

УДК 004.9+553.98

DOI 10.31087/0016-7894-2021-3-137-143

Новые технологические подходы к созданию ГИС-проектов в геолого-геофизических исследованиях

© 2021 г. | А.В. Любимова, Е.Р. Толмачева

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт», Москва, Россия; anna@geosys.ru; ; elena@geosys.ru

Поступила 19.03.2021 г.

Доработана 08.04.2021 г.

Принята к печати 16.04.2021 г.

Ключевые слова: минерально-сырьевая база углеводородного сырья; ресурсы и запасы нефти и газа; геолого-разведочные работы на нефть и газ; геоинформационные технологии; ГИС-проект; технологический комплекс ГИС INTEGRO.

Аннотация: В статье рассматривается новый технологический подход к разработке ГИС-проектов, сопровождающих геолого-геофизические исследования, основанный на формировании полноценной пространственной модели изучаемой территории, объединяющей и увязывающей все полученные результаты работ в едином координатном пространстве. Для практической реализации технологии предлагается использование программно-технологического комплекса ГИС INTEGRO, который содержит аналитические модули для решения геолого-геофизических задач, а также сочетает в себе возможности для работы со всеми типами пространственно-привязанных данных (карты, разрезы, скважины, двухмерные поверхности и трехмерные модели), удобные инструменты для картографических работ, в том числе геологического картопостроения. Результаты апробации иллюстрируются на примерах ГИС-проектов, обеспечивающих систематизацию и комплексное представление результатов тематических исследований нефтегазоперспективных территорий, выполняемых в ФГБУ «ВНИГНИ».

Для цитирования: Любимова А.В., Толмачева Е.Р. Новые технологические подходы к созданию ГИС-проектов в геолого-геофизических исследованиях // Геология нефти и газа. – 2021. – № 3. – С. 137–143. DOI: 10.31087/0016-7894-2021-3-137-143.

Creating GIS projects is geological and geophysical research: new approaches

© 2021 | A.V. Lyubimova, E.R. Tolmacheva

All-Russian Research Geological Oil Institute, Moscow, Russia; anna@geosys.ru; elena@geosys.ru

Received 19.03.2021

Revised 08.04.2021

Accepted for publication 16.04.2021

Key words: hydrocarbon raw material base; oil and gas resources and reserves; geological exploration for oil and gas; geoinformation technologies; GIS project; GIS INTEGRO software and technology system.

Abstract: The authors discuss a new approach to the development of GIS projects supporting geological and geophysical studies. The approach is based on creation of full-fledged spatial model of the study area, which integrates and correlates all the obtained working results in a single coordinate space. For practical implementation of the technology, the authors propose using the GIS INTEGRO software and technology system, which contains analytical modules for solving geological and geophysical problems and combines capabilities for working with all types of geographically referenced data (maps, sections, wells, 2D surfaces, and 3D models), convenient tools for mapping works, including geological mapping. The results of practical approval are illustrated by the examples of GIS projects providing systematization and integrated presentation of case studies results for oil and gas promising territories, which are carried out in VNIGNI Federal State Budgetary Institution.

For citation: Lyubimova A.V., Tolmacheva E.R. Creating GIS projects is geological and geophysical research: new approaches. *Geologiya nefi i gaza*. 2021;(3): 137–143. DOI: 10.31087/0016-7894-2021-3-137-143. In Russ.

Введение

Научно-исследовательские и производственные проекты в области геологии и недропользования сегодня трудно представить без использования геоинформационных технологий. Именно пространственная (координатная) привязка геологической информации позволяет интегрировать разнородные и разномасштабные данные, обеспечивая комплексный анализ и построение обоснованных геолого-геофизических моделей участков недр.

Первоначально геоинформационные системы (ГИС) использовались для представления картографической информации по исследуемой территории, координатной привязки ретроспективных карт и схем, а также для подготовки слоев, отражающих геолого-геофизическую изученность участка работ. Применение пространственных операций для векторных цифровых слоев позволило существенно упростить процесс подготовки схем расположения профилей, скважин и контуров съемок, оценить

METHODOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL ISSUES

интересующие картометрические характеристики объектов (площади, длины, плотности расположения объектов), а также подготовить рисунки и приложения, отражающие изученность участка работ.

