УДК 528.946

Обобщенная функциональная модель систем геоинформационного обеспечения

Generalized functional model of geoinformation support systems

Чернов / Chernov I.
Иван Владимирович
(4ern86@bk.ru)
кандидат технических наук, доцент.
ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского» МО РФ
(ВКА им. А. Ф. Можайского),
доцент кафедры картографии.
г. Санкт-Петербург

Осипов / Osipov G.
Георгий Константинович
(vka@mil.ru)
доктор географических наук, профессор.
ВКА им. А. Ф. Можайского,
профессор кафедры картографии.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: обобщённая модель – generalized model; функциональная модель – functional model; системы геоинформационного обеспечения – geoinformation support systems.

Статья посвящена актуальному вопросу геоинформационного обеспечения и является логическим продолжением его концепции, опубликованной в журнале «Информация и Космос» в 2022 г. № 3.
В публикации приведена обобщенная функциональная модель геоинформационного обеспечения. Раскрыта общая для систем геоинформационного обеспечения структура с описанием основных элементов и их функций. Также для устранения несогласованности уточнены формулировки основных терминов предметной области.

The article is devoted to the topical issue of geoinformation support and is a logical continuation of its concept, published in the third issue of the journal Information and Space in 2022.
The publication presents a generalized functional model of geoinformation support, which is the result of applying a technocratic approach to the problem of representation of geoinformation support. The structure common to geoinformation support systems with a description of the main elements and their functions is disclosed. Also, to eliminate inconsistency, the formulations of the main terms of the subject area have been clarified.

Введение

Социально-экономическое развитие неразрывно связано с комплексным использованием данных об окружающей среде (геосфере) – геоданных (ГД), которые, получая достаточно точную привязку в единой координатно-временной системе отсчёта, становятся геопространственными данными (ГПД). После обработки (структурирования ГПД в определённом контексте, ситуации, для достижения какой-либо цели или решения задачи) ГПД преобразуются в геопространственную информацию (ГПИ). Полученная таким образом ГПИ в дальнейшем может быть неоднократно преобразована, т.е. использована как исходные данные (ГПД) для получения новой ГПИ. Эти преобразования ГПИ могут происходить до момента принятия на её основе управленческого решения.

При настоящем развитии науки и технологий, моделирование объектов, процессов и явлений геопространства осуществляется в цифровой форме для обеспечения её компьютерного восприятия, совместимости и согласованности моделей разного масштаба и тематического назначения. В практику управления активно внедряются геоинформационные системы (ГИС), обеспечивающие накопление, обновление, обработку и использование ГПД.

В результате рассмотренных выше преобразований сформировалось новое направление информационного обеспечения систем управления – геоинформационное. Данное направление представляет собой новый, активно развивающийся вид деятельности по удовлетворению потребностей общества в ГПИ при решении управленческих, научных, технических, производственных и других задач в пределах определенной части географического пространства (территории), путем ее сбора [2], комплексирования и интеграции, моделирования, пространственного анализа, подготовки пространственных решений с использованием ГИС и её хранения и распространения.

Появление геоинформационного обеспечения (ГИО) требует разработки единых теоретических основ и обоснования направлений его дальнейшего развития.

В статьях «Концепция ГИО» [8], «Комплекс ГИО» [7] и «Сущность понятия «единое геоинформационное

2 2023.indd 78 13.06.2023 9:22:33

пространство» (ЕГИП) и принципы его формирования» предлагаются содержание и направление развития ГИО как комплекса [13]. Данная публикация является их логическим продолжением и посвящена описанию функционирования основных (операционных) подсистем, входящих в любой комплекс ГИО.

Предложения по уточнению основных понятий геоинформационного обеспечения

Одним из важнейших понятий ГИО является «географическое пространство». Используя работу Столбова В. А. (Столбов, В. А. Географическая материя: субстанция и атрибуты / В.А. Столбов // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». – 2022. – № 32 (2). – С. 216–228.), географическое пространство можно определить как форму существования материи, определяемую физико-географическими процессами, возникающими при взаимопроникновении минерального вещества, воздуха, солнечной энергии, организмов и физических полей Земли в пределах ее географической оболочки и околоземного космического пространства и представляющую собой особый вид движения материи по сравнению с космическим пространством и пространством, сформированным глубоко внутри Земли.

