

УДК 528.8:621.643

DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-1-76-85

ГЕОПРОСТРАНСТВО ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Даниил Валентинович Долгополов

АО «СпейсИнфо Геоматикс», 127490, Россия, г. Москва, ул. Декабристов, владение 51, кандидат технических наук, технический директор, тел. (905)714-13-77, e-mail: daniil.dolgopolov@gmail.com

Одной из важных задач безопасной эксплуатации трубопроводных систем является информационное обеспечение деятельности производственных подразделений. Целью настоящей работы являлось определить подходы к формированию геоинформационного пространства для обеспечения эксплуатации сложных техногенных комплексов трубопроводных систем (ТС). Методологическая основа исследования базируется на теоретических основах и методических разработках ученых, посвященных вопросам сбора и обработки пространственной информации, представленных в трудах А. П. Карпика, В. Б. Жарникова, Х. К. Ямбаева, А. А. Варламова, В. Г. Бондура, Д. В. Лисицкого, Г. А. Уставича, А.Т. Зверева, В. А. Малинникова, А. П. Сизова, В. А. Мелкого и других известных ученых. Для создания действующей геоинформационной системы трубопроводного транспорта (ТТ) был разработан порядок формирования геоинформационного пространства, включающий определение перечня производственных задач, связанных с использованием пространственной информации, состава пространственных данных, потребностей в материалах аэрокосмической съемки, требований к характеристикам и периодичности обновления пространственной информации.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, аэрокосмическая съемка, геопространство трубопроводного транспорта, магистральные трубопроводы (МТ), пространственные данные

Введение

В качестве современной цели геоинформационного обеспечения эксплуатации трубопроводных систем выступает потребность в интеграции на единой пространственной основе информации разных производственных подразделений в общее геоинформационное пространство, сформированное на базе единой информационной модели, общих принципах и единых требованиях. Геоинформационное обеспечение для соответствия этим новым требованиям должно:

- быть основой для проверки и совместного использования данных: производственных, геотехнического мониторинга, экологических наблюдений, аэрокосмической съемки;
- обеспечивать возможность сопоставления результатов наблюдений коридора трассы за текущий и предыдущий периоды.

Методы исследования

Методологическая основа направления технологической науки, обеспечивающей

функционирование пространственно-ориентированной информации о состоянии трубопроводного транспорта, базируется на теоретических основах и методических разработках ученых, посвященных вопросам обработки данных при помощи геоинформационных технологий, представленные в трудах А. П. Карпика, В. Б. Жарникова, Х. К. Ямбаева, А. А. Варламова, В. Г. Бондура, Д. В. Лисицкого, Г. А. Уставича, А. Т. Зверева, В. А. Малинникова, А. П. Сизова, В. А. Мелкого и других авторитетных специалистов в области методологии наук о землеустройстве, кадастре, мониторинге земель, аэрокосмических исследований, геодезии, картографии и геоинформатике [1–20]. Методология основывается на системном подходе и логическом анализе научных гипотез и технологических схем (рис. 1, 2).

Результаты исследований

Техногенные объекты трубопроводного транспорта, проходя через природные территории, образуют сложные техногенные природно-

территориальные комплексы (ТПТК) [21]. Границы природно-территориальных комплексов в пространстве определяются по ряду признаков, таких как границы ландшафтов, территориальные особенности территории, зоны влияния определенных процессов или явлений, связанных с эксплуатацией трубопроводных систем.

Некоторые события (ЧС, изменение природной среды), связанные с эксплуатацией трубопроводных систем, оказывают существенное влияние на природную среду и могут повлечь за собой огромные материальные

потери и существенные экологические последствия. Все это дает полное право наряду с термином «геопространство» [22] выделить отдельно понятие «геопространство трубопроводного транспорта».

Геопространство трубопроводного транспорта – это пространство, ограниченное факторами влияния трубопроводной системы в определенный момент времени на множество пространственных объектов процессов и явлений, а также факторами влияния природных процессов и явлений на трубопроводную систему.

