

ПИВОВАРОВА ИННА ИВАНОВНА

## ГИС В СИСТЕМЕ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА, УПРАВЛЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

### АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются возможности ГИС-технологий для представления сети газопроводов в электронном виде с целью эффективного управления, а также технологического и экологического мониторинга объектов. Приведены примеры техногенных катаклизмов произошедших из-за отсутствия интеграции систем пространственной информации с существующими системами управления. Описаны инструменты отечественных и зарубежных ГИС, используемые ИТ-департаментами компаний энергетического комплекса.

**Ключевые слова:** ГИС, газопровод, газоснабжение, электронные карты, базы геоданных, учет газа, мониторинг, безопасность.

PIVOVAROVA I. I.

## GIS IN THE GAS SUPPLY SYSTEM FOR MONITORING, CONTROL AND PREVENTION OF EMERGENCIES

### ABSTRACT

The article discusses the possibilities of GIS technologies for the presentation of a gas pipeline network in electronic form for the purpose of effective management, as well as technological and environmental monitoring of facilities. Examples of technogenic cataclysms that occurred due to the lack of integration of spatial information systems with existing control systems are given. The tools of domestic and foreign GIS used by IT departments of companies in the energy complex are described.

**Keywords:** GIS, gas pipeline, gas supply, electronic cards, geodatabase, gas metering, monitoring, industrial safety.

Мониторинг сетей нефте-газопроводов посредством ГИС необходим для контроля и прогнозирования вероятности возникновения таких аварийных ситуаций, как нарушение герметичности отдаленных или бесхозных трубопроводов, выбросов при транспортировке газа, которые могут возникнуть из-за воздействия низких температур, обледенения, возможности подтопления, неоднородности рельефа, лесных пожаров, сейсмичности, сложных геологических условий (оползни, карсты) и человеческого фактора.

В Российской Федерации на сегодняшний день общая протяженность линейной части магистральных трубопроводов составляет более 200 тыс. км, из которых: магистральные газопроводы – 166 тыс. км; магистральные нефтепроводы – 52,5 тыс. км. Ежегодный рост распределительных газопроводов составляет около 30 000 км. Однако, известно, что основная часть газотранспортной системы России была построена в 70–80-е годы прошлого века. Достаточно высокий уровень безопасности и надежности систем газоснабжения, установленных с большим запасом прочно-

сти, позволяет обеспечить устойчивую работу систем газораспределения. Однако, к настоящему времени износ основных фондов по линейной части магистральных газопроводов составляет более половины, а точнее – 57,2%. А с учетом того, что длина распределительных газопроводов в РФ и объемы транспортировки газа за последние 10 лет выросли в 1,5-2 раза аварийность на газопроводах различного диаметра колеблется в среднем от 30 до 40 случаев в год [1-2].

Одной из причин такого положения дел является недостаточная эффективность действующих служб мониторинга. Часто службы отслеживания фактической обстановки на предприятиях ограничиваются фиксацией «физических» явлений и процессов. В то время, как грамотное и повсеместное использование геоинформационных технологий позволяет обеспечивать синтез и анализ наблюдений, принятие управленческих решений и корректировку собственной деятельности [3, 4].

Можно привести многочисленные примеры из мировой практики, когда неприменение именно инструментов пространственного анализа и

отсутствие интеграции систем пространственной информации с существующими системами управления привели к серьезным аварийным ситуациям и человеческим жертвам. Наиболее известные происшествия, произошедшие по причине отсутствия или недостаточного качества геотехнической информации:

- Компания Pacific Gas and Electric, неисправность оборудования которой стала одной из причин разрушительного природного пожара в Калифорнии в 2018 году и крупнейшей аварии в 2010 году. При расследовании было обнаружено, что PG&E не проверяла почти 14 миль газораспределительных трубопроводов на предмет утечек в течение двух десятилетий по причине потери 16 карт, необходимых для проведения обязательных проверок безопасности своей системы.
- В 1996 году самоподъемный механизм Maersk Victory получил серьезные повреждения, когда одна из его опор прорвалась через мягкий известняк морского дна в заливе Сент-Винсент у побережья Южной Австралии. Инцидент произошел во время подъема буровой установки на месте перед забуриванием первой из двух скважин в бассейне Стэнсбери в соответствии с разрешением на разведку. Министерство горнорудной промышленности и энергетики Южной Австралии (MESA) провело расследование и установило причину Повреждение было провалом подводных отложений под буровой. MESA пришло к выводу, что не было полной оценки рисков места бурения, не удалось полностью оценить геотехнические данные о подводных отложениях, а также были сбои в системах управления и процедурах определения местоположения буровой установки.
- Пример неправильного позиционирования буровой установки в Северном море, приведенный польской компанией **OGP Gaz-System S. A.** Во время самоподъемной установки инженер, следящий за навига-

цией, не осознавал, что он случайно изменил параметры привязки координат. Позже радиолокационная проверка показала, что он находился в 1,5 км от локации, в блоке другого оператора. Рассматриваемая компания была вынуждена переместить буровую установку стоимостью 750 000 долларов и столкнулась с проблемами репутации, поскольку правительство пересмотрело свои лицензионные соглашения [5].

