– использование в технологических процессах значительного числа патентов, изобретений, моделей, лицензий, процессов «ноу-хау» и т.д.;

– большинство процессов анализа, обработки, управления информацией выполняется в звене «человек – информационные ресурсы» и обладает значительной долей неопределенности и новизны;

– большая часть разрабатываемой и изготавливаемой ГИП выполняется в виде электронных массивов ГПИ, геопространственных информационных моделей (ГИМ), геопространственного информационного обеспечения (ГПИО) и т.д., которые используются в перспективных автоматизированных системах, решающих новые задачи.

Таким образом, инновационная ГИС формирует качественно новый вид товара – ГИП, сочетающие свойства геопространственных и экономических данных [4, 15].

Основная функция инновационной АИС, на основе ГИС и ГИТ, предприятия – это обработка разнородной информации, привязывание ее к геопространственным данным и формирование ГИП.

2. Формализация процессов создания ГИП

Анализ тенденций изменения требований к основным параметрам исходной ГПИ и процессам разработки элементов и ресурсам ГИП как новой разновидности ГПИО, выполненный выше, показывает актуальность и необходимость проведения исследований в области анализа процессов обработки ГПИ. Совокупность процессов обработки ГПИ на каждой фазе ее ЖЦ ГИП в целом и представляет собой процесс функционирования ГИС предприятия.

Одним из основных направлений решения проблемы повышения эффективности процессов обработки ГПИ является комплексное моделирование про-

цессов разработки, проектирования, изготовления и испытания системы автоматизированных комплексов в составе АИС НПП, реализующей «сквозное» прохождение информации в рамках ЖЦ ГПИ [3, 4, 16, 17]. При решении этой проблемы возникают задачи, связанные с разработкой методов анализа и синтеза систем такого класса.

Рассмотрим общий подход в формализации этапов, описывающих процессы обработки ГПИ и функционирования типовых элементов АИС. При этом целью разработки моделей и их исследование является формализация на их основе общей задачи рационального построения подсистем и ресурсов АИС НПП, суть которой заключается в установлении функциональных взаимосвязей между показателями эффективности средств автоматизации, их характеристиками и параметрами внешней среды.

На основе системных представлений и теоретико-множественного подхода, в общем виде, модель процесса автоматизированной обработки (ПАО) ГПИ представим декартовым произведением [18]

$$\langle ПАО \rangle = < W_1 >< W_2 >< W_3 >< W_4 >, \quad (1)$$

где W – векторы с индексами, соответствующими: 1 - исходной информации об объекте автоматизированной обработки и внешней среде; 2 – средствам процесса обработки; 3 – результатам обработки; 4 – управлению процессом обработки.

Каждый объект обработки, на соответствующей фазе ЖЦ ГПИ, в структурном смысле представляет собой электронный массив ГПИ и состоит из различного числа определенным образом связанных между собой геоинформационных слоев, моделей, данных. По отношению к АИС предприятия совокупность исходных видовых космических снимков, аэроматериалов, данных, требований к ГПИ и процессам ее обработки является внешней средой, вследствие чего вектор W1 детально описывает ГПИ, поступающую с предыдущих источников информации, как

$$< W_1 >=< W_{11} >< W_{12} >< W_{13} >, \quad (2)$$

где W_{11} – тип и класс исходной (по отношению к этапу обработки) видовой и сопутствующей информации: ЦКМ, ЦМР, геокодированные подложки, массивы информации в БД и т.д.;

W_{12} – вектор параметров информационных массивов (ИМ): количество объектов, слоев, уровень сложности и т.д.;

W_{13} – временная характеристика потоков заявок ИМ.

Преобразование информационного массива (ИМ) осуществляется на основе четырех основных типов обеспечений АИС НПП [19]

$$< W_2 >=< W_{21} >< W_{22} >< W_{23} >< W_{24} >, \quad (3)$$

где W_{21} – программно-технологическое обеспечение (ПТО);

W_{22} – информационное обеспечение (ИО);

W_{23} – комплекс технических средств (КТС);

W_{24} – интеллектуальное обеспечение (ИНО).

Анализируя возможности и условия применения данных моделей ЖЦ, при построении ГИП следует иметь в виду, что системы такого класса целесообразно представлять в виде следующих обеспечений (ресурсов) [19] (табл. 2):

– технического обеспечения (ТО);

– программно-технологического обеспечения (ПТО);

– информационного обеспечения (ИО);

– интеллектуального обеспечения (ИНО).