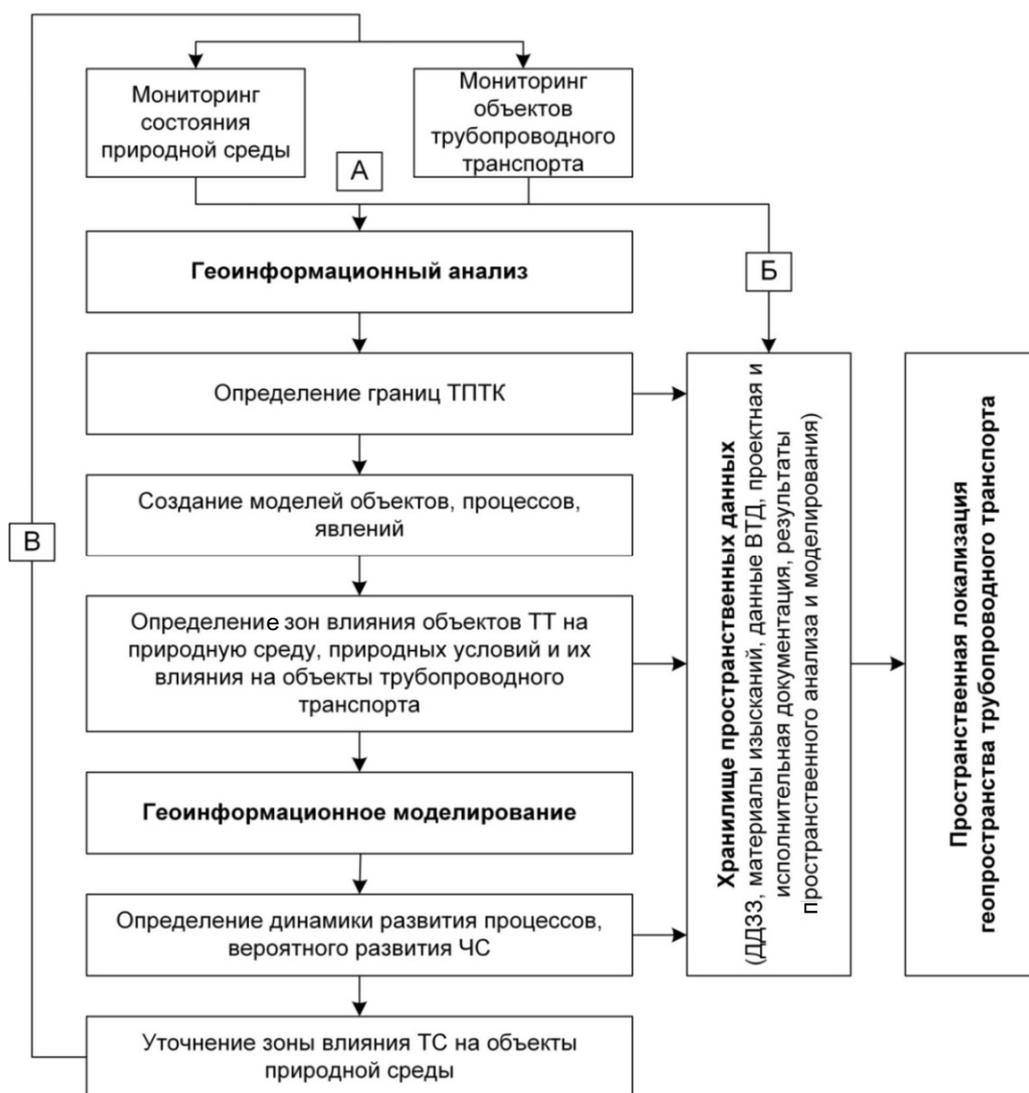


Рис. 1. Схема определения пространственной локализации геопространства трубопроводного транспорта:

А – предупреждение развития ЧС на этапе геотехнического мониторинга; Б – передача данных геотехнического мониторинга в хранилище пространственных данных (ДДЗЗ – данные дистанционного зондирования Земли; ВТД – внутритрубная диагностика); В – цикл периодических наблюдений за состоянием природно-технической среды (по [8] с дополнениями);