Необходимость систематизации существующей нормативно-технической документации: ситуационных и инженерно-топографических планов и схем маршрутов, технологических схем, технической паспортизации и диагностики, времени проведения текущего и капитального ремонтов – для многих трубопроводных компаний решением этой проблемы является географическая информационная система (ГИС).

Первая группа пользователей ГИС, возглавляемая такими компаниями, как Exxon и Shell начали деятельность в этом направлении в начале 1990-х годов. К концу 1990-х годов нефтегазовые сервисные компании, такие как Landmark и Schlumberger, стали производить упаковку технологий ГИС в своих коммерческих программных продуктах и начали развивать использование ГИС в области управления данными, разведки, прокладки и обслуживания трубопроводов.

В настоящее время большую часть данного сектора рынка занимает продукция компаний «ESRI», «MapInfo», «Intergraph» – пакеты программ «ArcGIS», «MapInfo Professional», «GeoMedia Professional» соответственно, вместе с дополнительными модулями и оболочками, расширяющими их функциональные возможности по моделированию и анализу, связи и интеграции с СУБД и функционирование под интерфейсом WEB [6].

В России также достаточно распространены собственные разработки ИТ-департаментов компаний энергетического комплекса, интегрирующие доступ к таким системам в клиентских приложениях пользователей. Доступ из среды ГИС к учетной информации позволяет специалистам видеть и оценивать взаимодействие производственных

(внутренних) и природных (внешних) факторов. Например, для российского севера актуален мониторинг растопления вечной мерзлоты в результате производственной деятельности. На равнинных территориях фактором риска является подтопление трубопроводов и других объектов вследствие нарушения поверхностного стока при их строительстве. Геоинформационные системы позволяют обнаруживать проблемные участки и идентифицировать подверженные риску объекты за счет использования аэрокосмических снимков и информации из учетных систем. Весьма эффективно также сочетание с данными полевых обследований, привязываемых к основной базе данных посредством координат, получаемых с GPS-приемников. Благодаря этим возможностям, предоставляемым ГИС, повышается своевременность и качество решений в области управления объектами, снижаются риски возникновения нештатных или аварийных ситуаций [7].

Приведем конкретные примеры ГИС-решений в системе управления газопроводами Центрального региона Российской Федерации и Ямало-Ненецкого автономного округа РФ.

#### **Использование ГИС-пакета «GeoMedia Professional» для построения и мониторинга сети газопроводов различного назначения**

Одним из масштабных и успешных ГИС-решений на рынке геоинформационных технологий и web-ориентированных геоинформационных сервисов, является проект «Геоинформационная система ГУП МО «Мособлгаз» компании ООО «Гортис-СЛ». Ключевой особенностью компании на рынке информационных технологий является успешный опыт адаптации программного обеспечения, предлагаемого крупными зарубежными IT-компаниями, как к отраслевой специфике, так и к требованиям конкретного заказчика. Это позволяет существенно сократить финансовые затраты заказчиков на покупку лицензий и снизить зависимость от производителей программного обеспечения [8].

Для построения масштабных геоинформационных систем компания использует продукт фирмы «Intergraph» - программу «GeoMedia

Professional» и ее надстройку – программный комплекс «xMedia», который является результатом многолетнего труда программистов компании и представляет собой многофункциональное средство моделирования и проектирования предметной области в рамках построения корпоративных ГИС. Основным результатом и отличительной особенностью является встроенная в ГИС система управления, предназначенная для хранения информации о пространственном положении и характеристиках объектов газового хозяйства. Система включает в себя архивы исполнительной документации, содержащие десятки тысяч файлов (исполнительные чертежи, карты-схемы, паспорта оборудования), посредством чего в дальнейшем и осуществляется управление пространственными ресурсами.

Работая в «GeoMedia Professional» с использованием модуля «X-media» возможно построение технологической схемы сети газопроводов (ГП) различного назначения. Как правило, газопроводы разделяют на магистральные и распределительные сети. Отличаться может и тип газопроводов, т.е. они могут быть подземными, надземными, подводными. Так же на ГП различается рабочее давление – низкое, среднее, высокое I и II категории. Всё это учитывается при работе в программе, при этом производится расстановка соответствующей арматуры, объектов потребления газа, распределительных пунктов и заполнение атрибутивной информацией (рисунок 1).

