

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.98>

МЕТОДИКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА В УРАЛЬСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

Научная статья

Кокорина И.П.^{1,*}, Кацко С.Ю.², Мартынов Г.П.³, Гак В.Э.⁴, Нестерчук А.А.⁵, Мельникова Е.П.⁶

¹ ORCID : 0009-0007-8416-3817;

² ORCID : 0000-0002-4368-097X;

¹ Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, Российская Федерация

^{2,3,5} Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Новосибирск, Российская Федерация

⁴ ООО "ДубльГИС", Новосибирск, Российская Федерация

⁶ ООО «Яндекс», Новосибирск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (irina[at]kokorina21.ru)

Аннотация

В статье представлена методика создания геоинформационной модели (ГИМ) нефтегазового комплекса Уральского федерального округа (УрФО), который играет стратегическую роль в добыче нефти и газа в России. Основное внимание уделено интеграции разнородных данных, включающих месторождения, трубопроводы, перерабатывающие заводы и другие объекты инфраструктуры. Модель обеспечивает визуализацию данных в различных масштабах, что позволяет использовать ее для принятия решений в управлении ресурсами. ГИМ может быть использована в других нефтегазовых регионах России для оптимизации процессов добычи и переработки углеводородов, а также для экологического мониторинга. Дальнейшие исследования будут направлены на устранение существующих ограничений и совершенствование модели.

Ключевые слова: геоинформационные системы, нефтегазовый комплекс, Уральский федеральный округ, картографирование, мультимасштабная модель, месторождения нефти и газа, управление ресурсами.

METHODOLOGY OF GEOINFORMATION SUPPORT OF OIL AND GAS COMPLEX IN THE URALS FEDERAL DISTRICT

Research article

Kokorina I.P.^{1,*}, Katsko S.Y.², Martinov G.P.³, Gak V.E.⁴, Nesterchuk A.A.⁵, Melnikova Y.P.⁶

¹ ORCID : 0009-0007-8416-3817;

² ORCID : 0000-0002-4368-097X;

¹ Institute of Systematics and Ecology of Animals of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (ISEA SB RAS),
Novosibirsk, Russian Federation

^{2,3,5} Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

⁴ LLC DOUBLEGIS, Novosibirsk, Russian Federation

⁶ LLC Yandex, Novosibirsk, Russian Federation

* Corresponding author (irina[at]kokorina21.ru)

Abstract

The article presents the methodology of creating a geoinformation model (GIM) of the oil and gas complex of the Urals Federal District (UrFD), which plays a strategic role in oil and gas production in Russia. The focus is on the integration of heterogeneous data including fields, pipelines, processing plants and other infrastructure. The model provides visualization of data at different scales, allowing it to be used for decision-making in resource management. The GIM can be used in other oil and gas regions of Russia to optimize hydrocarbon production and processing, as well as for environmental monitoring. Further research will be aimed at eliminating existing limitations and improving the model.

Keywords: geoinformation systems, oil and gas complex, Urals Federal District, mapping, multiscale model, oil and gas fields, resource management.

Введение

Развитие нефтегазовой промышленности является ключевым фактором для обеспечения энергетической безопасности и экономической стабильности России. Уральский федеральный округ играет стратегическую роль в добыче и переработке нефти и газа [1]. В условиях растущей потребности в точной и актуальной информации для управления природными ресурсами, возникает необходимость в использовании геоинформационных систем (ГИС). Эти технологии позволяют эффективно собирать, анализировать и визуализировать пространственные данные для обеспечения более точного планирования и оптимизации производственных процессов.

На основе анализа литературы [2], [3], [4] можно выделить существующие нефтегазовые комплексы России. Они включают в себя несколько нефтегазоносных бассейнов, таких как Западно-Сибирский, Волго-Уральский, Тимано-Печорский и Дальневосточный. Западно-Сибирский нефтегазоносный бассейн, являющийся основным регионом добычи углеводородов, обеспечивает более 60% общероссийской добычи нефти и газа. Волго-Уральский бассейн, который был первым по запасам среди нефтегазоносных бассейнов в стране, до сих пор сохраняет свою значимость благодаря наличию крупных месторождений и развитой инфраструктуре. Тимано-Печорская нефтегазоносная

провинция характеризуется сложными геологическими условиями. Дальневосточный регион, несмотря на свою удаленность и сложные природные условия, имеет потенциал для дальнейшего роста добычи углеводородов. Перечисленные нефтегазовые комплексы обладают своими уникальными особенностями, и геоинформационное обеспечение их работы требует применения различных подходов.

