

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ МОСКВА»

УДК 528.87:622.691.4

Е.А. Смирнов, ООО «Газпром трансгаз Москва» (Москва, Россия), Smirnov@gtm.gazprom.ru

А.М. Свиридов, ООО «Газпром трансгаз Москва», A.Sviridov@gtm.gazprom.ru

А.В. Фомин, ООО «Газпром трансгаз Москва», a.fomin@gtm.gazprom.ru

Ю.В. Карabut, ООО «Газпром трансгаз Москва», y.karabut@gtm.gazprom.ru

М.С. Горайнов, к.г.н., филиал «Инженерно-технический центр» ООО «Газпром трансгаз Москва» (Москва, Россия), m.goraynov@gtm.gazprom.ru

В ООО «Газпром трансгаз Москва» была разработана и внедрена Система мониторинга технического состояния магистральных газопроводов на основе геоинформационной системы, представляющая собой комплекс решений, направленных на обеспечение эффективного и безопасного функционирования объектов транспорта газа. С помощью этой системы в ООО «Газпром трансгаз Москва» впервые удалось выполнить анализ технического состояния линейной части трубопроводов в геоинформационной среде, позволивший выявить опасные техногенные и природные воздействия, осуществить контроль эксплуатации, охраны и обустройства всего комплекса указанной инфраструктуры. Было организовано централизованное хранение и актуализация массива данных, включающих аэро- и космические снимки, векторизованные тематические слои с атрибутивной информацией, содержащейся в таблицах.

Разработанная система позволяет осуществлять контроль состояния магистральных газопроводов. Для этих целей выполняется комплексный анализ результатов проектных изысканий и технических условий на объектах транспорта газа, а также информации об утечках метана с применением сведений об участках капитального ремонта и внутритрубной диагностики. В настоящее время проводится регулярный мониторинг состояния указанных сооружений. Он сопровождается фиксацией аварийных и потенциально аварийных участков с применением специализированного оборудования, устанавливаемого на воздушном судне, в целях оперативного реагирования эксплуатирующей организации на факт выявления критических нарушений целостности.

Наиболее важный результат мониторинга технического состояния магистральных газопроводов – появление возможности дистанционного определения опасных участков, на которых необходимо планировать проведение капитального ремонта и реконструкции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МАГИСТРАЛЬНЫЙ ГАЗОПРОВОД, ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ, ПОИСК УТЕЧЕК ГАЗА, МОНИТОРИНГ, ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА, ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ, ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ.

Современный период характеризуется развитием и внедрением информационных комплексов, которые становятся основой для обеспечения безопасной и надежной эксплуатации производственных объектов. Главное преимущество этих новых технологий – возможность хранения и объединения больших массивов

сведений для контроля и анализа производственной деятельности.

В 2000-х гг. благодаря развитию компьютерных сетей и цифровизации получили развитие геоинформационные системы (ГИС), что позволило пространственным данным стать одним из ведущих источников сведений для управления в промышленных организациях

[1–3]. Работа с такими данными позволяет не просто создавать картографические материалы, а выполнять аналитические операции с ними.

Газовая промышленность представляет собой отрасль, которая эксплуатирует самые протяженные производственные объекты, по степени опасности являющиеся

E.A. Smirnov, Gazprom transgaz Moscow LLC (Moscow, Russia), Smirnov@gtm.gazprom.ru

A.M. Sviridov, Gazprom transgaz Moscow LLC, A.Sviridov@gtm.gazprom.ru

A.V. Fomin, Gazprom transgaz Moscow LLC, a.fomin@gtm.gazprom.ru

Yu.V. Karabut, Gazprom transgaz Moscow LLC, y_karabut@gtm.gazprom.ru

M.S. Goryaynov, PhD in Geography, Engineering and Technical Center, branch of Gazprom transgaz Moscow LLC (Moscow, Russia), m.goryaynov@gtm.gazprom.ru

Development and implementation of the system for monitoring the technical state of main gas pipelines based on the geographic information system in Gazprom transgaz Moscow LLC

Gazprom transgaz Moscow LLC has developed and implemented the System for monitoring the technical state of main gas pipelines based on the geographic information system. This system is a set of solutions aimed at ensuring effective and safe operation of gas transport facilities. Using it Gazprom transgaz Moscow LLC managed for the first time to analyze the technical state of the linear part of pipelines in the geoinformation software, which allowed to identify dangerous anthropogenic and natural impacts and to control the operation, protection, and arrangement of the gas transport facilities. Centralized storage and actualization of database was organized, which included aerial photo and satellite images, and vectorized thematic layers with attributive information in table form.