По растровым исполнительным планам масштаба 1:500 – 1:2000 производится векторизация объектов газового хозяйства по слоям, увязка топологии с заполнением характеристик ОГХ. В атрибутивной информации объектов всегда указывается:

- наименование файла документа по учету в электронном архиве;
- номер исполнительно-технической документации (ИТД) по учету в электронном архиве.

Для каждого слоя подробно прописывается вся атрибутивная информация, например: тип прокладки газопровода (подземный, надземный); толщина стенки; признак местности (сельские или городские поселения) и т.д.

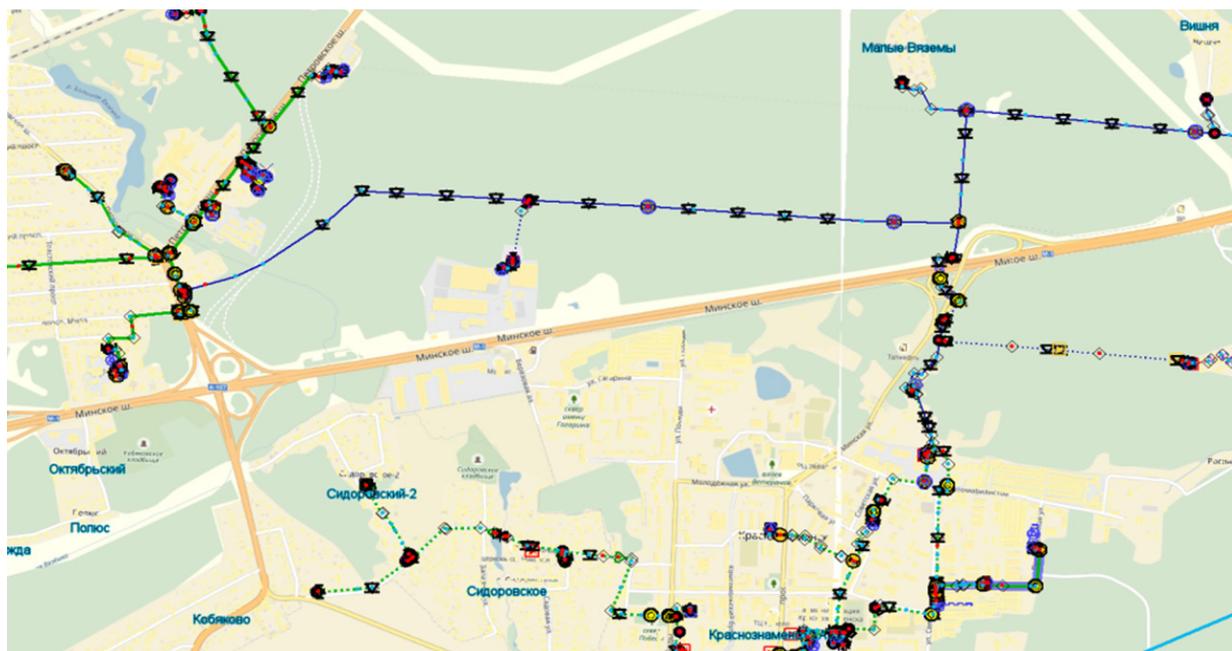


Рисунок 1 – Фрагмент сети ГП высокого давления I и II категории

Таким образом, геоинформационные системы в данном случае позволяют учитывать геометрические особенности каждого участка газопровода, способны показать различные объекты газового хозяйства и дополнить их необходимыми атрибутивными сведениями с указанием прямой ссылки на исполнительный чертёж в электронном архиве.

#### **Применение ГИС-программы «NextGIS QGIS» для определения технического состояния и мониторинга магистральных газопроводов**

Еще одним ярким ГИС-решением, активно используемым в последнее время в нефтегазовом секторе РФ, является NextGIS QGIS – полнофункциональная настольная ГИС. Где QGIS – хорошо зарекомендовавшая себя гис-система, развивающаяся международным сообществом разработчиков, а NextGIS – подключаемый модуль, представленный Российскими специалистами.

Компания ОАО «Газпром космические системы» применяет программу «NextGIS QGIS» для определения технического состояния линейной части магистральных газопроводов и разработки рекомендаций по предотвращению или снижению негативного воздействия природных и техногенных факторов [9]. Используются данные космической оптической съемки (0,5 м), авиационной беспилотной съемки (0,1 м) и

наземные геодезические измерения. В результате получают ортофотопланы трасс магистральных газопроводов, тематическую ГИС с результатами мониторинга, отчеты о выявленных нарушениях и обнаруженных опасных факторах, рисунок 2.