Целью данного исследования является разработка методики создания мультимасштабной геоинформационной модели, включающей в себя данные о месторождениях, добыче, транспортировке и переработке нефти и газа в Уральском федеральном округе.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующих методов геоинформационного обеспечения нефтегазовой промышленности.
2. Изучить и систематизировать данные по нефтегазовым месторождениям, инфраструктуре, ресурсной базе, добыче и переработке нефти и газа в регионе, а также подготовить их для интеграции в геоинформационную модель.
3. Разработать мультимасштабную геоинформационную модель нефтегазового комплекса Уральского федерального округа, учитывающую специфику картографирования и требования к точности и актуальности данных.
4. Оценить возможности применения созданной модели для решения практических задач в управлении нефтегазовыми ресурсами и разработать рекомендации по использованию геоинформационной модели в сфере управления нефтегазовым комплексом.

Методы и материалы

При создании методики геоинформационного обеспечения нефтегазового комплекса в УрФО использовались современные геоинформационные технологии и методы картографирования, а также источники научной информации [5], [6], [7], [8].

Методика включает несколько последовательных этапов: сбор, систематизацию, обработку и интеграцию данных, создание мультимасштабной геоинформационной модели и её последующую визуализацию.

На этапе сбора и систематизации данных о месторождениях, трубопроводах, перерабатывающих заводах и других объектах инфраструктуры можно использовать информацию из открытых источников, таких как официальные сайты компаний, научные публикации и государственные базы данных. Общегеографическую основу для ГИМ можно получить из веб-картографического сервиса OpenStreetMap. Затем ГИМ дополняется тематическими данными по нефтегазовым месторождениям, включающими информацию о географическом положении, фазовом состоянии, объемах добычи и транспортировке нефти и газа.

На следующем этапе разрабатывается геоинформационная база данных, в которой собранные сведения представляются в виде таблиц, содержащих основные характеристики объектов инфраструктуры, информацию об объемах добычи и состоянии месторождений.

Основным инструментом для обработки пространственных данных и создания картографической основы может использоваться кроссплатформенная ГИС QGIS, которая обладает значительными возможностями для анализа и визуализации геопрограммной информации. Выбор QGIS обусловлен ее гибкостью, большим набором функциональных возможностей и поддержкой различных форматов данных [9], [10].

После сбора и систематизации данных, они структурируются в виде таблиц с атрибутивной информацией, которая включает в себя основные характеристики объектов инфраструктуры. Эти таблицы создаются в электронных таблицах и подготавливаются для дальнейшего экспорта в QGIS в формате CSV. В QGIS пространственные данные группируются в слои, каждый из которых соответствует определенной категории объектов, таких как месторождения, трубопроводы или перерабатывающие заводы.

Далее на основе таблиц создаются тематические слои для различных объектов нефтегазовой инфраструктуры, таких как месторождения, трубопроводы, нефтеперерабатывающие заводы и морские терминалы. Картографическая генерализация позволяет адаптировать данные для наглядного их отображения при любом уровне масштабирования карты. Это важно при создании мультимасштабных моделей, где необходима согласованность между уровнями детализации [7], [8].

После создания слоев пространственных данных проводится их интеграция в единую ГИМ. Особое внимание должно быть уделено их редактированию для обеспечения соответствия актуальному состоянию. Это предоставляет возможность комплексного анализа и визуализации всех элементов нефтегазового комплекса.

Благодаря современным ГИС-технологиям разработанная методика обеспечивает высокую точность и адаптивность создаваемых геоинформационных моделей, которые могут быть использованы для планирования, оптимизации добычи, транспортировки и переработки углеводородов, а также мониторинга экологической ситуации нефтегазовых комплексов России.

Разработка геоинформационной модели

Практическая реализация разработанной методики представлена в виде создания мультимасштабной геоинформационной модели нефтегазового комплекса Уральского федерального округа.

Разработка базы данных нефтегазового комплекса УрФО является одним из главных этапов реализации модели. Ее проектирование осуществлялось для обеспечения систематизации и хранения информации о нефтегазовых месторождениях, инфраструктуре их добычи, транспортировки и переработки.

Основные данные о месторождениях включают их географическое положение (широта и долгота), фазовое состояние (нефтяные, газовые, нефтегазовые и другие типы месторождений), а также информацию о величине извлекаемых запасов и стадии разработки.