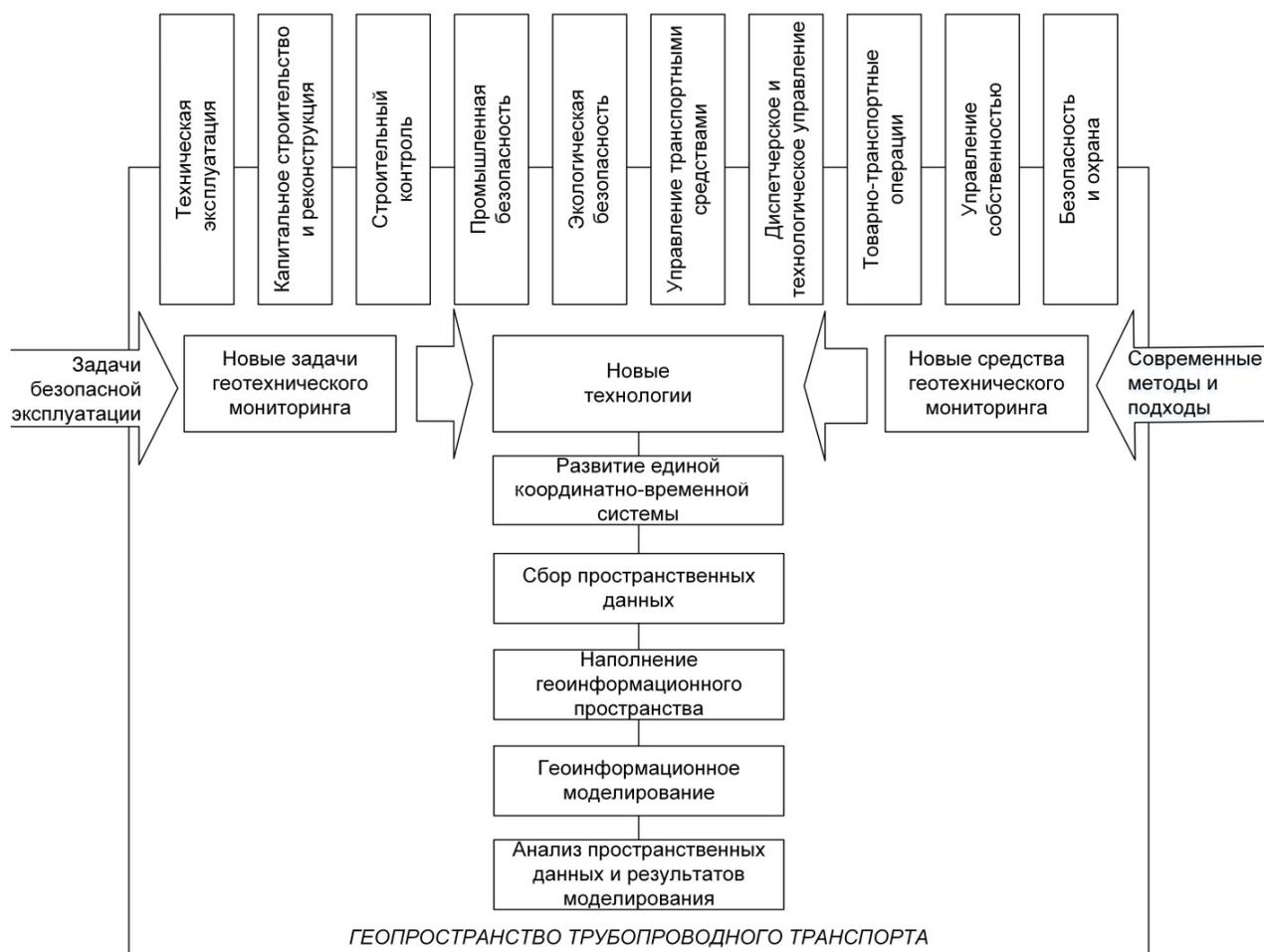


Рис. 2. Формирование геопространства трубопроводного транспорта (по [7] с дополнениями)

Рассматривая геопространство трубопроводной системы, следует учитывать влияние трубопроводных систем на природные среды, влияние (возможное влияние) природных условий или явлений на состояние объектов трубопроводного транспорта (см. рис. 1).

Современные возможности формирования геопространства трубопроводных систем базируются на новых методах и средствах сбора, автоматизированной обработки данных геотехнического мониторинга. Методы геотехнического мониторинга за последние несколько лет вышли на качественно новый уровень в связи с применением новых систем и технологий космической съемки, воздушного лазерного сканирования, аэросъемки, в том числе с использованием беспилотных летательных аппаратов. Моделирование объектов мониторинга производится с соблюдением требований компьютерного восприятия

и использованием возможностей трехмерного представления данных [23].

Другой важной особенностью геопространства трубопроводного транспорта служит потребность в создании единой информационной пространственной среды, ориентированной на задачи разных направлений и подразделений управляющих и эксплуатирующих компаний (см. рис. 2).

Для формирования геопространства необходимо провести комплекс работ, связанный с получением и обработкой пространственных данных, включающий: развитие единой координатно-временной системы, сбор пространственных данных, формирование информационной модели и наполнение системы, интеграцию данных и знаний о территории для анализа, моделирование, прогнозирование, управление окружающей средой и территориальными подразделениями компании [24].

При формировании геопространства трубопроводного транспорта наиболее информативным источником актуальной и объективной информации являются материалы аэрокосмической съемки. Данные ДЗЗ используются при наполнении геоинформационных систем для следующих задач:

– формирования базовой мультимасштабной пространственной основы;

– обновления единой цифровой картографической основы;

– инвентаризации объектов трубопроводного транспорта;

– решения задач производственных подразделений технической эксплуатации, промышленной и экологической безопасности, диспетчерского и технологического управления, безопасности и охраны и др. (таблица).