Также возможно проведение мониторинга охранных зон и зон минимальных расстояний, где в качестве первичной информации используются геодезические измерения, космические и беспилотные снимки, а в качестве исходных данных – исполнительная документация и кадастровые карты. Далее следует обработка данной информации: создание ортофотопланов, дешифрирование проблемных участков, после чего ГИС будет содержать данные о положении и категории трубы, границы охранных зон и зон минимальных расстояний, выявленные нарушения.

Проведение производственно-экологического мониторинга магистральных газопроводов и нефтепроводов также возможно при сопровождении ГИС, отображающих пространственные данные по выявленным нарушениям.

Применение ГИС актуально и при сверке результатов мониторинга с данными кадастрового учета, т.к. интересующие нас элементы на космическом снимке могут быть скрыты растительностью, либо другими объектами инфраструктуры.

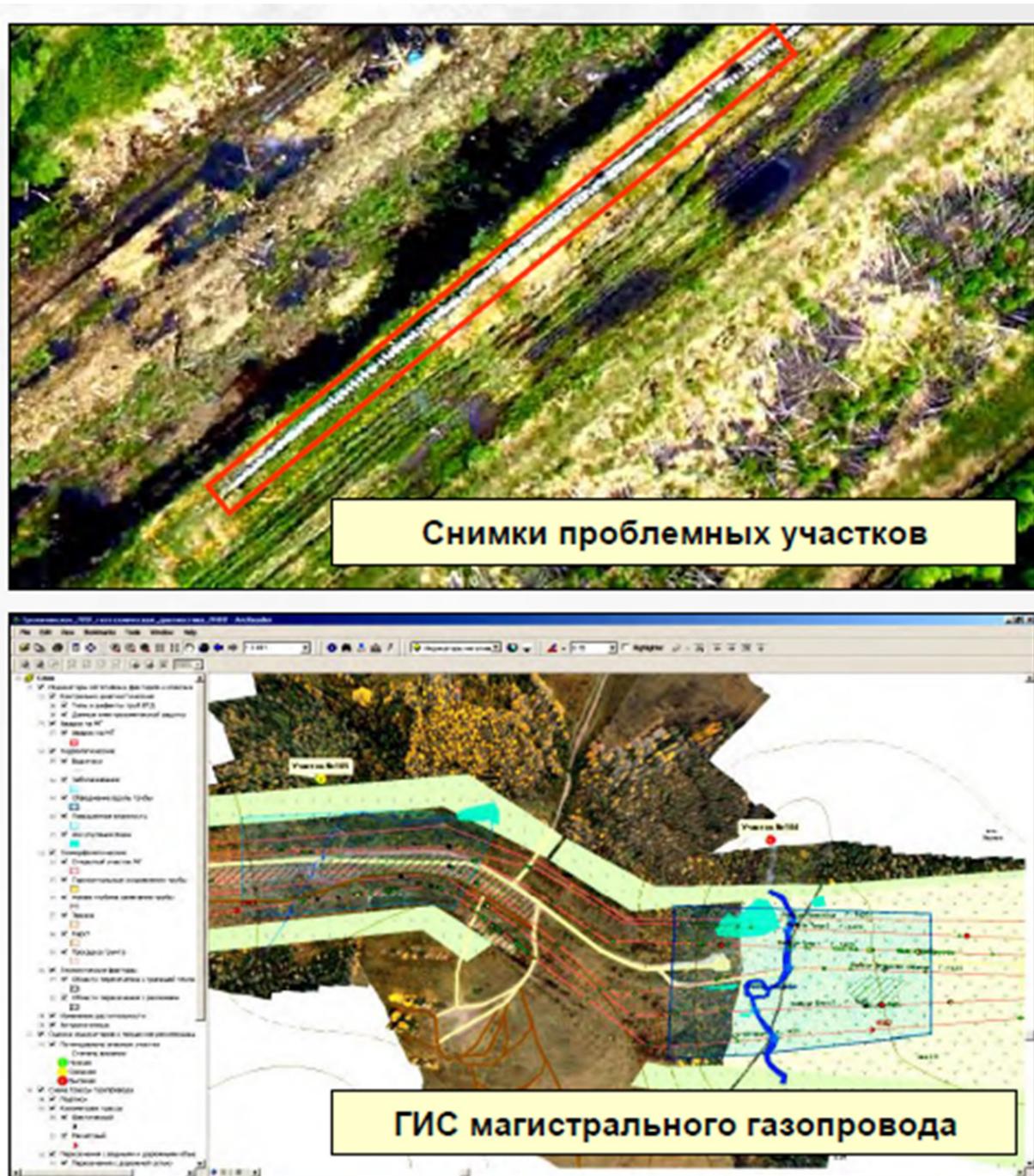


Рисунок 2 – Геотехническая диагностика магистральных ГП, ОАО «Газпром космические системы»