Таблица 2. Перечень ресурсов ГИС НПП для создания ГИП

Table 2. List of GIS NPP resources for GIP creation

Название этапа (фазы) / Name of the stage (phase)	Необходимый вид ресурса и компонентов обеспечений для создания ГИП / Required type of resource and security components for creating a GIP			
	Программно-технологическое обеспечение (ПТО)- W_{21} / Software and technology support (STS)	Информационное обеспечение (ИО) - W_{22} / Information support (IS)	Комплекс технических средств (КТС) - W_{23} / Complex of technical means (CTM)	Интеллектуальное обеспечение (ИНО) - W_{24} / Intelligent software (IS)
Внешнее проектирование (на основе исходной ГПИ)	ПО предварительной и специальной обработки, обеспечивающее ПО, драйверы сенсоров и периферийных устройств	БИР, архивы ГПИ, исходные изображения, массивы и характеристики потоков исходной ГПИ и ДДЗ	Средства получения информации: Аппаратные средства обработки ГПИ на борту: Средства передачи и ретрансляции массивов исходных изображений	Математические модели, методы, «ноу-хау». Патенты и полезные программные модели
Формирование требований к облику ГИП	ПО тематической и специальной обработки, обеспечивающее ПО, файлы требований формирования ГИП	Различные БД, БИР, архивы ГПИ, исходные изображения, репозитарии ГИМ, массивы ГПИ, массивы различных данных	Средства подготовки информации. Аппаратные средства предварительной обработки информации	Математические модели, методы, «ноу-хау». Базы знаний. Патенты и полезные программные модели
Создание (тематическая обработка ГПИ) ГИП	Операционные системы, ПО тематической и специальной обработки, ПО управления, обеспечивающее ПО, драйверы технологических автоматов, периферийных устройств	Различные БД, СУБД, БИР, архивы ГПИ, исходные изображения, репозитарии ГИМ, массивы ГПИ, массивы различных данных	Средства подготовки информации. Аппаратные средства обработки информации. Средства реализации результатов обработки	Математические модели, методы, «ноу-хау». Средства, методы и методики обучения и тренировки персонала. Базы знаний. Патенты и полезные программные модели

Окончание табл. 2 / Table 2 (ending)

Название этапа (фазы) / Name of the stage (phase)	Необходимый вид ресурса и компонентов обеспечений для создания ГИП / Required type of resource and security components for creating a GIP			
	Программно-технологическое обеспечение (ПТО)- W_{21} / Software and technology support (STS)	Информационное обеспечение (ИО) - W_{22} / Information support (IS)	Комплекс технических средств (КТС) - W_{23} / Complex of technical means (CTM)	Интеллектуальное обеспечение (ИНО) - W_{24} / Intelligent software (IS)
Внедрение, инсталляция ГИП	Операционные системы, ПО тематической и специальной обработки, ПО управления, обеспечивающее ПО, драйверы технологических автоматов, периферийных устройств	Различные БД, СУБД, БИР, архивы ГПИ, исходные изображения, репозитарии ГИМ, массивы ГПИ, массивы различных данных	Средства подготовки информации. Аппаратные средства обработки информации. Средства реализации результатов обработки	Патенты и полезные программные модели
Эксплуатация	Операционные системы, ПО тематической и специальной обработки, ПО управления, обеспечивающее ПО, драйверы технологических автоматов, периферийных устройств	Различные БД, СУБД, БИР, архивы ГПИ, исходные изображения, репозитарии ГИМ, массивы ГПИ, массивы различных данных	Средства подготовки информации. Аппаратные средства обработки информации. Средства реализации результатов обработки	Средства, методы и методики обучения и тренировки персонала. Базы геоданных
Модернизация (актуализация) ГИП	ПО предварительной и специальной обработки, обеспечивающее ПО, драйверы сенсоров и периферийных устройств	Различные БД, СУБД, БИР, архивы ГПИ, исходные изображения, репозитарии ГИМ, массивы ГПИ, массивы различных данных	Средства подготовки информации. Аппаратные средства обработки информации. Средства реализации результатов обработки	Математические модели, методы, «ноу-хау». Базы знаний. Патенты и полезные программные модели
Утилизация	ПО управления устройств утилизации	Электронные массивы БД, СУБД, БИР, архивы ГПИ, исходных изображений, репозитарии ГИМ, массивы ГПИ, массивы различных данных	Средства подготовки информации к утилизации. Механические и электронные средства уничтожения	Средства, методы уничтожения информации

Первые два вида обеспечения образуют программно-техническую вычислительную среду ГИП и представляют собой инструмент для решения широкого класса задач. Их создание хорошо описывается каскадной моделью, что методологически и практически закреплено в документах, регламентирующих проведение НИОКР в области обработки и применения ГИП[1].