Потребности в материалах ДЗЗ для решения производственных задач подразделений

Производственные задачи	Методы и технологии ДЗЗ / примеры использования материалов	Требования к съемке		
		ширина съемки	пространственное разрешение	периодичность съемки
Мониторинг изменений в коридорах трассы	Использование материалов космической съемки сверхвысокого пространственного разрешения для мониторинга изменений в коридорах трассы: – визуальное сопоставление нескольких космических снимков на одну и ту же территорию на различные даты; – визуальный анализ с использованием разновременных композитных изображений – данный метод заключается в объединении каналов разновременных снимков в единое изображение. В результате определенным цветом в композитном изображении отображаются измененные участки; – автоматизированное распознавание появления, исчезновения или изменения конкретных классов объектов на территории мониторинга	не менее 100 м	0,5–1,0 м и лучше в зависимости от объекта мониторинга	регулярный мониторинг
Контроль выполнения строительных и ремонтных работ	Регулярный мониторинг строительных и ремонтных работ, выполняемых на объектах строительства и реконструкции с использованием материалов аэрофотосъемки, лазерной и радиолокации (с использованием ЛА и БПЛА). Соотнесение фактических результатов работ с проектными решениями	на территорию мониторинга	10 см и лучше	регулярный мониторинг
Подготовка материалов инженерных изысканий	Использование материалов космической съемки сверхвысокого пространственного разрешения для предварительного выбора вариантов и площадок, подготовки картографического материала для целей предпроектного обследования, подготовки задания на инженерные изыскания, подготовки обзорных карт	на территорию обследования	0,5–1,0 м и лучше	актуальность не более 1 месяца
Мониторинг охранной зоны МТ и зон минимально-допустимых расстояний (МДР)	Периодический мониторинг охранной зоны с использованием материалов аэрофотосъемки и БПЛА: – зоны минимально-допустимых расстояний (выявление ведения работ в зоне минимально-допустимых расстояний; нарушений в зоне МДР, в том числе: разбивка садов; расположение полевых станов, скирд соломы и сена; возведение различных зданий и сооружений); – охранной зоны трубопроводов; – линейной запорной арматуры; – переходов через водные преграды;	не менее 100 м	5–20 см	в соответствии с регламентом от одного до нескольких периодов съемки в год

Продолжение таблицы

Производственные задачи	Методы и технологии ДЗЗ / примеры использования материалов	Требования к съемке		
		ширина съемки	пространственное разрешение	периодичность съемки
	<ul style="list-style-type: none"> – воздушных переходов через водные преграды, овраги, ручьи; – защитных противопожарных сооружений; – линий электропередачи и связи; – вдоль трассовых дорог, проездов, мостов, дамб через ручьи и овраги, переездов через трубопровод и других сооружений 			
Определение зон затопления рек во время половодья	Использование материалов космической съемки высокого пространственного разрешения для оперативного определения зоны затопления рек во время половодья и паводков	5–10 км от оси в местах пересечения с водными объектами	1,0–3,5 м	ежедневно в паводковый период
Контроль уровня воды на переходе магистрального трубопровода через водную преграду	Использование данных ДЗЗ в комплексе с данными о рельефе (цифровой моделью рельефа) и данными с водомерных постов для решения задач: <ul style="list-style-type: none"> – отображение паводковой ситуации; – прогнозирование возможного затопления объектов МТ с учетом критических уровней водных объектов для каждого участка МТ 	зона перехода через водную преграду	космическая съемка: 0,5 м аэросъемка: 0,1 м	в соответствии с регламентом технической эксплуатации переходов через водные преграды и малые водотоки
Мониторинг зарастания охранной зоны	Использование материалов космической съемки при мониторинге зарастания охранной зоны трубопровода. Выявление и картирование участков охранной зоны трубопровода с древесно-кустарниковой растительностью. Используемые технологии съемки: космическая съемка высокого и сверхвысокого пространственного разрешения, аэрофотосъемка, лазерная и радиолокация	не менее 100 м	0,5–1,0 м	от одного до нескольких периодов съемки в год
Выявление и мониторинг опасных экзогенных природных процессов	Выявление, мониторинг и оценка динамики развития негативных экзогенных природных процессов в пределах буферной зоны объектов трубопровода: эрозия, карст, оползневые и осыпные склоновые процессы, суффозия, солифлюкция и др. Используемые технологии съемки: космическая съемка высокого и сверхвысокого пространственного разрешения, аэрофотосъемка, воздушное лазерное сканирование (ВЛС) [25]	территория мониторинга	6 см	от одного до нескольких периодов съемки в год
Построение/обновление дорожной сети	Использование материалов космической съемки сверхвысокого пространственного разрешения для актуализации дорожного графа, в том числе для уточнения вдольтрассовых проездов и подъездных дорог к магистральным трубопроводам	территория эксплуатации	1,0 м и лучше	один раз в два года