Таким образом, представление сети газопроводов в электронном виде позволяет не только дать обширную наглядную информацию об объектах эксплуатации, что положительно влияет на эффективность системы управления, но и помочь при технологическом и экологическом мониторинге отдаленных объектов, существенно повышая уровень безопасной эксплуатации трубопроводов [10-11].

Подводя итог, можно с уверенностью сказать, что сегодня геоинформационные системы получают все более широкое распространение в газоснабжении, становясь важным инструментом управления на объектах газового хозяйства, где основной деятельностью является процесс обеспечения бесперебойной подачи потребителям природного газа.

Каждый аспект разведки, обработки, хра-

нения, распространения углеводородов несет некоторые риски, связанные с воздействием на окружающую среду и вопросы по максимально эффективной и экономически прибыльной эксплуатации. Но зачастую все риски трудно оценить и дорого предвидеть. Путем разработки надежной научной и технологической информации можно обеспечить целостность данных об объектах нефтегазового сектора на всех этапах их жизненного цикла (от проектирования до ликвидации) и заметно упростить процесс эксплуатации и мониторинга объектов инженерных сетей.

### Список литературы

1. Лисанов М.В., Савина А.В., Дегтярев Д.В., Самусева Е.А. Анализ российских и зарубежных данных по аварийности на объектах трубопроводного транспорта // Безопасность труда в промышленности. – 2010. – № 7. – С. 16–22.
2. The data of annual reports on the activities of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports)
3. Pivovarova I.I., Makhovikov A.B. Ecological regionalization methods of oil producing areas. // J. Ecol. Eng. – 2017. – № 18(1). – P. 35–42.
4. Матвеев А.В. Организационные и методические аспекты обеспечения безопасности потенциально опасных объектов. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2019. – 144 с.
5. Savonin S., Moskalenko A., Chugunov A., Tunder. A. Analysis of the main causes of accidents that occurred on the main gas pipelines // Engineering protection. – 2017. – № 11. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://territoryengineering.ru/vyzov/analiz-osnovnyh-prichin-avarij-proizoshedshih-na-magistralnyh-gazoprovodah>
6. Пивоварова И.И. Использование геоинформационных технологий для районирования территорий по степени экологических рисков // Современные образовательные технологии в подготовке специалистов для минерально-сырьевого комплекса: Сборник научных трудов II Всероссийской научной конференции, 2018. – С. 960–965.
7. Куанышев Н.А., Оразов Б.К. Использование геоинформационных технологий в деятельности газотранспортного предприятия. // Журнал «ArcReview» – 2011. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=4834&SECTION\\_ID=192](https://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=4834&SECTION_ID=192)
8. Лаборатория информационных систем «GORTIS». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gortis.com/ru/gis-gup-mo-mosoblgaz>
9. Предложения по использованию геоинформационных услуг для решения задач предприятий группы «Газпром». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kosmos.gazprom.ru/d/story/76/118/...pdf>
10. Merem E, Robinson B, Wesley J.M, Yerramilli S., Twumasi Y.A. Using GIS in Ecological Management: Green Assessment of the Impacts of Petroleum Activities in the State of Texas // Int J Environ Res Public Health. – 2010. – № 7(5). – p. 2101–2130.
11. Andrianov V.Y. Gis and gps in the oil & gas industry // Rogtec oil & gas technologies. – 2014. – № 10-5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://rogtecmagazine.com/wp-content/uploads/2014/10/5\\_GISGPS.pdf](https://rogtecmagazine.com/wp-content/uploads/2014/10/5_GISGPS.pdf)

Статья поступила в редакцию 14 августа 2021 г.  
Принята к публикации 24 сентября 2021 г.

**Ссылка для цитирования:** Пивоварова И. И. ГИС в системе газоснабжения для мониторинга, управления и предотвращения чрезвычайных ситуаций // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2021. № 3(35). С. 106–111. DOI: <https://doi.org/10.37468/2307-1400-2021-3-106-111>

### Сведения об авторах:

**ПИВОВАРОВА ИННА ИВАНОВНА** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [i\\_pivovarova@mail.ru](mailto:i_pivovarova@mail.ru)