Поскольку пространство и время – всеобщие формы бытия материи, её важнейшие атрибуты, пространство есть форма бытия материи, характеризующая её протяжённость, структурность, сосуществование и взаимодействие элементов во всех материальных системах [14], а задача исследования географического пространства сразу целиком – необъятна (для изучения географического пространства его целесообразно разделять на составные части – географические объекты), в работе географическое пространство (геопространство) будет пониматься как форма существования географических объектов в пределах географической оболочки Земли и околоземного космического пространства, где физические поля Земли ещё оказывают значимое воздействие на деятельность Человека.

В [14] отмечено, что объект – то, что противостоит субъекту в его предметно-практической и познавательной деятельности. Объект – часть объективной реальности, находящаяся во взаимодействии с субъектом. Выделение объекта познания осуществляется при помощи форм практической и познавательной деятельности, выработанных обществом и отражающих свойства объективной реальности.

Географический объект – субъективно выделенная на основании выработанных обществом и отражающих объективную реальность форм практической и познавательной деятельности часть географического пространства, обладающая системными свойствами и относящаяся к конкретной географической сущности (сущность – внутреннее содержание предмета, обнаруживающееся во внешних формах его существования).

Т.е. географический объект представляет собой индивидуальную (неповторимую) географическую систему, включающую в себя совокупность свойственных ей географических предметов (элементов, связей, процессов).

Свойства географических объектов неразрывно связаны с их положением в географическом пространстве.

В общефилософском (широком) смысле предмет – категория, обозначающая некоторую целостность, выделенную из мира объектов в процессе человеческой деятельности и познания [14].

Тогда *географические предметы* – это целостные атомарные (неделимые на заданном уровне изучения или представления) составные части географических объектов (элементы, связи, процессы). Конкретный географический предмет может принадлежать только одному географическому объекту.

Разным географическим объектам могут принадлежать подобные и равные (сходные и тождественные), на заданном уровне изучения или представления, географические предметы.

Следующее определение, которое необходимо уточнить, это «геоданные». В статье Л. В. Калягина, П. Е. Разумова «Категория «данные»: понятие, сущность, подходы к анализу» данные понимаются как совокупность сведений, зафиксированных на определенном носителе в форме, пригодной для постоянного хранения, передачи и обработки. Преобразование и обработка данных позволяют получить информацию.

Тогда ГД – данные, отражающие свойства географических объектов, а ГПД – фиксированные сведения о географических объектах, привязанные к единой координатно-временной системе отсчёта и хранящиеся на определенных носителях в форме, пригодной для постоянного хранения, передачи и обработки. Т.е. ГПД – ГД, привязанные к единой координатно-временной системе отсчёта.

Понятие «данные» неразрывно связанно с понятием «информация». Информация – сообщение, осведомление, сведения, передаваемые людьми или уменьшаемая, снимаемая неопределённость в результате получения сообщений, передача, отражение разнообразия в любых объектах и процессах (неживой и живой природы) [14].

Значит, ГПИ – информация о географическом пространстве. Т.е. ГПИ характеризует его протяжённость, структурность, сосуществование и взаимодействие его элементов и является результатом преобразования ГПД при решении конкретных задач. ГПИ, зафиксированная на определенном носителе в форме, пригодной для постоянного хранения, передачи и обработки, может использоваться в

2 2023.indd 79 13.06.2023 9:22:33

качестве исходных данных для дальнейшего преобразования.

Изучение географического пространства и его объектов неразрывно связанно с их отображением в сознании исследователя (созданием образов).

Образ – в философии, результат отражения объекта в сознании человека. На чувственной ступени познания образами являются ощущения, восприятия и представления, на уровне мышления – понятия, суждения и умозаключения. Образ объективен по своему источнику – отражаемому объекту, и субъективен по способу (форме) своего существования. Материальной формой воплощения образа выступают практические действия, язык, различные знаковые модели [14].

Моделирование – метод исследования объектов познания на их моделях; построение и изучение моделей реально существующих предметов и явлений и конструируемых объектов. Формы моделирования разнообразны. По характеру моделей выделяют предметное и знаковое (информационное) моделирование [14].

Модель – аналог (схема, структура, знаковая система) определённого фрагмента природной или социальной реальности, изоморфный или гомоморфный образ некоторого объекта и есть его модель. Моделью местности может считаться и аэроснимок местности, и сама местность [14] (аэроснимок есть образ – результат отражения).