Окончание таблицы

Производственные задачи	Методы и технологии ДЗЗ / примеры использования материалов	Требования к съемке		
		ширина съемки	пространственное разрешение	периодичность съемки
Задачи промышленной и экологической безопасности	Использование материалов аэрокосмической съемки для решения следующих задач: – оперативное обнаружение мест утечек нефтепродуктов; – оценка близости и опасности поражения для сотрудников и гражданских лиц; – контроль за соблюдением нормативных требований и воздействия на окружающую среду; – планирование и проведение природоохранных мероприятий; – мониторинг процессов рекультивации	территория мониторинга	космическая съемка: 0,5 м аэросъемка: 0,1 м и лучше	от одного до нескольких периодов съемки в год
Задачи обеспечения безопасности и охраны	Использование материалов с бортов пилотируемых и беспилотных воздушных судов для получения оперативной и детальной информации об объектах трубопровода	200 м	6–10 см	в соответствии с регламентом обеспечения безопасности
Создание цифровых моделей рельефа по материалам воздушного лазерного сканирования	Построение цифровых моделей рельефа по материалам ВЛС или оптических стереоснимков БПЛА для решения следующих задач: – моделирование разливов нефти; – внутренняя экспертиза проектной и рабочей документации; – выявление опасных геологических процессов при проведении инженерно-геологических изысканий на основе цифровых моделей рельефа [26]	территория исследования	0,5–0,1 м и лучше	2 раза в год
Космический мониторинг пожарной обстановки	Мониторинг пожарной обстановки с использованием данных ДЗЗ предназначен для своевременного выявления потенциальных рисков. Определение потенциальных участков возгорания осуществляется с использованием сенсоров, выполняющих съемку в тепловом инфракрасном диапазоне. Наиболее часто для мониторинга пожарной обстановки используются данные MODIS	территория мониторинга	250–500 м	2 раза в сутки (пожароопасный сезон – с апреля по октябрь)
Построение карт смещений земной поверхности	Карты смещения земной поверхности строятся по материалам космической радиолокационной съемки и показывают смещения земной поверхности с точностью до 0,5 см [27]	территория мониторинга	1–15 м	4 раза в год (данные обновляются по сезонам года)

Заключение

В процессе настоящей работы были получены следующие основные результаты:

1. Вводится понятие «геопространство трубопроводного транспорта» как пространства, ограниченного факторами влияния трубопроводной системы на множество про-

странственных объектов, процессов и явлений, а также факторами влияния природных процессов и явлений на трубопроводную систему. Определены подходы к формированию геопространства для обеспечения эксплуатации сложных техногенных комплексов трубопроводных систем.

2. Данные ДЗЗ являются наиболее информативным источником объективной и актуальной информации о состоянии природно-территориальных комплексов трубопроводного транспорта. Приводится перечень потребностей производственных подразделений в использовании данных ДЗЗ при построении геоинформационных систем трубопроводного транспорта, а также требования к материалам съемки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жарников В. Б. Рациональное использование земель как задача геоинформационного пространственного анализа // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 77–82.
2. Аврунев Е. И., Карпик А. П., Мелкий В. А. Принципы формирования единого геопространства территорий // Проблемы геологии и освоения недр : Труды XXIII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня рождения академика К. И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К. В. Радугина : в 2 т. – Томск : ТПУ, 2019. Т. 1. – С. 428–429.
3. Карпик А. П., Лисицкий Д. В., Байков К. С., Осипов А. Г., Савиных В. Н. Геопространственный дискурс опережающего и прорывного мышления // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 4. – С. 53–67.
4. Карпик А. П., Никитин А. В. Информационная система построения инфраструктуры геопространственных данных для автомобильных и железных дорог // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 4 (36). – С. 7–15.
5. Карпик А. П., Аврунев Е. И., Варламов А. А. Совершенствование методики контроля качества спутникового позиционирования при создании геоинформационного пространства территориального образования // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 182–186.
6. Карпик А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий : монография. – Новосибирск : СГГА, 2004. – 260 с.
7. Карпик А. П. Геодезическая пространственная информационная система для обеспечения устойчивого развития территорий : дисс. ... д-ра техн. наук. – Новосибирск, 2004. – 295 с.
8. Карпик А. П., Середович В. А., Дубровский А. В., Ким Э. Л., Малыгина О. И. Анализ природных и техногенных особенностей геопространства чрезвычайной ситуации // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 3. – С. 178–184.
9. Лисицкий Д. В., Осипов А. Г., Савиных В. Н., Кичеев В. Г., Макаренко Н. Н. Геоинформационное пространство: реальный мир и дополненная реальность // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геопространство в социогуманитарном дискурсе» : сб. материалов (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – С. 31–37.
10. Лисицкий Д. В., Комиссарова Е. В., Колесников А. А. Теоретические основы и особенности мультимедийной картографии // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 3. – С. 72–87.
11. Лисицкий Д. В., Кацко С. Ю. Пользовательский сегмент единого территориального геоинформационного пространства // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 4 (36). – С. 89–100.
12. Лисицкий Д. В. Перспективы развития картографии: от системы «Цифровая Земля» к системе виртуальной геореальности // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 8–16.
13. Уставич Г. А., Аврунев Е. И., Сальников В. Г., Попов В. К. Особенности выполнения деформационного мониторинга инженерных сооружений в условиях вечной мерзлоты // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – № 4. – С. 97–109.
14. Бондур В. Г. Аэрокосмический мониторинг нефтегазозонных территорий и объектов нефтегазового комплекса. Реальности и перспективы // Аэрокосмический мониторинг объектов нефтегазового комплекса / под ред. академика В. Г. Бондура. – М., 2012. – С. 15–37.
15. Мелкий В. А., Верхотуров А. А., Долгополов Д. В., Бурыкин А. Н., Ильин В. В., Гальцев А. А., Зарипов О. М., Новиков Д. Г., Белянина Я. П., Еременко И. В. Экологический мониторинг и мероприятия по снижению уровня возможного негативного воздействия трубопроводов (Проект «Сахалин 2») на окружающую среду острова Сахалин // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 4. – С. 101–108.
16. Мелкий В. А. Теоретические основы и принципы построения единой системы мониторинга природной среды и техносферы // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2002. – № 2. – С. 89–97.