[1] ГОСТ Р 15288 ISO/IEC Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. М.: Стандартинформ, 2006. 73 с.

Компонента технического обеспечения (ТО) представляет собой КТС по подготовке, обработке информации и визуализации результатов обработки массивов ГПИ.

ПТО подразделяется на ряд основных групп.

К первой группе относятся информационно-вычислительные среды и операционные системы (ОС), обеспечивающие процесс функционирования вычислительных средств определенных классов. Обычно ОС, входящие в состав ПО и ИО, и являются инвариантными относительно ПАО.

Вторая группа представляет собой комплекс подсистем и пакетов прикладных программ, которые совместно с управляющими программами, на основе геоинформационных технологий ориентированы на обработку заданных типов элементов ГПИ. Данный вид ПО является специализированным в технологическом плане и определяет проблемную ориентацию ГИС предприятия.

Обеспечивающие подсистемы и программы ввода и вывода информации на периферийные устройства инвариантные относительно массивов ГПИ и ориентированы на определенный вид геоинформационной технологии [20].

Важное место занимает ИНО, представляющее собой совокупность математических моделей процессов обработки, интеллектуальной собственности, «ноу-хау», баз знаний, квалифицированного персонала и средств их подготовки и тренировки. Основу ИО в ГИС НПП составляет система БД и СУБД. Составными компонентами здесь являются централизованная и локальные базы данных различных типов и архивы массивов данных и ГПИ. При этом в зависимости от типа ПАО, состава и характеристик ПО, конкретных характеристик КТС массивы данных могут иметь различную структуру[1].

Информационное обеспечение имеет двойственный характер применения. С одной стороны, это система БД, в которых хранятся ранее сформированные массивы ГПИ в виде: ГИМ, фрагментов цифровых моделей рельефа и местности, атрибутивной информации и т.д. В этом виде ИО выступает как обеспечивающий ресурс функционирования ГИП. С другой стороны, хранимые в БД массивы ГПИ, подвергаются:

– модернизации, когда разрабатываются и встраиваются в массивы ГПИ программы, решающие задачи управления, визуализации, защиты информации и т.д.;

– актуализации, когда в специализированные и тематические слои вводятся новые данные.

В этом случае ИО выступает в виде новых информационных продуктов, выходных массивов ГПИ и является результатом функционирования ГИС предприятия. Создание информационного продукта основано на прибавлении

[1] ГОСТ Р 15288 ISO/IEC Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. М.: Стандартинформ, 2006. 73 с.

к основной, хранимой в БД информации, новой порции информации, т.е. массив ГПИ усложняется и развивается эволюционным путем.

В данной ситуации в целом основные процессы ЖЦ ГПИ целесообразно описывать спиральной моделью. Ввиду важности роли информационного ресурса в процессе функционирования ГИП рассмотрим более детально основные процедуры ЖЦ ГПИ на фоне применяемых ресурсов (табл. 2).

Несмотря на значительное количество этапов и процедур, описывающих ЖЦ ГИП, целесообразно разделить все виды обеспечений на две части. Первая включает процессы ЖЦ ТО, ПТО, ИНО, а вторая – процедуры ЖЦ ГПИ.

Такое разделение является принципиальным, поскольку первоначально разрабатываются и реализуются компоненты ГИП в виде ТО, ПТО, ИНО, которые выступают как инструмент, посредством которого создается наукоемкий информационный продукт – массив ГПИ, то есть процессы ЖЦ ГПИ начинаются при наличии других видов обеспечений.

Рассматривая процесс ЖЦ ГИП относительно ее основных обеспечений (ресурсов) следует выделить следующие особенности, относящиеся только к ИО [19]:

– ЖЦ ИО начинается только после разработки и начала эксплуатации ТО, ПТО, ИНО входящих в подсистемы реализующих этапы предварительной и интегральной (комплексной) обработки ГПИ;

– характер взаимосвязей между этапами и процедурами в модели ЖЦ ГПИ отличается от моделей других видов обеспечений, он имеет характер многочисленных итераций вида «формирование – эксплуатация – актуализация - ….», связанных со своевременной актуализацией массивов ГПИ;

– длительность этапов ЖЦ ГПИ намного короче времени жизни остальных видов ресурсов;

– интенсивность формирования и актуализация массивов ГПИ как нового информационного научно-технического продукта намного превышают, темпы модернизации элементов и других ресурсов ГИП.