Тогда с учётом [14], геоинформационная модель – отображение существенных на заданном уровне изучения или представления пространственных свойств (протяжённость, структурность, сосуществование и взаимодействие) географических объектов и предметов с помощью совокупности взаимосвязанных, идентифицируемых, информационно определяемых параметров.

Специализированная (первичная) геоинформационная модель (С(П)ГМ) – упрощенное отображение в виде частного (специализированного, тематического: топогеодезическое, геологическое, геоботаническое, гидрологическое и т.д.) представления о географическом пространстве, и хранящиеся на определенных носителях в форме, пригодной для постоянного хранения, передачи и применения.

Вторичная геоинформационная модель – упрощенное представление геопространства для комплексного описания географических систем или прогнозирования условий функционирования потребителя.

Условия функционирования потребителя – это совокупность факторов (как правило, природного происхождения), оказывающих влияние на параметры и эксплуатационно-технические характеристики технических систем, а также на характеристики процессов, реализуемых этими системами и через них обусловливающие виртуальные результаты операции [11].

Обобщенная структура специализированных систем геоинформационного обеспечения

В рамках публикации под понятием «специализированные системы ГИО» понимаются подсистемы комплекса ГИО, непосредственно обеспечивающие достижение цели комплексом ГИО, которая состоит в своевременном снабжении потребителя ГПИ заданного качества в требуемом объеме [7] (по аналогии с операционными и обеспечивающими свойствами [11]). Т.е. специализированные системы ГИО (далее системы ГИО) – это системы, непосредственно добывающие специализированные ГПД и преобразующие их далее в ГПИ и С(П)ГМ по соответствующим тематическим направлениям (топографическому, геодезическому, метеорологическому, навигационному, гидрографическому и др.), систематизирующие ГПД и доводящие ГПИ и С(П)ГМ до пользователей.

Эти системы ГИО не в рамках комплекса ГИО функционируют как самостоятельные системы в соответствии со своим предназначением [7] и, по мнению авторов, являются подобными как друг другу, так и комплексу, частью которого они являются.

Для общего описания независимого функционирования систем ГИО необходимо определиться с содержанием ряда понятий.

Понятие «комплекс» в словарях Ожегова, Ефремовой и Ушакова описывается как совокупность, сочетание чего-либо (предметов, явлений, процессов, свойств и т.п.), составляющих одно целое. В [11] комплекс – это совокупность объектов (систем, подсистем, элементов) различной физической природы, объединённых общей целью, но с менее жёсткими, чем в системе, организационными связями.

В рамках публикации комплекс ГИО будет пониматься как сложная система, состоящая из систем (подсистем), как минимум часть которых не в рамках комплекса ГИО способны функционировать как самостоятельные системы в соответствии со своими целями (предназначением) [7]. Т.е. комплекс может состоять из изначально обособленных (независимых) систем, которые в рамках этого комплекса выделяют свои производственные или иные мощности для обеспечения достижения комплексом цели.

Система – совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определённую целостность, единство [14]. Для систем комплекса ГИО целостность и единство будет выражаться в единой, общей для всех его элементов (подсистем, систем) целью его функционирования. Т.е. цель функционирования комплекса ГИО будет определяющей для целей функционирующих в его рамках систем ГИО.

Так как система характеризует всё множество проявлений сложного объекта (его элементы, строение, связи, функции и т.д.) [14], а структура системы явля-

2 2023.indd 80 13.06.2023 9:22:33

ется совокупностью устойчивых связей её элементов, обеспечивающих её целостность и тождественность самой себе, т.е. сохранение основных свойств при различных внешних и внутренних изменениях [14], описание обобщённой структуры системы ГИО должно включать описания постоянных, характерных для её строения элементов их функций, а также связей между ними.

Кроме того, системный подход как методология комплексного исследования сложных объектов (в данном случае систем ГИО) предполагает реализацию принципов [11]:

– исследование системы требует анализа всех её свойств и взаимосвязей;

– описание элементов системы должно вытекать из задач самой системы и задач её исследования;

– любая система должна рассматриваться как совокупность взаимосвязанных элементов, подсистем;

– любая система должна рассматриваться как подсистема более высокого уровня.

Далее будет сделана попытка описания обобщённой структуры специализированных систем ГИО (рис. 1) на основе принципов системного подхода.