Процесс разработки ГИМ и интеграции данных нефтегазового комплекса УрФО включал несколько этапов, каждый из которых направлен на создание целостной системы для анализа и управления пространственной информацией.

Согласно разработанной методике, на первом этапе проводились сбор и подготовка исходных данных. Вся информация, полученная из различных источников, включая картографические материалы, базы данных по месторождениям и объектам инфраструктуры, была проверена на актуальность и точность. Данные были структурированы в виде таблиц, содержащих атрибутивные сведения о месторождениях, трубопроводах, перерабатывающих заводах и других объектах, значимых для нефтегазового комплекса. Эти таблицы подготовлены в формате CSV, что обеспечило их легкую интеграцию в ГИС.

На следующем этапе данные были экспортированы в QGIS, где проводилась работа по созданию пространственных слоев. Каждый слой соответствовал определенной категории объектов, таких как месторождения, трубопроводы или перерабатывающие заводы. Для каждого объекта были заполнены атрибутивные поля, содержащие основные характеристики, такие как тип месторождения, объем запасов, состояние разработки и другие параметры.

После создания слоев была выполнена их интеграция в единую модель. Этот процесс включал в себя редактирование и проверку пространственных данных на их соответствие актуальной географической информации. Особое внимание уделялось генерализации для улучшения читаемости и наглядности карты при ее масштабировании.

В результате работы была создана мультимасштабная геоинформационная модель, которая обеспечивает возможность многокритериального анализа и поддержки принятия решений в управлении нефтегазовыми ресурсами региона.

Результаты и обсуждение

В ходе проведенного исследования была разработана ГИМ нефтегазового комплекса Уральского федерального округа, в которой представлены атрибутивные данные о ключевых объектах отрасли промышленности. В модели представлены такие важные инфраструктурные объекты, как месторождения нефти и газа, трубопроводы, перерабатывающие заводы и другие. Одним из основных преимуществ модели является ее мультимасштабность, которая обеспечивает гибкость при переключении между различными уровнями детализации в зависимости от специфики задач. Карты, входящие в состав спроектированной ГИМ, представлены в следующих масштабах: 1 : 500 000, 1 : 1 000 000, 1 : 5 000 000, 1 : 25 000 000.

В масштабном ряду от 1 : 5 000 000 до 1 : 25 000 000 созданная модель обеспечивает обзор всей территории УрФО, отображая ключевые объекты инфраструктуры, такие как трубопроводы и нефтеперерабатывающие заводы. Этот масштаб позволяет оценить общие тенденции развития нефтегазового комплекса, проанализировать распределение ресурсов по региону и выявить проблемы. Такой подход способствует улучшению стратегического планирования и повышению эффективности данного сектора экономики.

В более крупных масштабах (от 1 : 500 000 до 1 : 1 000 000) разработанная ГИМ отображает отдельные месторождения с указанием их фазового состояния, объема извлекаемых запасов, стадии разработки и других характеристик. Эти данные позволяют проводить детальный анализ каждого месторождения, оценивать его потенциал. Такая точность данных имеет решающее значение для принятия обоснованных решений по оптимизации добычи полезных ископаемых и их эксплуатации.

В качестве примера картографической визуализации разработанной модели представлен фрагмент ГИМ в масштабе 1 : 5 000 000 (рисунок 1).

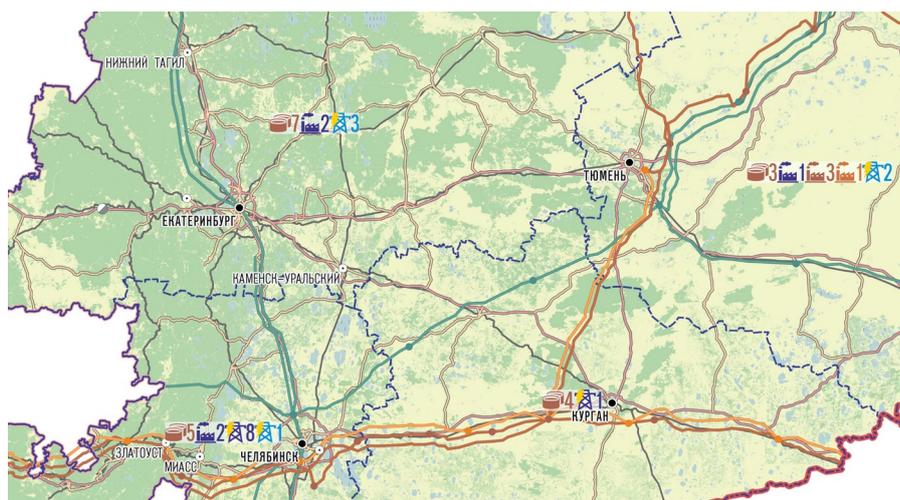


Рисунок 1 - Фрагмент ГИМ «Нефтегазовый комплекс Уральского федерального округа» в масштабе 1 : 5 000 000
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.98.1>