В плановом режиме процессы формирования и актуализации рабочих выходных массивов ГПИ представляют собой основные процессы функционирования ГИП как таковой. Анализ показывает, что наиболее чувствительными к действию факторов являются этапы тематической (комплексной) обработки и актуализации (модернизации) массивов ГПИ. Это объясняется тем фактом, что на данных этапах для автоматизированной обработки ГПИ применяется большое количество наукоемких технологий.

На этапе внедрения сильно влияют факторы, обусловливающие форму представления информационных массивов и влияющие на возможность изменения физических свойств.

В целом на основе анализа можно выявить особенности функционирова-

ния ГИП, в процессе ее ЖЦ. Данными особенностями являются [5]:

1. Интегральный (тематический) характер обработки ГПИ, вызванный необходимостью привязки к объектам координатно-метрической, атрибутивной информации и формированием многослойных массивов ГПИ.

2. Распределенность основных видов обеспечений, обусловленная как разновидностью исходной видовой информацией, так и сетевым характером размещения информационно-вычислительных ресурсов.

3. Высокая наукоемкость процессов обработки ГПИ, связанная, с необходимостью использования цепочки высокотехнологичных процессов обработки информации.

4. Параллельная коллективная обработка ГПИ, в рамках одного информационного проекта, обусловленная следующими причинами:

– физиологической невозможностью качественной обработки одним оператором больших объемов информации;

– одновременным поступлением на обработку большого числа видового картографического материала (снимков, трапеций, фрагментов и т.д.) на обширные территории;

– повышенными требованиями к времени получения законченного информационного проекта;

– необходимостью интенсификации процессов внедрения нового вида информационного обеспечения - ГПИО.

5. Необходимость защиты ресурсов ГИП на всех этапах ее ЖЦ.

Описание на вербальном уровне, выявление особенностей построения и функционирования ГИП и основных видов обеспечений в процессе ее ЖЦ позволяет, в дальнейшем, ставить и решать задачи моделирования и управления системами данного класса.

На всех этапах ПАО ГИП производится проверка полученного результата с заданными требованиями. Процедура проверки и требования к результатам обработки, т.е. к массиву выходной ГПИ на соответствующем *j*-этапе обработки, определяются вектором W_3.

При этом выходной массив ГИП, как проектное решение, следует считать допустимым, если вектор параметров качества соответствует заданным [18]

$$Q_{j(ОАП)} \geq Q_{j(ОАП_{jзад})}, \quad (4)$$

где Q_j – вектор параметров выходного ИМ на *j*-этапе ПАО.

Выполнение данного условия достигается путем управления ПАО посредством воздействия вектора W_4, который определяет стратегию достижения цели на всех этапах обработки (формирования) ГПИ.

Описанная на системном уровне модель ПАО позволяет определить назначение, состав основных системных ресурсов (компонент), необходимых для построения ГИС НПП.

Результаты и их обсуждение

Проанализируем результат использования предложенной модели форма-

лизации на примере функционирования тематических АРМ, в составе ЛВС, СО ГПИ НПП.

Входной информационный поток, описываемый параметрами вектора W_1, поступает на вход СО ГПИ, в виде (табл. 3):

– геокодированных растровых картографических материалов; ортотрансформированных изображений;

– справочной информации;

– данных базовых информационных слоев ГПИ;

– данных решения прикладных задач.

Обработка данных, составляющих входной информационный поток, производится в СО ГПИ на основе структурированных ресурсов каждого АРМ, описываемых вектором W_2 (табл. 4).

Таблица 3. Пример структуризации и оценки параметров информационных потоков и элементов обработки для СО ГПИ в составе АРМ вида W1 при создании системы обработки ГПИ в рамках одного проекта (задачи)

Table 3. Example of structuring and evaluating the parameters of information flows and processing elements for SO GPI as part of a W1 AWP when creating a GPI processing system within a single project (tasks)