Неотъемлемыми, характерными, постоянными функциями любой системы ГИО являются [7] (рис. 1) добыча специализированных ГД, привязанных в единой координатно-временной системе отсчёта – ГПД, преобразование их в ГПИ и С(П)ГМ по соответствующим тематическим направлениям (топографическому, геодезическому, метеорологическому, навигационному, гидрографическому и др.), накопление и систематизация ГПД и доведение ГПИ и С(П)ГМ до пользователей.

Описанные выше характерные функции в рамках любой системы ГИО реализуются постоянными для них элементами [7], а для комплексов ГИО специализированными системами ГИО.

Таким образом, для реализации описанных принципов системного подхода любые системы ГИО необходимо рассматривать как элементы комплекса ГИО (если они функционируют в его составе) или во взаимодействии с окружающей средой и потребителями ГПИ и С(П)ГМ (если системы ГИО функционируют как самостоятельные системы в соответствии со своим предназначением).

По мнению авторов, сначала необходимо описать функциональную модель обобщённого образа системы ГИО, функционирующей самостоятельно (рис. 1). Это позволит использовать такую модель для построения по принципу подобия [12] любых специализированных,

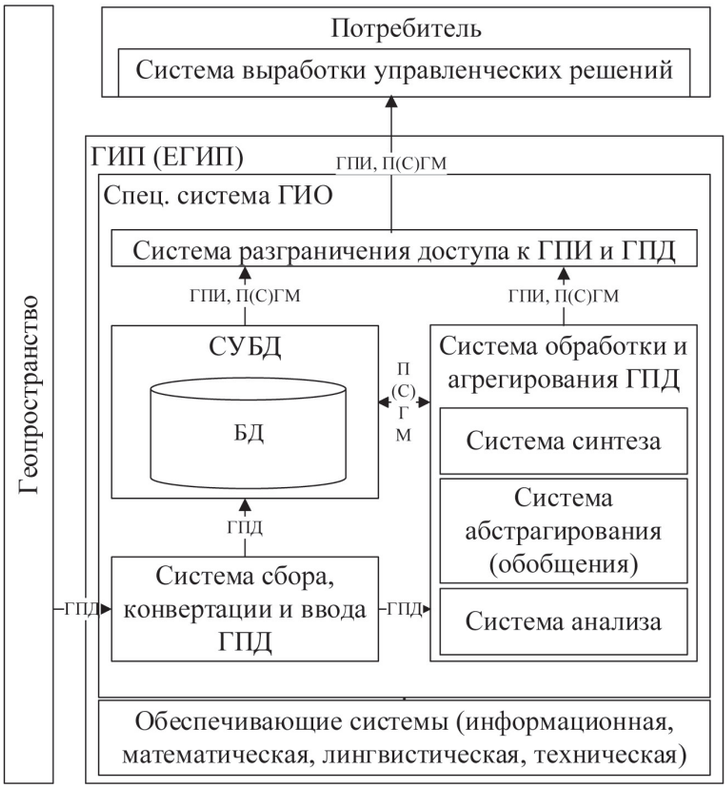

Рис. 1. Обобщённая функциональная модель специализированных систем ГИО

2 2023.indd 81 13.06.2023 9:22:33

по соответствующим тематическим направлениям, систем ГИО, а также и любых комплексов ГИО.

Обобщённая функциональная модель системы ГИО будет также включать обеспечивающие подсистемы и функциональные (операционные) подсистемы, которые в совокупности с их функциями и связями составят постоянную основу структуры обобщённой системы ГИО.

Функциональные подсистемы включают: систему сбора, конвертации и ввода ГПД; систему накопления и хранения ГПД и С(П)ГМ (базу(ы) данных (БД) и систему управления ими (СУБД)); систему обработки и агрегирования ГПД.

Система сбора, конвертации и ввода ГПД реализует функцию добычи ГПД (специализированных ГД, привязанных к единой координатно-временной системе отсчёта), их перевода в единые форматы и направления в систему обработки и агрегирования ГПД, а также в БД.

Система накопления и хранения ГПД и С(П)ГМ реализует функции хранения поступивших ГПД в базах данных (БД), составления их классификатора и поиск ГПД по заданным критериям.

Для повышения эффективности работы комплекса ГИО базы данных ГПД должны создаваться на основе объектно-ориентированных моделей, особенности которых заключаются в следующем: выделение пространственного объекта в отдельный класс осуществляется только на основании его сущности (свойстве, отличающем данный объект от других объектов и не изменяющемся на протяжении всего жизненного цикла объекта).