The developed system allows to control the state of main gas pipelines. For this purpose, it's analyzed the results of design surveys and technical conditions at gas transportation facilities, as well as data on methane leaks using information on workover and in-tube diagnostics sites.

At present, regular monitoring of the state of gas transportation facilities is carried out. It is accompanied by fixation of emergency and potentially emergency sites using specialized equipment installed on the aircraft in order to promptly respond when critical damage of integrity is detected.

The most important result of monitoring the technical state of main gas pipelines is the ability to remotely identify sites in danger where workover and reconstruction should be planned.

KEYWORDS: MAIN GAS PIPELINE, TECHNICAL STATE, OPERATING RULES, GAS LEAKAGE SEARCH, MONITORING, GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM, SPATIAL DATA, REMOTE SENSING.



наиболее значимыми в топливно-энергетическом комплексе. В связи с этим все более актуальной становится проблема оперативного анализа информации об их техническом состоянии. Так, протяженность газотранспортной системы (ГТС), подведомственной ООО «Газпром трансгаз Москва», составляет 21 тыс. км магистральных газопроводов (МГ) и газопроводов-отводов, более 700 газораспределительных станций (ГРС) и десятки тысяч других объектов. Анализ подобных объемов производственных массивов данных в целях принятия организационных решений для поддержания

безопасной эксплуатации требует наличия информационной системы, концентрирующей разносторонние сведения о ГТС, а также об антропогенных и природных объектах окружения, расположенных в технологических коридорах МГ.

МЕТОДОЛОГИЯ РАБОТЫ

В 2015 г. для организации сбора информации об инфраструктуре МГ специалисты ООО «Газпром трансгаз Москва» создали Методику по описанию и нанесению объектов газотранспортной системы ПАО «Газпром» и объектов их окружения для формирования базы данных пространственной информации согласно методологии Системы управления техническим состоянием и целостностью линейной части (далее – Методика). С ее помощью были разработаны единый подход к технологии сбора указанных сведений для Системы управления техническим состоянием и целостностью ГТС в дочерних обществах и общая Инструкция по описа-

нию и нанесению объектов ГТС ПАО «Газпром» и объектов их окружения для формирования базы данных пространственной информации. В соответствии с этими документами сбор и систематизация массива цифровых данных должны проводиться силами самих организаций без привлечения сторонних компаний.

На основе Методики специалистами ООО «Газпром трансгаз Москва» в рамках ГИС была создана база геоданных об объектах транспорта газа и окружения, сопровождающаяся их подробным описанием. Полученный массив с разнородной паспортной, статистической и диагностической информацией удалось интегрировать в единый сервис и привести к формату, обеспечивающему дальнейшие оценку и контроль состояния МГ.

В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «Газпром» до 2025 г. [4] один из приоритетов ООО «Газпром трансгаз Москва» – разработка