С развитием векторного редактирования появляется возможность создания и визуализации цифровых моделей результирующих карт и схем с помощью ГИС. Благодаря улучшению инструментов компоновки картографических материалов для печати, появилась возможность создавать итоговые отчетные карты со сложными легендами и зарамочным оформлением без использования специализированных дизайнерских пакетов.

Разработка новых технологий автоматизированной обработки пространственных данных и их реализация в составе ГИС открыли новые возможности для применения тематических картографических материалов при решении прогнозно-диагностических задач и в геологическом моделировании. Сегодня, благодаря распространению форматов для отображения непрерывных поверхностей, развитию алгоритмического аппарата для формализованного анализа полей и появлению трехмерных визуализаторов данных, геоинформационные системы представляют собой профессиональный инструментарий для проведения аналитических исследований.

ГИС-проект уже давно стал обязательным компонентом итогового массива информации, сопровождающего геологический отчет. Однако, к сожалению, основной его функцией до сих пор является только представление картографических материалов: изученности территории работ, карт и схем геологического содержания, использованных в процессе решения поставленной задачи, результатов картографических построений на основе полученных геолого-геофизических данных. Даже итоговые карты и схемы часто передаются в составе отчета не в форме векторных электронных слоев ГИС-проекта, а в виде растров или в графических форматах (Corel Draw, Adobe Acrobat).

При этом образуется огромный объем данных: результаты сейсмической и геолого-геофизической интерпретации по разрезам, результаты обработки потенциальных полей, 2D и 3D- модели, построенные в ходе выполнения проектов, — вся эта важнейшая информация не включается в ГИС-проект, а передается в виде отдельных наборов файлов в обменных или специализированных форматах (ASCII, GRD, SGY, LAS). Отследить и проанализировать их можно только при помощи соответствующего программного обеспечения, что требует дополнительных затрат времени и ресурсов на загрузку и оформление. Такое представление цифрового массива результирующей информации, безусловно, удобно для каталогизации данных при подготовке геологического отчета к сдаче на хранение, однако оно не позволяет наглядно и быстро визуализировать весь комплекс результатов

работ (карты, модели, разрезы, скважинные данные) в едином координатном пространстве.