17. Зверев А. Т., Малинников В. А. Космический геоэкологический мониторинг северных территорий России // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2011. – № 6. – С. 68–73.
18. Кругляк А. М., Леонтьев В. А., Сизов А. П., Антипов А. В., Скорохватов С. Н., Кузина Е. П., Зверев А. Т., Малинников В. А., Марчуков В. С., Миртова И. А. Возможности применения космических методов в целях осуществления мониторинга земель крупнейших городов (на примере г. Москвы) // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2005. – № 2. – С. 89–108.
19. Савиных В. П., Крапивин В. Ф., Потапов И. И. Информационные технологии в системах экологического мониторинга. – М.: ООО «Геодезкартиздат». 2007. – 392 с.
20. Григорьева М. А., Маркелов Д. А., Шаповалов Д. А., Минеева Н. Я., Акользин А. П., Хуторова А. О., Чукмасова Е. А., Нядаваа Г. Стратегия устойчивого развития регионов и щадящего природопользования: Научные основы, технологии, геоэкологический стандарт // Устойчивое развитие в Восточной Азии: актуальные эколого-географические и социально-экономические проблемы: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию высшего географического образования и 60-летию фундаментальной географической науки в Бурятии / Научный редактор Ц. Д. Гончиков. – Улан-Удэ: Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова, 2018. – С. 56–58.
21. Дубровский А. В. Формирование техногенных природно-территориальных комплексов нефтегазовых месторождений севера Сибири // Сборник научных трудов аспирантов и молодых ученых Сибирской государственной геодезической академии / под общ. ред. Т. А. Широковой. – Новосибирск: СГГА. – С. 19–24.
22. Карпик А. П., Осипов А. Г., Мурзинцев П. П. Управление территорией в геоинформационном дискурсе. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 280 с.
23. Кузнецов Т. И., Долгополов Д. В. Новые возможности для геотехнического мониторинга трубопроводных систем при использовании ГИС технологий с 3D визуализацией // Тезисы докладов XII Международной учебно-научно-практической конференции «Трубопроводный транспорт–2017». – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2017. – С. 122–123.
24. Маркелов Д. А., Маркелов А. В., Минеева Н. Я., Акользин А. П., Кочуров Б. И., Шаповалов Д. А., Хуторова А. О., Григорьева М. А., Чукмасова Е. А. Нефтяное загрязнение ландшафтов Чечни: распознавание на местности – «Технологии с одного взгляда» // Экология урбанизированных территорий. – 2018. – № 2. – С. 52–60.
25. Баборыкин М. Ю. Мониторинг опасных геологических процессов на линейных объектах // Инженерные изыскания. – 2013. – № 10-11. – С. 44–55.
26. Баборыкин М. Ю., Бурцев А. А., Жидиляева Е. В. Проведение мониторинга опасных геологических процессов на основе результатов воздушного лазерного сканирования // Научные исследования – 2017: практическая часть: монография / Г. И. Гумерова [и др.] / под ред. проф. Э. Ш. Шаймиевой. – М.: РусАльянс Сова, 2017. – С. 151–225.
27. Севастьянов Н. Н. Предложения по развитию корпоративной геоинформационной системы ПАО «Газпром» на базе использования аэрокосмической информации // Газовая промышленность. – 2018. – № 7 (771). – С. 18–25.

Получено 27.05.2020

© Д. В. Долгополов, 2021

PIPELINE TRANSPORT GEOSPACES

Daniil V. Dolgoplov

JSC "SpacInfo Geomatics", 51, Dekabristov St., Moscow, 127490, Russia, Ph. D., Technical Director, phone: (905)714-13-77, e-mail: daniil.dolgoplov@gmail.com

One of the important tasks of safe operation of pipeline systems is information support of production units. The purpose of this work was to determine approaches to the formation of geoinformation space to ensure the operation of complex man-made complexes of pipeline systems. The methodological basis of the research is based on the theoretical foundations and methodological developments of scientists devoted to the collection and processing of spatial information, presented in the works of A. P. Karpik, V. B. Zharnikov, H. K. Yambaev,

A. A. Varlamov, V. G. Bondur, D. V. Lisitsky, G. A. Ustavich, A. T. Zverev, V. A. Malinnikov, A. P. Sizov, V. A. Melkiy and other well-known scientists. To create a GIS of the current pipeline transport system there was defined the procedure of forming geo-information space, including the determination of the list of production problems associated with the use of spatial information, spatial data structure, needs in aerospace survey, performance requirements and frequency of updates of spatial information.