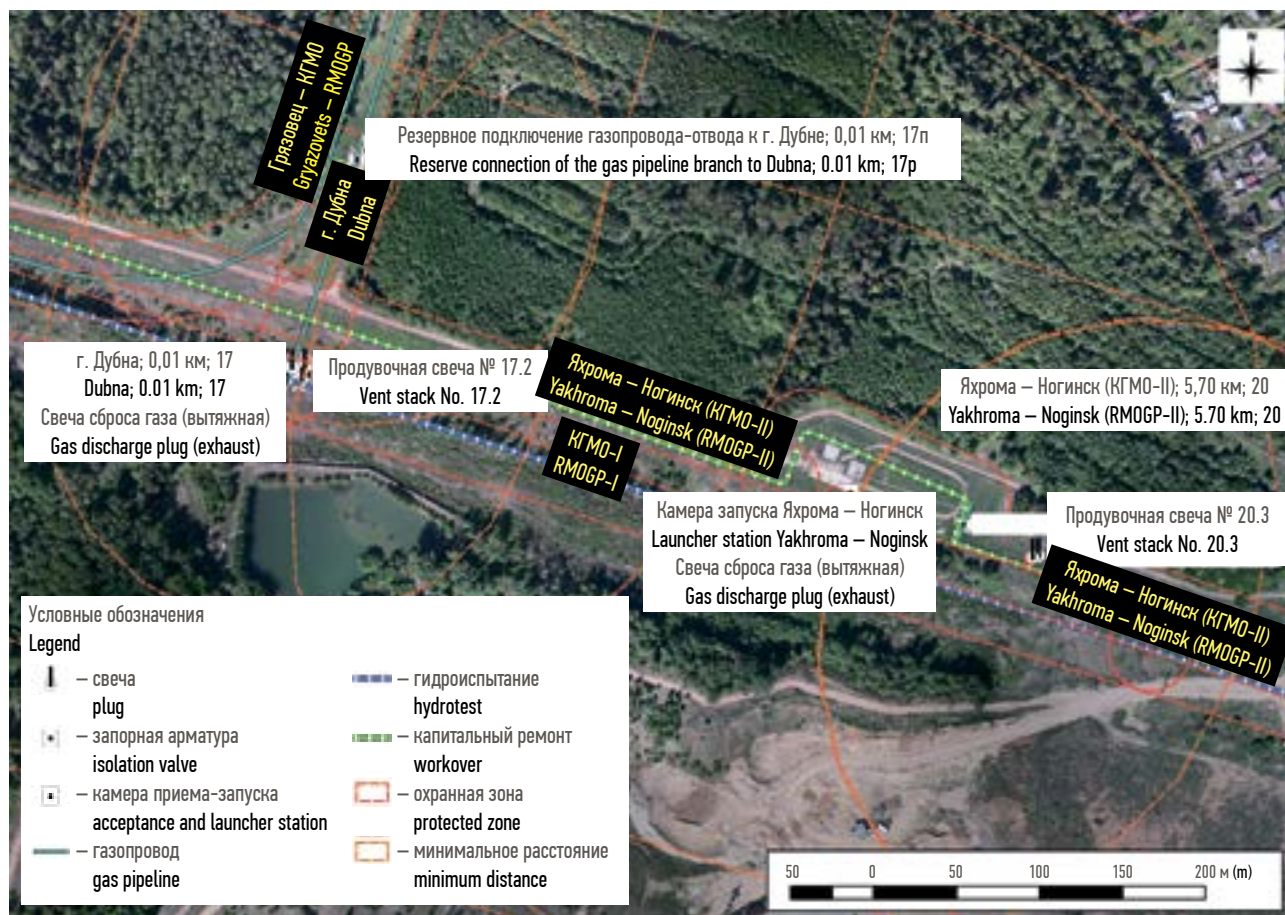


Рис. 1. Схема МГ с границами минимальных расстояний и охранных зон, созданная в ГИС, где КГМО – кольцевой газопровод Московской обл. В качестве подложки использован аэрофотоснимок с беспилотного летательного аппарата, дата съемки – 20.08.2020 г.

Fig. 1. Layout of main gas pipeline with the boundaries of minimum distances and protected zones, developed in GIS, where RMOGP – ring of the Moscow Oblast gas pipeline. Background: an aerial photo from an unmanned aerial vehicle obtained on 20 August 2020

и внедрение технологий, обеспечивающих повышение эффективности магистрального транспорта газа [5].

Среди путей решения указанной научно-технической проблемы и реализации обозначенного выше приоритета наиболее эффективны контроль и оценка технического состояния МГ на основе пространственных данных с использованием ГИС (рис. 1).

Работа по внедрению Системы мониторинга технического состояния магистральных газопроводов на основе геоинформационной системы (далее – Система) в ООО «Газпром трансгаз Москва» предусматривала сбор большого количества геоданных. Далее все сведения были систематизированы в единый массив (базу данных), где хранятся многочисленные вектор-

ные материалы. Он и составил основу Системы.

Кроме того, проводились мероприятия по разработке технологических процессов контроля и оценки состояния МГ с учетом многосторонней пространственной информации. Были утверждены нормативные документы ООО «Газпром трансгаз Москва», регулирующие выполнение мониторинга и методы устранения факторов, влияющих на безопасную эксплуатацию МГ, базирующиеся на [6, 7].