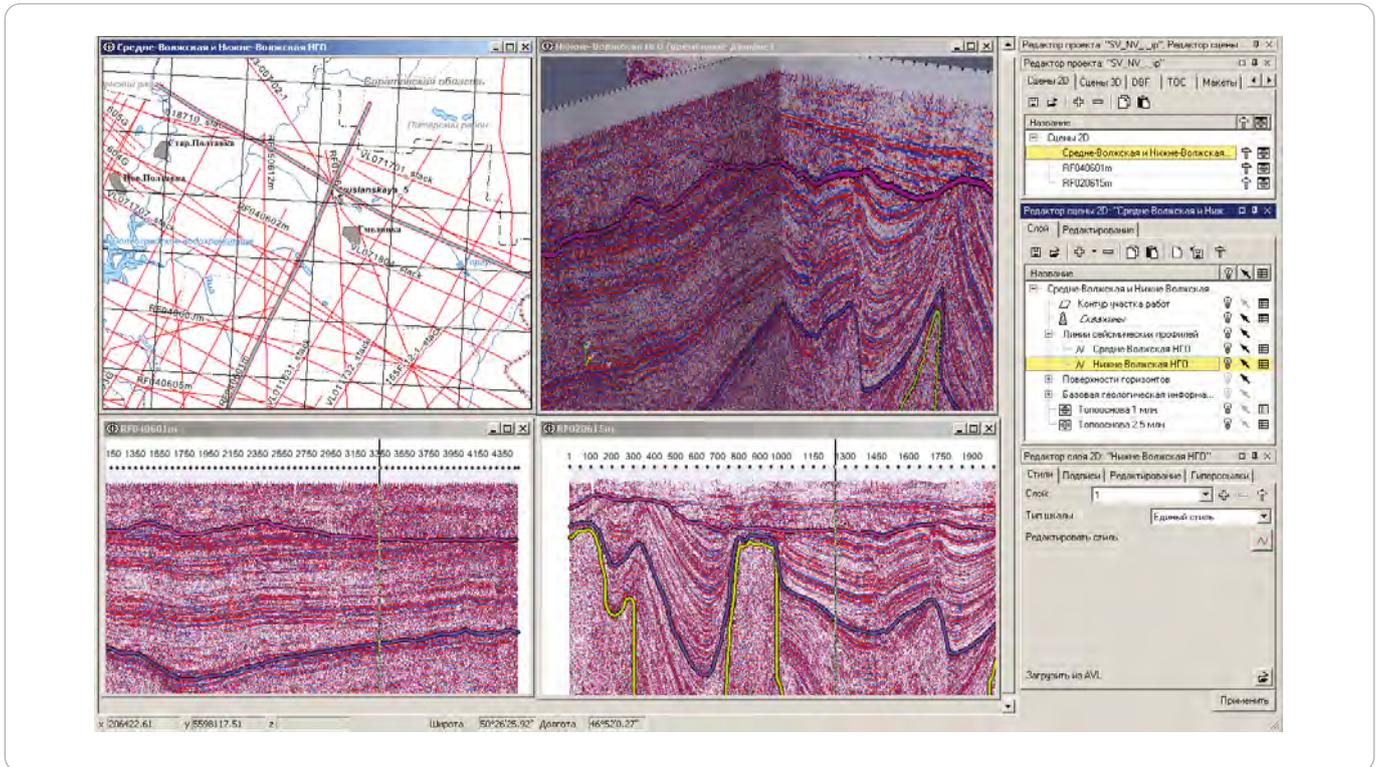
Поэтому в условиях растущего интереса отрасли к качественной цифровой информации очень важным представляется развитие нового технологического подхода к формированию ГИС-проектов, сопровождающих геолого-геофизические исследования. Сегодня ГИС-проект должен представлять собой полноценную пространственную модель изучаемой территории, объединяющую и увязывающую все полученные результаты работ (независимо от их тематической принадлежности и пространственной локализации). Это обеспечит качественное представление данных, оперативный доступ к собранной информации, эффективный контроль качества выполненных работ и возможность использования этих данных в новых исследовательских и производственных проектах.

Реализация подобного подхода, безусловно, потребует изменить взгляды на возможности программно-технологического инструментария, используемого для геоинформационного сопровождения работ в геологии и геофизике. Стандартных возможностей электронной картографии, предоставляемых привычными картографическими пакетами (ArcGIS, MapInfo, QGIS), недостаточно для того, чтобы обеспечить создание подобных ГИС-проектов. Геоинформационная система должна быть ориентирована на работу с геологической и геофизической информацией: обеспечивать чтение и визуализацию специализированных форматов, используемых в геологии и геофизике, инструментарий для полноценной работы с данными в системе координат скважины, профиля, объема, представление стандартных геологических символов и условных знаков и многое другое.

Обзор программного обеспечения в сфере геоинформационных технологий показывает, что, несмотря на значительное число зарубежных и отечественных ГИС-пакетов, необходимый для решения такой задачи инструментарий может предоставить сегодня только программно-технологический комплекс ГИС INTEGRO [1]. Он сочетает в себе возможности для работы со всеми типами пространственно-привязанных данных (карты, разрезы, скважины, двухмерные поверхности и трехмерные модели), удобные инструменты для картографических работ, в том числе геологического картопостроения, аналитические модули для решения геолого-геофизических задач. Комплекс хорошо интегрируется с зарубежными ГИС и прикладными пакетами обработки геофизической информации за счет прямого чтения сторонних форматов данных и широкого набора конвертеров.

Важными особенностями ГИС INTEGRO являются простота установки и невысокие требования к мощности вычислительных ресурсов. Благодаря этому можно передавать подготовленный ГИС-про-

Рис. 1. Пример отображения сейсмических данных в составе ГИС-проекта INTEGRO
Fig. 1. An example of displaying seismic data in INTEGRO GIS project sequence



ект в комплекте с программным обеспечением, что существенно упрощает процесс его приемки или последующего использования в отраслевых организациях. Учитывая полное соответствие комплекса требованиям российского законодательства по импортозамещению, ГИС-проекты, выполненные с использованием ГИС INTEGRO, могут быть приняты в органах исполнительной власти и государственных компаниях.