Функции АРМ (задачи) / AWP functions (tasks)	Параметры функционирования АРМ в составе СО ГПИ НПП – W_1 / Parameters of AWP functioning as a part of SO GPI NPP						
	Количество одновременных проектов – S / Number of simultaneous projects	Тип массива ГПИ – i = 1(1)I / The type of the array GUI	Вид этапа j = 1(1)J / View of the stage	«Сложность» массива – κ= 1(1)K / The "complexity" of the array	Коэффициент качества задачи - X_{ij} / The quality factor of the task	Интенсивность потока заявок – Λ, 1/час / The intensity of the flow of application	Среднее время получения преобразованной - $T_{npi}(k,x)$, час / Average time to get the converted
АРМ-Обработки и хранения сопутствующей информации	1-50	1-10	1-8	1-6	0,98	5 - 10	0,1 – 0,2
АРМ- Создания базовых информационных слоев	1-16	1-16	1-4	1-6	0,98	20-200	0,05 – 0,1
АРМ-Администрирования и обеспечения безопасности информации	1-100	1-20	любой	1-6	0,98	1 - 10	0,01 – 0,05

Таблица 4. Пример формализованного выбора перечня ресурсов АРМ вида W2 при создании системы обработки ГПИ

Table 4. Example of a formalized selection of a list of W2 AWP resources when creating a GPI processing system

Функции АРМ (задачи) / AWP functions (tasks)	Базовые виды обеспечений (ресурсы) АРМ - W_2 / Basic types of arm security (resources)]			
	ТО - W_{21} / TS	ПТО - W_{22} / STS	ИО - - W_{23} / IS	ИНО - W_{24} / IS
АРМ-Обработки и хранения сопутствующей информации	ПЭВМ (двухпроцессорный) – 2,0 ГГц, ОЗУ – 1 Гб, ДЗУ – 200 Гб, монитор TFT 24, дисковый массив – 1,6 Тб, сканер ПРОСКАН	ОПО: MS Windows 2010 Professional, MS Offise, ACD See. СПО: Графический редактор Adobe Photoshop CS 8; хранения и обработки ГПИ Arc View 8.3; распознавания текста по отсканированным материалам ABBYY FineReader 6.0 Professional Trail; векторизатор картографических изображений Easy Trace; Easy Trace Pro 7.95; конвертор файлов Garmin 2SHP	Форматы TIF, JPEG, IMG	Оператор
АРМ- Создания базовых информационных слоев	ПЭВМ (двухпроцессорный) – 2,0 ГГц, ОЗУ – 1 Гб, ДЗУ – 80 Гб, 2 монитора TFT 24, дисковый массив – 1,6 Тб, сканер ПРОСКАН	ОПО: MS Windows 2010 Professional, MS Offise, , ACD See. СПО: Dr.Web, ПО ИРВ, Erdas Essential; обработки ГПИ Arc View 3.3 рус.; векторизатор изображений Microstation v.8.1; векторизатор картографических изображений Easy Trace Pro 7.95; ПО измерения вертикалей конвертор Microstation	Форматы TIF, JPEG, IMG	Инженер-разработчик. Оператор
АРМ-Администрирования и обеспечения безопасности информации	ПЭВМ (двухпроцессорный) – 3,0 ГГц, ОЗУ – 2 Гб, ДЗУ – 150 Гб, монитор TFT 20. Комплект сетевого оборудования	ОПО: MS Windows 2010 Professional, MS Offise, ACD See. СПО: ПО администрирования ЛВС, ПО управления доступом, Страж, Dr.Web, ПО администрирования и управления ЛВС	Коды и пароли доступа. Протоколы обмена	Квалифицированный оператор

Информация, циркулирующая в подсистеме СО ГПИ, состоит из информационных файлов:

– картографических материалов в виде тиражных оттисков;

– геокодированных растровых картографических материалов (SID, IMG);

– изображения зданий в цифровом виде или в виде фотографий в форматах JPEG, BMP, TIFF;

– ортотрансформированных изображений земной поверхности (HMR, SIO);

– справочной информации на основе мультимедиа-материалов, баз данных, фотоальбомов, справочников, маршрутов транспорта различного назначения в виде тиражных оттисков или в электронном (цифровом) виде;

– заявок на разработку СПО или решение прикладных задач.

Выходные данные СО ГПИ представляют собой ГИП в виде:

– цифровые растровые и векторные карты местности в виде Shape-файлов;

– разработанные базовые слои ГПИ;

– специальные тематические данные, представленные в отдельных слоях ГПИ;

– справочные данные о зданиях, улицах, дорогах, а также сопутствующая информация в форматах TXT, HTML, BMP, Shape-файлы и пр.;

– варианты решения прикладных задач в цифровой и документальной формах представления.