Объектно-ориентированные модели базы ГПД имеют следующие преимущества:

1) хранение всех данных, характеризующих один объект реального мира, обеспечивается единственным экземпляром БД;

2) реализуется возможность автоматизированного формирования картографических изображений с заданными свойствами;

3) достигается однозначность, единство и целостность пространственных данных при их использовании в автоматизированных системах;

4) снижается себестоимость работ по обновлению ГПД;

5) на уровне модели может быть осуществлена поддержка топологических отношений между заданными классами пространственных объектов;

6) достигается возможность перехода к объектно-ориентированным базам знаний об объектах реального мира с высокоточным позиционированием.

Система обработки и агрегирования ГПД реализует функции анализа, абстрагирования (обобщения) ГПД и синтеза С(П)ГМ и ГПИ. Т.е. ГПД, полученные на входе системы обработки и агрегирования, совместно обрабатываются, в результате чего производятся новые С(П)ГМ и ГПИ, которые напрямую получить с требуемым качеством невозможно и/или затруднительно (на выходе из системы обработки и агрегирования получают ГПИ, которую получить с требуемым качеством можно только и/или проще косвенными методами).

Обеспечивающие системы включают в себя: подсистему информационного обеспечения, подсистему математического обеспечения, подсистему лингвистического обеспечения и подсистему технического обеспечения. Они ориентированы на поддержание нормального функционирования информационных потоков в ГИС.

Информационная система обеспечивает процесс сбора (получения), обработки и передачи ГПД, а также служит основой информационной связи системы ГИО с внешней средой. Без неё система ГИО не может функционировать. Она включает в себя следующие элементы: основополагающие понятия и определения ГИО, системы классификации и кодирования ГПД, системы цифрового описания и хранения ГПД на машинных носителях, системы нормативно-правовой и технологической документации, массивы ГПД.

Математическая система обеспечивает процесс математической обработки ГПД (включая моделирование). Она включает в себя модели и алгоритмы обработки ГПД, а также комплекты типовых и стандартных программ и процедур, реализующих на ЭВМ решение задач для всех функциональных подсистем ГИО.

Лингвистическая система обеспечивает взаимодействие между системами комплекса ГИО и операторами. Она включает в себя совокупность формализованных языковых средств и средств управления системами ГИО.

Техническая система обеспечивает сбор (получение), передачу, обработку, хранение, накопление, отображение и выдачу ГПИ потребителям. Она включает в себя необходимые технические средства для функционирования системы ГИО.

Также к обеспечивающим системам можно отнести систему разграничения доступа к ГПИ и ГПД. Она реализует функции аутентификации пользователей и проверки их прав и полномочий на работу с информационными ресурсами комплекса ГИО, формирования пользовательского интерфейса, аудита (регистрации событий), контроля целостности программного обеспечения, администрирования средств защиты информации, обнаружения и противодействия компьютерным атакам.

Данная система создает условия для предоставления потребителям геоинформационных ресурсов только тех ГПИ и ГПД, которые необходимы для решения задач по их предназначению.

Так как каждая система ГИО, функции элементов которых были описаны выше, находится во взаимодействии с единым географическим и информационным пространством (рис. 1), необходимо определиться с содержанием этих понятий и понятий, с ними связанными.

2 2023.indd 82 13.06.2023 9:22:33

Информационное пространство (ИП). В рамках данной публикации ИП будет рассматриваться с точки зрения технического подхода [3] в организационно-техническом аспекте – как система, осуществляющая передачу, обработку и хранение информации с использованием технических средств и других ресурсов [3]. Информационному пространству в этом случае свойственна привязанность к каналам распространения данных [9] и, как следствие, чёткая ограниченность.

Конкретное ИП может связывать множество производителей и потребителей информации. В таком случае возникает необходимость обеспечения единства её восприятия.

Единое информационное пространство в ГОСТе Р 70569-2022 [ГОСТ Р 70569-2022 Информационные технологии. Сетецентрические информационно-управляющие системы. Интероперабельность. – Москва : Российский институт стандартизации, 2023. – 20 с.] ЕИП (unified information space) определяется как совокупность баз и банков данных, технологий их ведения и использования, информационно-телекоммуникационных систем и сетей, функционирующих на основе единых принципов и по общим правилам, обеспечивающим информационное взаимодействие пользователей, а также удовлетворение их информационных потребностей. Близким по содержанию является определение ЕИП, данное в публикациях [13, 15].