Основным преимуществом модели является ее интегративность. Модель объединяет данные из различных источников, предоставляя пользователям инструмент для анализа и принятия решений. Это позволяет значительно ускорить процесс обработки информации и снизить вероятность ошибок, связанных с несогласованностью данных.

Однако, ГИМ имеет и некоторые ограничения. Одной из сложностей при ее создании стала необходимость интеграции разнородных данных, собранных из различных источников. Кроме того, качество модели зависит от исходных данных, и любые ошибки или неточности в этих данных могут снизить ее точность и надежность. В

будущем планируется уделить внимание разработке механизмов автоматической проверки и корректировки данных для повышения точности ГИМ.

Еще одной характеристикой модели является ее актуальность. Несмотря на возможность обновления данных, некоторые элементы инфраструктуры могут изменяться быстрее, чем обновляется информация в модели. Это может привести к несоответствиям между ГИМ и реальной ситуацией. Решение этой проблемы требует разработки оперативных методов обновления данных и повышения скорости их интеграции в модель.

Экологический аспект также требует дополнительного внимания. Модель может использоваться для мониторинга экологической ситуации и оценки воздействия нефтегазовой отрасли на окружающую среду. Важно интегрировать данные о загрязнении почвы, воздуха и воды для оценки экологических рисков и разработки эффективных мер по их снижению.

Кроме того, необходимо учитывать, что ГИМ может потребовать значительных изменений и адаптации при использовании в других регионах с отличающимися геологическими и климатическими условиями.

Разработанная геоинформационная модель нефтегазового комплекса УрФО не только отвечает текущим потребностям нефтегазодобывающей промышленности, но и обладает значительным потенциалом для дальнейшего развития. Она способствует повышению эффективности управления ресурсами, снижению операционных рисков и улучшению экологической ситуации. Однако необходимо продолжить работу над устранением ее ограничений и совершенствованием ее функций, чтобы использовать ее в других нефтегазовых регионах России.

Заключение

В результате исследования была разработана геоинформационная модель нефтегазового комплекса Уральского федерального округа. Основными результатами исследования являются:

1. База данных, которая интегрирует разнородную информацию по месторождениям нефти и газа, а также объектам инфраструктуры.

2. Мультимасштабная модель, обеспечивающая гибкую и детализированную визуализацию данных в разных масштабах. Она позволяет проводить многокритериальный анализ, поддерживая процессы принятия решений в нефтегазовой отрасли.