Проведенный анализ особенностей создания и функционирования ГИП, а также разработанное структурно-графическое и табличное представление позволили выявить взаимосвязь особенностей ГИП и содержания этапов их ЖЦ. Полученные результаты позволят четче позиционировать представляемые к разработке и эксплуатации элементы и компоненты ГИП, прежде всего в ГИС НПП, предоставят возможность адекватнее определить требования к системам данного класса.

Выводы

На основе системных представлений и теоретико-множественного подхода выполнена формализация процессов описания построения ГИП и ее элементов. В рамках концептуального подхода построена модель процесса автоматизированной обработки ГПИ в виде декартового произведения.

Проведен анализ содержания этапов ЖЦ ГИП и определен подход к формализации процессов, реализующие указанные этапы. Выполненный анализ позволил выявить особенности функционирования ГИП, в процессе ее ЖЦ. Данными особенностями являются:

– интегральный характер обработки ГПИ, вызванный необходимостью привязки к объектам координатно-метрической, атрибутивной информации и формированием многослойных массивов ГПИ;

– распределенность основных ресурсов, обусловленная как разновидностью исходной видовой информацией, так и сетевым характером размещения информационно-вычислительных ресурсов;

– высокая наукоемкость процессов обработки ГПИ, связанная с необходимостью использования цепочки высокотехнологичных процессов обработки информации;

– параллельная коллективная обработка ГПИ, обусловленная особенностями использования интеллектуального обеспечения;

– необходимость защиты ресурсов ГИП на всех этапах ее ЖЦ.

Описанные на модели и выявленные особенности построения и функционирования ГИП и основных видов обеспечений в процессе ее ЖЦ позволят, в дальнейшем, ставить и решать задачи моделирования и управления системами данного класса.

Список литературы

1. Йордан Э., Аргила К. Структурные модели в объектно-ориентированном анализе и проектировании. М.: ЛОРИ, 1999. 264 с.

2. Методология создания автоматизированных информационных систем коллективной обработки разнородной информации от средств аэрокосмического мониторинга / Г.В. Кузьмин, И.В. Макарьин, В.Н. Николаев, Н.Р. Стратилатов. Курск, 2018. 245 с.

3. Розенберг И.Н. Геоинформационная модель // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 5-4. С. 675-676.

4. Цветков В.Я. Информационные модели и геоинформационные модели // Образовательные ресурсы и технологии. 2016. № 4 (16). С. 114-120.

5. Информационно-коммуникационные технологии как средство повышения эффективности управления промышленным предприятием / Н.И. Лыгина, О.В. Рудакова, А.Н. Алексахин, Л.А. Терехова // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2017. Т. 7, № 4 (25). С. 136–148.

6. Геоинформатика: в 2 кн. Кн. 2 / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов [и др.]; под ред. проф. В.С. Тикунова. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 384 с.

7. Каблашова И.В., Логунова И.В., Саликов Ю.А. Инновационное развитие системы управления предприятием в условиях цифровой трансформации // Организатор производства. 2019. Т. 27, № 2. С. 46–58.

8. Morteza Omidipoor, Mohammadreza Jelokhani-Niaraki, Athena Moeinmehr, Abolghasem Sadeghi-Niaraki, Soo-Mi Choi, A GIS-based decision support system for facilitating participatory urban renewal process // Land Use Policy. 2019. Vol. 88. P.104-150.

9. Майоров А.А., Цветков В.Я. Геоинформатика как важнейшее направление развития информатики // Информационные технологии. 2013. № 11. С. 2-7.

10. Шайтура С. В. Обзор технологий создания геоинформационной продукции // Информационные технологии. 2011. № 9. С. 27-30.

11. Анализ состояния исследований проблем управления жизненным циклом искусственно созданных объектов / Р.М. Юсупов, Б.В. Соколов, А.И. Птушкин, А.В. Иконникова, С.А. Потрясаев, Е.Г. Цивирко // Труды СПИИРАН. 2011. Вып. 16. С. 37-109.

12. Sergejs Kodors, Aldis Rausis, Aivars Ratkevics, Janis Zvirgzds, Artis Teilans, Ivonna Ansone, Real Estate Monitoring System Based on Remote Sensing and Image Recognition Technologies // Procedia Computer Science. 2017. Vol. 104. P. 460-467.

13. Andréa Oliveira da Silva, Ricardo Augusto Souza Fernandes, Smart governance based on multipurpose territorial cadastre and geographic information system: An analysis of geoinformation, transparency and collaborative participation for Brazilian capitals // Land Use Policy. 2020. Vol. 97. P. 104752.