Когда часть ИП используется для создания, перемещения и потребления ГПИ, эту часть ИП можно выделить в геоинформационное пространство, а если речь идёт о выделении части из ЕИП, то тогда можно выделить единое геоинформационное пространство.

Заключение

Представленная функциональная модель системы ГИО дает возможность определить наиболее важные направления его развития ГИО. Заложенные в ее основу научно-методические подходы базируются на исследованиях, проведенных авторами с 2013 года по настоящее время, которые были доложены на множестве всероссийских и международных конференций, где получили поддержку и одобрение.

Описанная модель является универсальной, так как может быть применена для синтеза и анализа любой специализированной по соответствующим тематическим направлениям системы ГИО, в том числе комплексов ГИО. Обусловлено это тем, что модель отображает общий для всех больших систем принцип [12] организации – фрактальное подобие системы своим элементам [1].

Литература

1. Байчорова, А. А. Введение понятий «фрактал» и «фрактальная геометрия»: некоторые методические аспекты / А.А. Байчорова // Проблемы современного педагогического образования. – 2018. – № 61 (2). – С. 55–58.

2. Современная иллюстрированная энциклопедия География / Гл. ред. А.П. Горкин. – Москва : Росмэн-Пресс, 2006. – 685 с.

3. Добровольская, И. А. Понятие «информационное пространство»: различные подходы к его изучению и особенности / И.А. Добровольская // Вестник РУДН. Серия: Литературоведение. Журналистика. – 2014. – № 4. – С. 140–147.

4. Зализнюк, А. Н. Стратегическое планирование геоинформационного обеспечения систем управления / А.Н. Зализнюк, С.П. Присяжнюк // Информация и Космос. – 2016. – № 4. – С. 130–132.

5. Карпик, А. П. Современное состояние и проблемы геоинформационного обеспечения территорий / А.П. Карпик // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2012. – № S. – С. 3–8.

6. Квасников, А. Ю. Космическое пространство / А.Ю. Квасников // Большая российская энциклопедия : сайт. – Том 15. – 2010. – URL: https://bigenc.ru/military_science/text/2101578 (дата обращения: 15.01.2023).

7. Чернов, И. В. Комплекс геоинформационного обеспечения / И.В. Чернов, Г.К. Осипов, Ю.В. Левадный // Информация и Космос. – 2023. – № 1. – С. 120–125.

8. Чернов, И. В. Концепция геоинформационного обеспечения / И.В. Чернов, Г.К. Осипов // Информация и Космос. – 2022. – № 3. – С. 120–124.

9. Ненашев, А. И. Информационное пространство современного общества: коммуникационный аспект : автореферат диссертации на соискание учен. степ. канд. филос. наук : специальность 09.00.11 «Социальная философия» / Ненашев Андрей Иванович ; Сарат. гос. ун-т им. Н.Г. Чернышевского. – Саратов, 2008. – 32 с.

10. Околоземное космическое пространство как объект глобального мониторинга / И.В. Бармин, В.П. Кулагин, В.П. Савиных, В.Я. Цветков // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. – 2013. – № 4 (20). – С. 4–9.

11. Петухов, Г. Б. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем / Г.Б. Петухов, В.И. Якунин. – Москва : АСТ, 2006. – 504 с.

12. Богомолов, А. И. Принцип подобия в системном анализе эволюции больших систем / А.И. Богомолов, В.П. Невежин // Системный анализ в проектировании и управлении : сборник научных трудов XXV Международной научной и учебно-практической конференции : в 3 ч. Часть 3 (Санкт-Петербург, 13–14 октября 2021 г.). – С. 496–502.

13. Присяжнюк, С. П. Сущность понятия «единое геоинформационное пространство» и принципы его формирования / С.П. Присяжнюк, Г.К. Осипов // Информация и Космос. – 2022. – № 4. – С. 175–178.

14. Философский энциклопедический словарь / Гл. ред.: Л.Ф. Ильичев, П.Н. Федосеев, С.М. Ковалев, В.Г. Панов. – Москва : Советская энциклопедия, 1983. – 840 с.

15. Цветков, В. Я. Информационное пространство как ресурс познания / В.Я. Цветков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 3-2. – С. 207–212.

2 2023.indd 83 13.06.2023 9:22:33