Keywords: remote sensing, aerospace survey, pipeline transport geospaces, main pipelines, spatial data

REFERENCES

1. Zharnikov, V. B. (2013). Rational land use as a problem of GIS spatial analysis. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 3(23), 77–82 [in Russian].
2. Avrunev, E. I., Karpik, A. P., & Melkiy, V. A. (2019). Principles of formation of the united geospatial territories. In *Sbornik trudov XXIII Mezhdunarodnogo simpoziuma imeni akademika M. A. Usova studentov i molodykh uchenykh, posvyashchennogo 120-letiyu so dnya rozhdeniya akademika K. I. Satpaeva, 120-letiyu so dnya rozhdeniya professora K. V. Radugina: T. 1. Problemy geologii i osvoeniya nedr [Proceedings of the 22th International Scientific Symposium of Students, Postgraduates and Young Scientists devoted to the 120th anniversary of Academician K. I. Satpaev and 120th anniversary of Professor K. V. Radugin: Vol. I. Problems of Geology and Subsurface Development]* (pp. 428–429). Tomsk: TPU Publ. [in Russian].
3. Karpik, A. P., Lisitsky, D. V., Baykov, K. S., Osipov, A. G., & Savinykh, V. N. (2017). Geospacial discourse of forward-looking and breaking-through way of thinking. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 22(4), 53–67 [in Russian].
4. Karpik, A. P., & Nikitin, A. V. (2016). Information system build geospatial data infrastructure for roads and railwais. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 4(36), 7–15 [in Russian].
5. Karpik, A. P., Avrunev, E. I., & Varlamov, A. A. (2014). Improvement of quality control procedures for satellite positioning when creating geoinformation space of territorial units. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos"emka [Izvestiya Vuzov. Geodezy and Aerophotography]*, S/4, 182–186 [in Russian].
6. Karpik, A. P. (2004). *Metodologicheskie i tekhnologicheskie osnovy geoinformatsionnogo obespecheniya territoriy [Methodological and technological basis of geoinformational territorial support]*. Novosibirsk: SSGA Publ., 250 p. [in Russian].
7. Karpik, A. P. (2004). Geodesic spatial information system for ensuring sustainable development of territories. *Doctor's thesis*. Novosibirsk, 295 p. [in Russian].
8. Karpik, A. P., Seredovich, V. A., Dubrovskij, A. V., Kim, E. L., & Malygina, O. I. (2012). Analysis of natural and man-made features of the emergency geospace. In *Sbornik materialov Interekspo Geo-Sibir'-2012: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 3. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, markshejderiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia 2012: International Scientific Conference: Vol. 3. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Surveying]* (pp.178–184). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
9. Lisitskiy, D. V. Osipov, A. G. Savinykh, V. N. Kicheyev, V. G., & Makarenko, N. N. (2018). Geoinformation Space: Real World and Augmented Reality. In *Sbornik materialov Interekspo Geo-Sibir'-2018: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: Geoinformatsionnoye prostranstvo: realnyy mir i dopolnennaya realnost [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia 2018: International Scientific Conference: Geo-Information Space: Real World and Augmented Reality]* (pp. 31–37). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
10. Lisitskiy, D. V., Komissarova, E. V., & Kolesnikov, A. A. (2017). Theoretical bases and features of multimedia cartography. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 22(3), 72–87 [in Russian].
11. Lisitsky, D. V., & Kazko, S. J. (2016). User segment a single territorial geoinformation space. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 4(36), 89–100 [in Russian].
12. Lisitsky, D. V. (2013). Prospects for the development of cartography: from the system "Digital Earth" to the virtual system geo-reality. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 2(22), 8–16 [in Russian].
13. Ustavich, G. A., Avrunev, E. I., Salnikov, V. G., & Popov, V. K. (2018). Features of deformation monitoring of engineering structures in permafrost conditions. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering]*, 329(4), 97–109 [in Russian].
14. Bondur, V. G. (2012) Aerospace monitoring of oil and gas-bearing territories and objects of the oil and gas complex. Realities and perspectives. In *Aerokosmicheskiy monitoring ob"ektov neftegazovogo kompleksa [Aerospace Monitoring of Oil and Gas Facilities]* (pp. 15–37). V. G. Bondur (Ed.). Moscow [in Russian].