В соответствии с этими регламентами обеспечиваются следующие функции контроля технического состояния газопроводов с использованием ГИС:

- обобщенный анализ информации об участках капитального ремонта, внутритрубной диагно-

стики, местах прохождения МГ возле населенных пунктов и промышленных объектов;

- сопоставление с ранее выявленными утечками газа в целях управления надежной и безопасной эксплуатацией линейной части (ЛЧ);

- планирование капитального ремонта участков газопроводов, которые представляют наибольшую опасность для объектов жизнедеятельности людей;

- контроль выявления утечек метана на газопроводах при помощи воздушного патрулирования и наземных обходов, определение точного географического положения этих мест по координатам и данным аэрофотосъемки для предотвращения аварий и инцидентов;

- оперативное выявление местоположения несанкционированных

работ и переездов, строительства новых зданий и сооружений, а также контроль исправности и целостности видимых на земной поверхности объектов транспорта газа на основе аэрофотоснимков, полученных при воздушном патрулировании с применением геоинформационных технологий.

РАЗРАБОТКА, СОСТАВ И СТРУКТУРА СИСТЕМЫ

Система базируется на свободно распространяемой ГИС-программе QGIS (авторы – команда независимых разработчиков), функционирующей с применением серверов для удаленной работы. Ее основа – это настольное приложение QGIS Desktop, предназначенное для создания, редактирования, визуализации и анализа пространственной информации.

Сотрудники производственных филиалов (в том числе «Инженерно-технического центра» (ИТЦ)) ООО «Газпром трансгаз Москва» постоянно наполняют Систему. Ее архитектура предусматривает возможность дистанционной работы благодаря централизованному хранению информации. Редактирование и обработка первичных данных выполняются на рабочих местах с помощью QGIS Desktop. Создаваемые векторные и растровые слои с атрибутивной информацией структурированы в базе пространственных данных и хранятся на общем сервере для удаленного доступа к ним.

В состав Системы входит четыре блока, представленных в виде специализированных геоинформационных проектов и различающихся по характеру выполняемых задач: управленческий, контрольно-аналитический, интеграционный и производственный. Эти блоки позволяют структурным подразделениям ООО «Газпром трансгаз Москва» вносить и корректировать данные, проводить анализ получаемой информации, осуществлять организационное планирование в производственной деятельности на основе общей статистики

и аналитики, формировать схемы и отчетность. Предусмотрена возможность детального рассмотрения требуемого участка МГ на картографической основе с нанесенными объектами окружения, границами охранных зон [6], минимальными расстояниями, площадными объектами транспорта газа с их техническими характеристиками, отображаемыми на материалах аэрофото- и космической съемки.

СБОР ГЕОДАНЫХ ДЛЯ НАПОЛНЕНИЯ СИСТЕМЫ

В 2015 г. в ООО «Газпром трансгаз Москва» была поставлена задача собрать пространственные данные, включающие оси газопроводов, ГРС и компрессорные станции, для нужд Системы управления техническим состоянием и целостностью ГТС, но соответствующей методологии не существовало. Основной проблемой стало отсутствие материалов дистанционного зондирования (аэрофото- или космических снимков), необходимых для создания картографической основы, по которой осуществлялась бы оцифровка и нанесение осей газопроводов и объектов окружения. Стоит учесть, что воздушное патрулирование с применением беспилотных летательных аппаратов было введено в ПАО «Газпром» лишь в 2017 г.

Для получения геоданных использовались материалы космической съемки, имеющиеся в свободном доступе. Ввиду ограниченного пространственного разрешения этих снимков было невозможно создать по ним первичную картографическую основу достаточно крупного масштаба. Кроме того, данные космосъемки не обеспечивали постоянного мониторинга в связи с нерегулярностью обновления. В 2015 г. для решения задачи создания картографической основы необходимого масштаба (1:2000) специалисты ИТЦ ООО «Газпром трансгаз Москва» провели тестовую аэрофотосъемку с помощью пилотируемого вертолета Ка-26 [8]. Полученные по результатам

испытаний данные дистанционного зондирования соответствовали требуемым характеристикам и могли применяться в работе, но в дальнейшем, с внедрением воздушного патрулирования МГ на основе беспилотных летательных аппаратов, необходимость съемки с вертолетов отпала.