За последние годы в отделении Геоинформатики ФГБУ «ВНИГНИ» накоплен значительный опыт реализации ГИС-проектов для комплексного представления цифровых геолого-геофизических, картографических и иных данных, характеризующих основные результаты работ Института в рамках изучения нефтегазоперспективных зон Российской Федерации. Разработанный технологический подход [2] позволяет структурировать большие объемы данных, полученных в процессе исследований, обеспечить их наглядное и удобное представление в составе отчетного набора материалов, а также подготовить информационные массивы к загрузке в Единый банк данных на УВ-сырье ФГБУ «ВНИГНИ» для последующего использования в работах Института.

Перечислим основные преимущества предлагаемого технологического подхода к подготовке ГИС-проектов.

Загрузка и отображение данных вдоль профилей в 2D и в 3D открывают новые возможности для

представления и комплексного анализа полученных результатов исследований. Прямое чтение формата SEG-Y позволяет напрямую визуализировать сейсмические материалы (в глубинах и временах), совмещать их с полученными модельными построениями (поверхностями и выделенными на разрезах структурными горизонтами), сопоставлять с результатами других методов (электроразведка, магниторазведка, гравиразведка) или с ретроспективными растровыми изображениями разрезов (рис. 1).

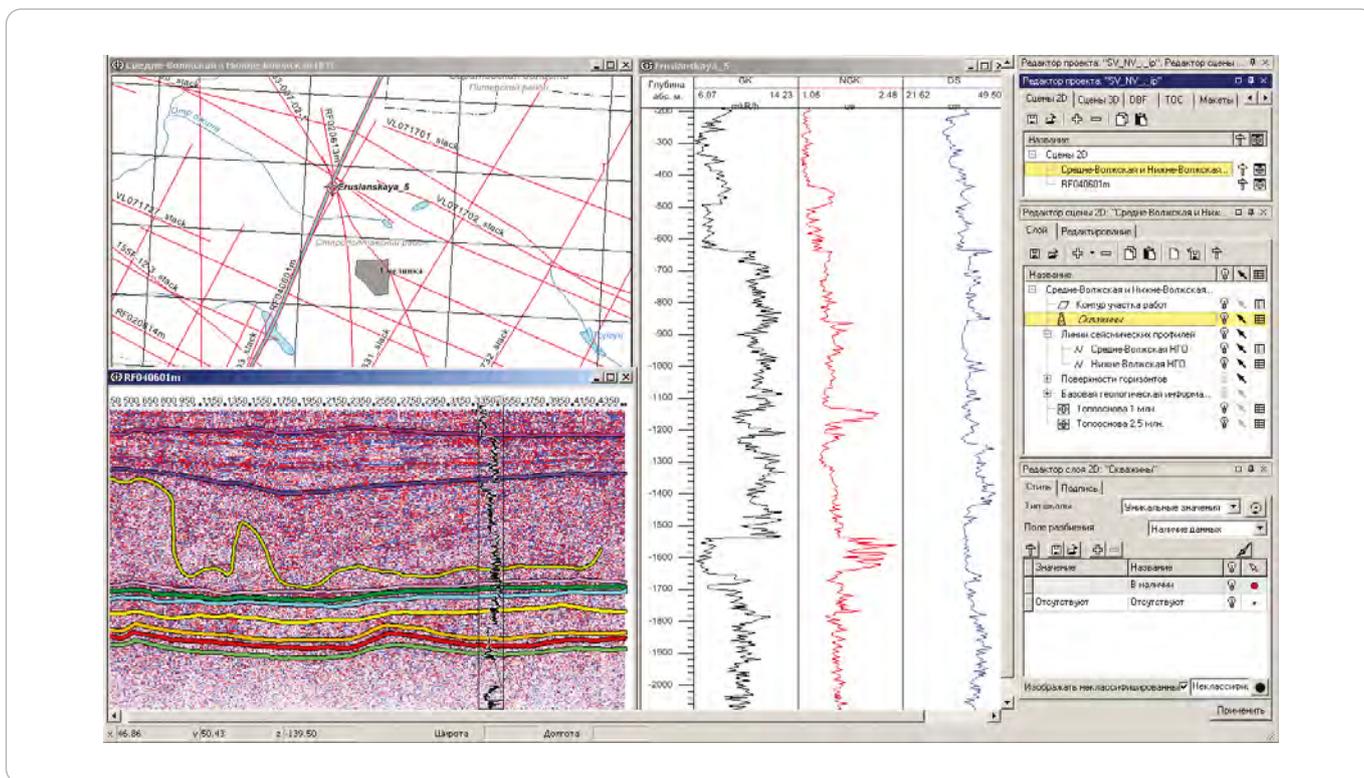
Кроме того, программа предоставляет много удобных инструментов для работы с координатной привязкой разрезов. Например, при загрузке данных в формате SEG-Y, программа автоматически считывает координаты линии профиля, записанные в заголовке файла. Это позволяет проконтролировать корректность координатной привязки передаваемых в составе ГИС-проекта сейсмических материалов.