15. Melkiy, V. A., Verkhoturov, A. A., Dolgoplov, D. V., Burykin, A. N., Ilin, V. V., Gal'tsev, A. A., Zaripov, O. M., Novikov, D. G., Belyanina, Ya. P., & Eremenko, I. V. (2015). Environmental monitoring and activities to reduce potential negative impact of the pipelines (Project «Sakhalin 2») on the environment of Sakhalin island. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodezy and Aerophotography]*, 4, 101–108 [in Russian].
16. Melkiy, V. A. (2002). Theoretical bases and principles construction of unified system for monitoring natural environment and technosphere. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodezy and Aerophotography]*, 2, 89–97 [in Russian].
17. Zverev, A. T., & Malinnikov, V. A. (2011). Space geoeological monitoring of the Northern territories of Russia. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodezy and Aerophotography]*, 6, 68–73 [in Russian].
18. Kruglyak, A. M., Leont'ev, V. A., Sizov, A. P., Antipov, A. V., Skoroxvatov, S. N., Kuzina, E. P., Zverev, A. T., Malinnikov, V. A., Marchukov, V. S., & Mirtova, I. A. (2005). The possibility of using space methods for monitoring the land of large cities (for example, Moscow). *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodezy and Aerophotography]*, 2, 89–108 [in Russian].
19. Savinykh, V. P., Krapivin, V. F., & Potapov, I. I. (2007). *Informatsionnye tekhnologii v sistemakh ekologicheskogo monitoring [Information technology in environmental monitoring systems]*. Moscow: Geodezkartizdat Publ., 308 p. [in Russian].
20. Grigoryeva, M. A., Markelov, D. A., Shapovalov, D. A., Mineeva, N. Ya., Akolzin, A. P., Khutorova, A. O., Chukmasova, E. A., & Nyamdavaa, G. (2018). In *Sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 30-letiyu vysshego geograficheskogo obrazovaniya i 60-letiyu fundamental'noy geograficheskoy nauki v Buryatii Ustoychivoe razvitie v Vostochnoy Azii: Aktual'nye ekologo-geograficheskie i sotsial'no-ekonomicheskie problemy [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 30th anniversary of Higher Geographical Education and the 60th anniversary of Fundamental Geographical Science in Buryatia: Sustainable Development in East Asia: Topical Ecological and Geographical and Socio-Economic Problems]* (pp. 56–58). Ts. D. Gonchikov (Ed.). Ulan-Ude: Dorji Banzarov Buryat State University. Publ. [in Russian].
21. Dubrovskij, A. V. (2004). Formation of technogenic natural-territorial complexes of oil and gas fields in the North of Siberia. In *Sbornik nauchnykh trudov aspirantov i molodykh uchenykh Sibirskoy gosudarstvennoy geodezicheskoy akademii [Proceedings of Postgraduates and Young Scientists of the Siberian State Geodesic Academy]* (pp. 19–24). T. A. Shirokova (Ed.). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
22. Karpik, A. P., Osipov, A. G., & Murzyntsev, P. P. (2010). *Upravlenie territoriej v geoinformacionnom diskurse [Management of the territory in the geoinformational discourse]*. Novosibirsk: SSGA Publ., 280 p. [in Russian].
23. Dolgoplov, D., & Kuznetsov, T. (2017). New opportunities for geotechnical monitoring of pipeline systems using GIS technology with 3D visualization. In *Tezisy dokladov XII Mezhdunarodnoy uchebno-nauchno-prakticheskoy konferentsii: Truboprovodnyy transport – 2017 [Proceedings of the XII International Educational, Scientific and Practical Conference: Pipeline Transport – 2017]* (pp. 122–123). Ufa: Ufa State Petroleum Technological University Publ. [in Russian].
24. Markelov, D. A., Markelov, A. V., Mineeva, N. Ya., Akolzin, A. P., Kochurov, B. I., Shapovalov, D. A., Khutorova, A. O., Grigorieva, M. A., & Chukmasova, E. A. (2018). Oil pollution of landscapes of Chechnya: recognition on the locality – «technologies from one look». *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy [Ecology of Urbanized Territories]*, 2, 52–60 [in Russian].
25. Baborykin, M. Yu. (2013) Monitoring of hazardous geological processes at linear objects. *Inzhenernye izyskaniya [Engineering Survey]*, 10-11, 44–55 [in Russian].
26. Baborykin, M. Yu., Burcev, A. A., Zhidilyaeva, E. V. (2017). Monitoring of dangerous geological processes based on the results of aerial laser scanning. In Gumerova G. I., & etc., *Nauchny'e issledovaniya – 2017: Prakticheskaya Chast' [Scientific Research – 2017: Practical Part]* (pp. 151–225). E. Sh. Shajmieva (Ed.). Moscow: RusAl'yans Sova Publ. [in Russian].
27. Sevastyanov, N. N. (2018). Proposals for development of PJSC Gazprom's corporate geoinformation system based on use of aerospace information. *Gazovaya promy'shlennost' [GAS Industry of Russia]*, 7(771), 18–25 [in Russian].

Received 27.05.2020

© D. V. Dolgoplov, 2021