14. Kramarov S., Khramov V. Methodology of Formation of Unite Geo-Informational Space in the Region. In: Sukhomlin V., Zubareva E. (eds) Modern Information Technology and IT Education // SITITO 2018. Communications in Computer and Information Science. 2020. Vol 1201. Springer, Cham.

15. Дышлюк С.С., Николаева О.Н., Ромашова Л.А. Научно- методические основы формализации процессов составления тематических карт для реализации инструментальной справочно-аналитической геоинформационной системы // Вестник СГГА. 2011. Вып. 1 (14). С. 49–54.

16. Петухов Г.Б. Основы теории эффективности целенаправленных процессов. Б.М.: МО СССР, 1989.

17. Цветков В.Я. ГИС и технологии. М. : Финансы и статистика, 1998. 287 с.

18. Николаев В.Н. Управление жизненным циклом инновационной ГИС: монография. Саабрюкен: Palmarium academic publishing, 2013. 374 с.

19. Основные направления применения результатов космической деятельности в социально-экономических системах Курской области / В.Н. Николаев, А.М. Потапенко, В.Н. Новиков, И.В. Макарьин // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 8(18). С. 91-97.

20. Atefeh Dehghani Ashkezari, Nasser Hosseinzadeh, Ayoub Chebli, Mahammed Albadi, Development of an enterprise Geographic Information System (GIS) integrated with smart grid // Sustainable Energy, Grids and Networks. 2018. Vol. 14. P. 25-34.

References

1. Yordan E., Argila K. *Strukturnye modeli v ob"ektno-orientirovannom analize i proektirovanii* [Structural models in object-oriented analysis and design]. Moscow, LORI Publ., 1999. 264 p. (In Russ.).

2. Kuzmin G. V., Makarin I. V., Nikolaev V. N., Stratilatov N. R. *Metodologiya sozdaniya avtomatizirovannykh informatsionnykh sistem kollektivnoi obrabotki raznorodnoi informatsii ot sredstv aerokosmicheskogo monitoringa* [Methodology for creating automated

information systems for the collective processing of heterogeneous information from aerospace monitoring tools]. Kursk, 2018. 245 p. (In Russ.).

3. Rosenberg I. N. Geoinformatsionnaya model' [Geoinformation model]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovanii = International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2016, no. 5-4, pp. 675-676 (In Russ.).

4. Tsvetkov V. Ya. Informatsionnye modeli i geoinformatsionnye modeli [Information models and geoinformation models]. *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii = Educational Resources and Technologies*, 2016. no. 4 (16). pp. 114-120 (In Russ.).

5. Lygina N. I., Rudakova O. V., Aleksakhin A. N., Terekhova L. A. Informatsionno-kommunikatsionnye tekhnologii kak sredstvo povysheniya effektivnosti upravleniya promyshlennym predpriyatiem [Information and communication technologies as a means of improving the efficiency of industrial enterprise management]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computing Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering.*, 2017, vol. 7, no. 4 (25), pp. 136-148 (In Russ.).

6. Kapralov E. G., Koshkarev A.V., Tikunov V. S. et al. *Geoinformatika* [Geoinformatics]. Moscow, 2008. 384 p. (In Russ.).

7. Kablashova I. V., Logunova I. V., Salikov Yu.A. Innovatsionnoe razvitie sistemy upravleniya predpriyatiem v usloviyakh tsifrovoi transformatsii [Innovative development of the enterprise management system in the conditions of digital transformation]. *Organizator proizvodstva = Organizer of Production*, 2019, vol. 27, no. 2, pp. 46-58 (In Russ.)

8. Morteza Omidipoor, Mohammadreza Jelokhani-Niaraki, Athena Moeinmehr, Abolghasem Sadeghi-Niaraki, su-Mi Choi, GIS-oriented system of decision support to facilitate the participation in the urban renewal of the political process. *Land Use Policy*, 2019, vol. 88, pp. 104-150.

9. Mayorov A. A., Tsvetkov V. Y. Geoinformatika kak vazhneishee napravlenie razvitiya informatiki [Geoinformatics as an important direction of development of computer science]. *Informatsionnye tekhnologii = Information Technology*, 2013. no. 11, pp. 2-7 (In Russ.).