Включение в ГИС-проект базы данных по скважинам обеспечивает не только пространственную визуализацию их местоположений и описательную табличную метаинформацию (площадь и номер, глубина забоя, альтитуда и пр.), но и отображение каротажных диаграмм, стратиграфических отбивок, литологии, инклинометрии, описаний керна. Эти данные могут быть отображены в проекте в табличном виде, визуализированы на планшете скважины, автоматически вынесены на разрез и в трехмерную сцену (рис. 2). База данных доступна для редактиро-



METHODOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL ISSUES

Рис. 2. Отображение данных по скважинам на карте, планшете, разрезе
Fig. 2. Well data displaying on a map, composite log, and section



вания и пополнения. Благодаря специальным интерфейсам непосредственно в ГИС-проекте решается задача построения и визуализации цифровых схем корреляции скважин.

Работа с объемными моделями: плотностными, геофизическими, сейсмическими кубами. ГИС INTEGRO поддерживает несколько способов трехмерной визуализации данных (интерактивные сечения в трех плоскостях, поверхность, каркас, объем с возможностью настройки прозрачности для отдельных интервалов значений). Это позволяет настроить наиболее удобный режим для просмотра и работы с материалами для их сопоставления, анализа или проверки согласованности результатов исследований (рис. 3).

Оформление данных в соответствии с принятыми в геологической отрасли стандартами. Программа обеспечивает возможность использования символов эталонной базы знаков для геологических карт (ВСЕГЕИ), ввод и отображение геологических индексов в кодировке ВСЕГЕИ. В ГИС-проекте предусмотрена возможность работать с легендой карты как с отдельным элементом проекта — цифровой легендой, а также поддерживается возможность создания сложных матричных легенд карт.

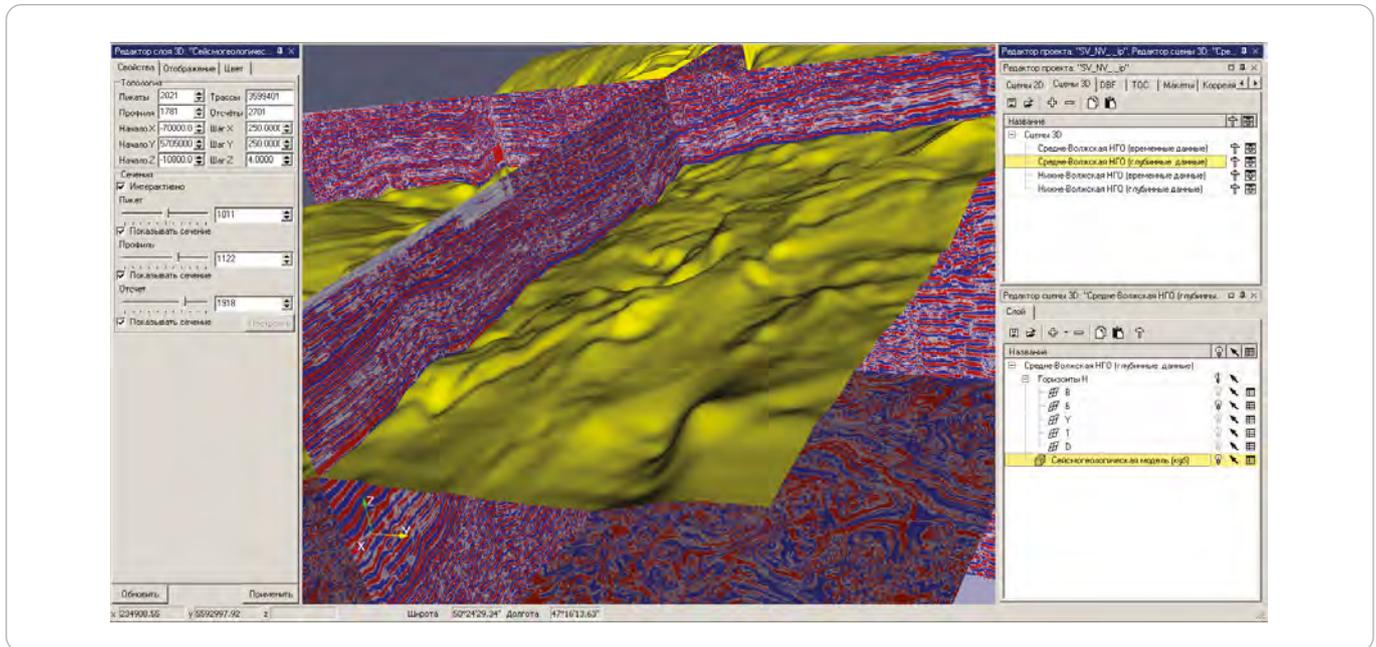
Многооконный интерфейс программы с полной синхронизацией окон по X/Y/Z открывает широкие возможности для визуального анализа информации