До настоящего времени Система продолжает наполняться данными об объектах транспорта газа и объектах их окружения, как антропогенных (здания, коммуникации, дороги и пр.), так и природных. В 2017 г. с помощью беспилотных технологий были впервые выявлены все случаи нарушения минимальных расстояний и охранных зон газопроводов в районах эксплуатации ООО «Газпром трансгаз Москва».

В 2018 г. началось расширение базы данных за счет информации об участках капитального ремонта, реконструкций и гидравлических испытаний МГ, узлах трубопроводной арматуры, местах установки камер приема-запуска очистных устройств и дефектоскопов, свечей и прочих объектов. Эти сведения сопровождалось текстовым описанием. С 2019 г. стал внедряться контроль выполнения поиска утечек газа с помощью вертолета для выявления потенциально аварийных участков газопроводов (с дефектами, трещинами и т.д.).

На протяжении всего периода с 2015 по 2020 г. происходит совершенствование Системы. Оно предусматривает возможность определения потенциально наиболее опасных участков газопроводов, на которых необходимо планирование капитального ремонта. Именно исследование технического состояния МГ, базирующееся на их пространственном положении и дополняемое анализом объектов окружения в целях обеспечения безопасности жизнедеятельности людей, позволило максимально корректно спланировать мероприятия для поддержания надлежащего уровня эксплуатации ГТС.



По мере развития Системы в нее добавляются все новые необходимые векторные тематические слои различных объектов: газопроводов, объектов транспорта газа, границ минимальных расстояний и пр., а также административных границ, дорог, гидросети, населенных пунктов. В зависимости от типа слои представлены линиями, полигонами или точками, имеющими географические координаты.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ

Контроль технического состояния МГ

Контроль технического состояния МГ разделяется на оперативный и перспективный и выполняется путем анализа всех характеристик объектов транспорта газа и вновь получаемых данных при различных видах наблюдений и диагностики (рис. 2). Благодаря перспективному мониторингу появляется возможность планировать на ближайшие годы замену участков газопроводов, представляющих наибольшую опасность для объектов жизнедеятельности людей.

В виде базовой информации в Систему заложены сведения о введении в действие МГ, расположенных вблизи населенных пунктов или промышленных предприятий, а также данные об участках, на которых выполнялись мероприятия

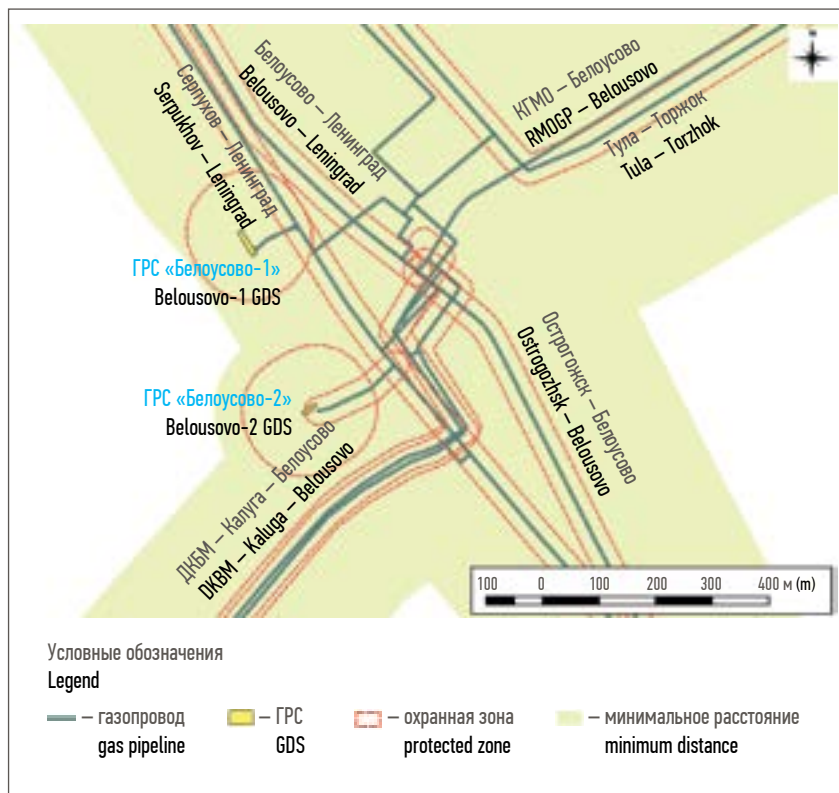


Рис. 2. Пространственные данные об объектах транспорта газа, где ДКБМ – газопровод «Дашава – Киев – Брянск – Москва»
Fig. 2. Spatial data on gas transport facilities, where DKBM is for Dashava – Kiev – Bryansk – Moscow gas pipeline; GDS is for gas-distributing station