10. Shaitura S. V. Obzor tekhnologii sozdaniya geoinformatsionnoi produktsii [Review of technologies for creating geoinformation products]. *Informatsionnye tekhnologii = Information Technology*, 2011, no. 9, pp. 27-30 (In Russ.).

11. Yusupov R. M., Sokolov B. V., Ptushkin A. I., Ikonnikova A.V., Shkolaev S. A., Tsivirko E. G. Analiz sostoyaniya issledovanii problem upravleniya zhiznennym tsiklom iskusstvenno sozdannykh ob"ektov [Analysis of the state of research on problems of life cycle

management of artificially created objects]. *Trudy SPIIRAN = SPIIRAS Proceedings*, 2011, is. 16, pp. 37-109 (In Russ.).

12. Sergejs Kodors, Aldis Rausis, Aivars Ratkevich, Janis Zvirgzds, Artis Teilans, Yvonne Anseong. Real Estate Monitoring System Based on Remote Sensing and Image Recognition Technologies [Monitoring of real estate based on remote sensing technology and image recognition]. *Procedia Computer Science*, 2017, vol. 104, pp. 460-467 (In Russ.).

13. Andre Oliveira da Silva, Ricardo Augusto Souza Fernandes, Intelligent control on the basis of the multipurpose territorial cadastre and geographic information systems: an Analysis of geo-information, transparency and joint participation to Brazilian capitals. *Land Use Policy*, 2020, vol. 97, pp. 104752 (In Russ.).

14. Kramarov S., Khramov V. (2020) methodology for the formation of a single geoinformation space in the region. In: Sukhomlin V., Zubareva E. (ed.) modern information technologies and it education. *CITITO-2018. Communications in computer science and engineering*, vol. 1201. Springer, Cham.

15. Dyshlyuk S. S., Nikolaeva O. N., Romashova L. A. Nauchno-metodicheskie osnovy formalizatsii protsessov sostavleniya tematicheskikh kart dlya realizatsii instrumental'noi spravochno-analiticheskoi geoinformatsionnoi sistemy [Scientific and methodological bases of formalization of the processes of drawing up thematic maps for the implementation of the instrumental reference and analytical geoinformation system]. *Vestnik SGGA = Vestnik SGGA*, 2011, is. 1 (14), pp. 49-54 (In Russ.).

16. Petukhov G. B. *Osnovy teorii effektivnosti tselenapravlennykh protsessov* [Fundamentals of the theory of efficiency of purposeful processes]. Moscow, 1989 (In Russ.)

17. Tsvetkov V. Ya. GIS i tekhnologii [GIS and technologies]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1998. 287 p. (In Russ.).

18. Nikolaev V. N. *Upravlenie zhiznennym tsiklom innovatsionnoi GIS* [Life cycle management of innovative GIS]. Saabryuken, Palmarium academic publishing, 2013. 374 p. (In Russ.).

19. Nikolaev V. N., Potapenko A.M., Novikov V. N., Makarin I. V. Osnovnye napravleniya primeneniya rezul'tatov kosmicheskoi deyatel'nosti v sotsial'no-ekonomicheskikh sistemakh Kurskoi oblasti [Main directions of application of space activity results in socio-economic systems of the Kursk region]. *Innovatsionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya = Innovative Economy: Prospects for Development and Improvement*, 2016, no. 8(18), pp. 91-97 (In Russ.).

20. Atefeh Dehghani Ashkezari, Nasser Hosseinzadeh, Ayub Chebli, Mahamm Albadi, development of a corporate geographic information system (GIS) integrated with smart grid. *Sustainable Energy, Grids and Net-works*, 2018, vol. 14, pp. 25-34.

Информация об авторах / Information about the Authors

Зайцев Евгений Михайлович, кандидат технических наук, заместитель генерального директора, АО НПФ «ИнфоСистем-35», г. Москва, Российская Федерация, e-mail: info@npf-infosystem.ru

Evgeniy M. Zaitsev, Cand. of Sci. (Engineering), Deputy General Director of JSC NPF INFOSYSTEM-35, Moscow, Russian Federation, e-mail: info@npf-infosystem.ru

Коломиец Елена Александровна, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация, e-mail: lenus07@yandex.ru

Elena A. Kolomiets, Post-Graduate Student, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: lenus07@yandex.ru

Николаев Виктор Николаевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация, e-mail: nikovic54@ yandex.ru

Viktor N. Nikolaev, Dr. of Sci. (Engineering), Professor of the Department of Information Systems and Technologies, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: nikovic54@yandex.ru