Особое значение имеет возможность использования разработанной модели в других нефтегазодобывающих регионах Российской Федерации. Это открывает перспективы ее применения в масштабах отрасли, способствуя оптимизации процессов добычи и переработки углеводородов, а также улучшению управления экологическими рисками.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Уральский федеральный округ (УФО) Совет Федерации Федерального Собрания Российской Федерации // COUNCIL GOV. — 2023. — URL: <http://council.gov.ru/services/reference/10487/> (дата обращения: 30.08.2024).
2. Уральский федеральный округ. «ГЕО-РОССИЯ» – виртуальная картографическая энциклопедия // RUSGEOPORTAL. — 2023. — URL: <http://rusgeoportal.ru/index.php?r=134&id=308> (дата обращения: 30.08.2024).
3. Уральский федеральный округ. Промышленность Урала. Метапром // METAPROM. — 2023. — URL: <http://www.metaprom.ru/pub483.html> (дата обращения: 30.08.2024).
4. Физическая география – Урал (Уральские горы) // ARZ UNN. — 2023. — URL: <https://arz.unn.ru/2016-05-16-10-34-33/1183-2016-05-19-08-22-07> (дата обращения: 30.08.2024).
5. QGIS – геоинформационная система // REDOS. — 2023. — URL: <https://redos.red-soft.ru/base/arm/arm-other/qgis/> (дата обращения: 30.08.2024).
6. Advantages of QGIS Software // GRINDGIS. — 2024. — URL: <https://grindgis.com/software/10-advantages-of-qgis-software/> (accessed: 30.08.2024).
7. Каргашин П.Е. Картографирование промышленного освоения Самотлорского нефтяного месторождения в разных масштабах / П.Е. Каргашин, К.В. Полотнянко // Символ науки: международный научный журнал. — 2015. — № 11-2. — С. 265–271.
8. Лебедев И.В. ГИС и геология : конспект лекций / И.В. Лебедев // GEOL VSU. — 2023. — URL: http://www.geol.vsu.ru/ecology/ForStudents/Library/GIS_i_GGIS_v_geologii.pdf (дата обращения 30.08.2024).
9. Логинов Д.С. Опыт создания прогнозно-минералогических карт по открытым геолого-геофизическим данным в ГИС-среде / Д.С. Логинов // Вестник СГУГиТ. — 2022. — Т. 27. — № 2. — С. 134–148.
10. Радченко Л.К. Особенности геоинформационного картографирования нефтегазовых комплексов : автореф. дис. ... канд. тех. наук / Радченко Людмила Константиновна. — Москва : МИИГАиК, 2008.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ural'skij federal'nyj okrug (UFO) Sovet Federacii Federal'nogo Sobranija Rossijskoj Federacii [Ural Federal District (UFD) Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation] // COUNCIL GOV. — 2023. — URL: <http://council.gov.ru/services/reference/10487/> (accessed: 30.08.2024). [in Russian]
2. Ural'skij federal'nyj okrug. «GEO-ROSSIJA» – virtual'naja kartograficheskaja jenciklopedija [Ural Federal District. "GEO-RUSSIA" – Virtual Cartographic Encyclopedia] // RUSGEOPORTAL. — 2023. — URL: <http://rusgeoportal.ru/index.php?r=134&id=308> (accessed: 30.08.2024). [in Russian]
3. Ural'skij federal'nyj okrug. Promyshlennost' Urala. Metaprom [Ural Federal District. Industry of the Urals. Metaprom] // METAPROM. — 2023. — URL: <http://www.metaprom.ru/pub483.html> (accessed: 30.08.2024). [in Russian]
4. Fizicheskaja geografija – Ural (Ural'skie gory) [Physical Geography – The Urals (Ural Mountains)] // ARZ UNN. — 2023. — URL: <https://arz.unn.ru/2016-05-16-10-34-33/1183-2016-05-19-08-22-07> (accessed: 30.08.2024). [in Russian]
5. QGIS – geoinformacionnaja sistema [QGIS – Geographic Information System] // REDOS. — 2023. — URL: <https://redos.red-soft.ru/base/arm/arm-other/qgis/> (accessed: 30.08.2024). [in Russian]
6. Advantages of QGIS Software // GRINDGIS. — 2024. — URL: <https://grindgis.com/software/10-advantages-of-qgis-software/> (accessed: 30.08.2024).
7. Kargashin P.E. Kartografirovanie promyshlennogo osvoenija Samotlorskogo neftjanogo mestorozhdenija v raznyh masshtabah [Cartographic Mapping of Industrial Development of the Samotlor Oil Field at Different Scales] / P.E. Kargashin, K.V. Polotnyanko // Simvol nauki: mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal [Symbol of Science: International Scientific Journal]. — 2015. — № 11-2. — P. 265–271. [in Russian]
8. Lebedev I.V. GIS i geologija : konspekt lekcij [GIS and Geology: Lecture Notes] / I.V. Lebedev // GEOL VSU. — 2023. — URL: http://www.geol.vsu.ru/ecology/ForStudents/Library/GIS_i_GGIS_v_geologii.pdf (accessed: 30.08.2024). [in Russian]
9. Loginov D.S. Opyt sozdaniya prognozno-mineragenicheskikh kart po otkryтым geologo-geofizicheskim dannym v GIS-srede [Experience in Creating Prognostic-Mineragenic Maps Using Open Geological-Geophysical Data in a GIS Environment] / D.S. Loginov // Vestnik SGUGiT [Bulletin of SGUGiT]. — 2022. — Vol. 27. — № 2. — P. 134–148. [in Russian]
10. Radchenko L.K. Osobennosti geoinformacionnogo kartografirovaniya neftegazovyh kompleksov [Features of Geographic Information Cartography of Oil and Gas Complexes]: abstr. dis. ... of PhD in Technical Sciences / Ludmila Konstantinovna Radchenko. — Moscow: MIIGAiK, 2008. [in Russian]