по улучшению их технических характеристик (капитальный ремонт, реконструкция) и внутритрубной диагностике. Такие участки исключаются из анализа при выявлении потенциально аварийных отрезков газопроводов. Определяются МГ, расположенные возле населенных пунктов, а среди них – объекты, имеющие наибольший возраст.

На втором этапе проводится анализ выявленных за последние годы утечек, что позволяет идентифицировать газопроводы, в которых могут быть дефекты. Следовательно, на таких участках в будущем вероятны аварийные ситуации.

Газопроводы, занесенные в список потенциально опасных на основе анализа, но расположенные вдали от населенных пунктов и не угрожающие жизнедеятельности людей, попадают в перечень тех объектов, на которых капитальный ремонт предусмотрен в отдаленной перспективе.

Оперативный мониторинг технического состояния осуществляется для устранения опасных участков газопроводов, выявленных при вертолетном патрулировании. Полученные данные позволяют эксплуатирующим службам с помощью Системы определять точное местоположение относительно осей МГ и крановых площадок, а также оценивать окружающую обстановку по материалам аэрофотосъемки.

Анализ объектов окружения газопроводов

Помимо комплексного анализа технической информации в последние годы все более востребованным становится исследование пространственного положения объектов окружения газопроводов. В первую очередь это связано с безопасностью населенных пунктов, а также отдельно стоящих зданий и сооружений, находящихся в технологических

коридорах газопроводов. Кроме того, данная задача актуальна в связи со строительством новых автодорог и объектов инфраструктуры в местах прохождения МГ.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ

Результаты, получаемые при комплексном анализе с помощью Системы, позволяют обеспечивать экономическую эффективность при поддержании надлежащего технического состояния объектов ЛЧ МГ и своевременно ликвидировать дефекты и отказы, выявленные в процессе эксплуатации. Так, в 2020 г. в ООО «Газпром трансгаз Москва» устранено пять аварийных ситуаций на линейных участках газопроводов.

Кроме того, благодаря внедрению Системы есть возможность оптимизировать режим эксплуатации ЛЧ МГ, а следовательно, рационально расходовать топливно-энергетические ресурсы. Ниже рассмотрено два примера, иллюстрирующих экономический эффект от внедрения системы.

Первый – экономия затрат при поддержании технических условий. Обычно переустройство газопроводов сопровождается гео-

дезическими изысканиями, в ходе которых измеряются координаты прохождения трассы. Ранее фактическое состояние участка строительства можно было определить только при выезде на местность с выполнением инструментальных замеров. При помощи Системы стало возможным с достаточной точностью создавать схемы по переустройству объектов транспорта газа и проводить анализ окружающей обстановки, не покидая офиса.

Второй – экономия затрат при работе с многочисленными обращениями организаций, администраций и граждан. После внедрения Системы удалось сократить основное количество выездов для определения расположения объектов капитального строительства вблизи МГ для предоставления официальной информации в органы власти и организации.

ВЫВОДЫ

Результаты, получаемые благодаря Системе, позволяют обеспечивать экономическую эффективность при поддержании надлежащего технического состояния объектов ЛЧ МГ и своевременном устранении дефектов и отказов, выявленных в процессе эксплуатации

и влекущих за собой потери газа. Появилась возможность оптимизировать режим работы сотрудников компании, сократив количество их выездов на объекты ЛЧ МГ, а также поддерживать рациональное расходование топливно-энергетических и материальных ресурсов.

Научно-технические достижения, реализованные с помощью Системы, можно сформулировать в виде следующих положений:

– впервые благодаря ее использованию в ООО «Газпром трансгаз Москва» выполняется анализ технического состояния ЛЧ МГ на основе геоинформационных технологий;

– ее применение актуально для ООО «Газпром трансгаз Москва» и других дочерних предприятий ПАО «Газпром», т.к. только комплексный анализ пространственной информации позволяет прогнозировать негативные явления и эффективно планировать мероприятия по поддержанию безопасности функционирования ГТС;

– она представляет собой нововведение для газотранспортного предприятия, поскольку впервые позволила использовать новые принципы и технологии проведения работ с применением геоданных. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Лаврус В.П., Литус И.И., Шпильман А.В. и др. Корпоративная ГИС ОАО НК «РуссНефть» // ArcReview. 2014. № 3 (70) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arcreview.esri-cis.ru/2014/08/12/корпоративная-гис-оао-нк-русснефть/> (дата обращения: 14.02.2021).
2. Лаврус В.П., Литус И.И., Коноплев П.А. и др. Геоинформационная система ОАО «Сибнефть-Ноябрьскнефтегаз» // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. 2006. № 5 (57). С. 42–46.
3. Козлов В.Я., Долбилин М.В. Развитие корпоративной ГИС ОАО «ЛУКОЙЛ» // ArcReview. 2007. № 2 (41) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arcreview.esri-cis.ru/2007/05/10/развитие-корпоративной-гис-оао/> (дата обращения: 14.02.2021).
4. Паспорт Программы инновационного развития ПАО «Газпром» до 2025 года. СПб.: Газпром, 2020.
5. Гафаров Н.А., Баранов Ю.Б., Ванярхо М.А. и др. Использование космической информации в газовой промышленности. М.: Газпром экспо, 2010.
6. Федеральный горный и промышленный надзор России. Постановление № 9 от 24.04.1992 г. Правила охраны магистральных трубопроводов (в ред. от 23.11.1994 г.) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/2160374/> (дата обращения: 14.02.2021).
7. СТО Газпром 2-3.5-454-2010. Правила эксплуатации магистральных газопроводов [Электронный ресурс]. Режим доступа: ограниченный.
8. СТО Газпром 2-2.3-344-2016. Положение о воздушном патрулировании трасс магистральных трубопроводов ПАО «Газпром» [Электронный ресурс]. Режим доступа: ограниченный.

REFERENCES

- (1) Lavrus VP, Litus II, Shpilman AV, Kolobov PN, Istomina NA, Vishnevskaya YeA, et al. Enterprise GIS in "RussNeft" Oil Company. *ArcReview*. 2014; 70(3). Available from: <https://arcreview.esri-cis.ru/2014/08/12/корпоративная-гис-оао-нк-русснефть/> [Accessed: 14 February 2021]. (In Russian)
- (2) Lavrus VP, Litus II, Konoplev PA, Skok IG, Kozoriz MD. Geographic information system of Sibneft-Noyabrskneftegaz OJSC. *Informational Bulletin of GIS-Association* [Informatsionnyy byulleten' GIS-Assotsiatsii]. 2006; 57(5): 42–46. (In Russian)
- (3) Kozlov VYa, Dolbilin MV. Development of LUKOIL OJSC corporate GIS. *ArcReview*. 2007; 41(2). Available from: <https://arcreview.esri-cis.ru/2007/05/10/развитие-корпоративной-гис-оао/> [Accessed: 14 February 2021]. (In Russian)
- (4) Gazprom PJSC. *Passport of Gazprom Innovative Development Program through 2025*. Saint Petersburg: Gazprom; 2020. (In Russian)
- (5) Gafarov NA, Baranov YuB, Vanyarkho MA, Filatov DM, Denisevich EV, Kanmirov Yul, et al. *Use of Satellite Data in the Gas Industry*. Moscow: Gazprom expo; 2010. (In Russian)
- (6) Federal Mining and Industrial Supervision of Russia. *Resolution No. 9 of 24 April 1992. Rules for protection of main pipelines (in rev. on 23 November 1994)*. Available from: <https://base.garant.ru/2160374/> [Accessed: 14 February 2021]. (In Russian)
- (7) Gazprom. *STO Gazprom 2-3.5-454-2010 (company standard). Rules of operation of main gas pipelines*. [Access restricted]. (In Russian)
- (8) Gazprom. *STO Gazprom 2-2.3-344-2016. Regulations on air patrolling of Gazprom PJSC main pipelines' routes*. [Access restricted]. (In Russian)