вне зависимости от проекции и пространственной локализации данных. При работе с картографическими данными это позволяет одновременно просматривать несколько наборов векторных или растровых слоев в нескольких окнах в режиме синхронного изменения охвата и масштаба изображений. При визуализации карты и разреза поддерживается синхронизация положения курсора в окне карты и в окне разреза.

Такой режим работы возможен как внутри одного проекта, так и для нескольких проектов, одновременно открытых на рабочем компьютере. Это удобно, например, при сопоставлении результатов работ нескольких лет, представленных в виде разных ГИС-проектов.

Возможность сохранения любого компонента ГИС-проекта во внешний файл с последующей загрузкой его в любой настольный ГИС-проект. Внешний файл сохраняет ссылку на данные и все настройки отображения файла-источника. При разработке больших ГИС-проектов это позволяет оптимизировать структуру за счет создания внешней библиотеки компонентов и настройки инструментов для загрузки. Например, ГИС-проект для отображения результатов обработки данных по профилям может содержать только карту расположения линий проанализированных профилей. Массив цифровых результатов обработки при этом оформляется как внешняя библиотека, содержащая исходные файлы

Рис. 3. Пример комплексного отображения сейсмокуба и структурной поверхности в 3D-сцене ГИС-проекта INTEGR0
Fig. 3. An example of integrated displaying of seismic cube and depth surface in 3D scene of the INTEGR0 GIS project



(SGY) и сцены для их отображения, а загрузка изображения разреза по интересующему профилю в ГИС-проект осуществляется с помощью настроенного инструмента Гиперлинк (рис. 4).

Важно отметить, что, при наличии серверной версии ГИС INTEGR0, сохраненный во внешнем файле компонент ГИС-проекта выступает в роли веб-сервиса OGC. С помощью этого сервиса может быть обеспечен регламентированный интернет-доступ к данным с возможностью их визуализации как WMS/WFS-слоев в настольных ГИС и веб-картах. Такой подход открывает большие возможности для цифрового обмена информацией и интеграции полученных результатов исследований в отраслевое информационное пространство.

Предлагаемый технологический подход успешно работает в условиях большого объема данных, характерных для современных геолого-геофизических исследований. В качестве примеров можно привести несколько наиболее масштабных ГИС-проектов, представляющих результаты тематических работ подразделений ФГБУ «ВНИГНИ» по изучению нефтегазоперспективных территорий.

1. ГИС-проект по Средне-Волжской и Нижне-Волжской НГО (2020). Общий объем данных составляет 251 Гб. Состав геолого-геофизической информации, представленной в проекте: временные сейсмические разрезы по 2108 профилям; каротажные данные и стратиграфические отбивки по 398 скважинам, структурные поверхности во временах и глубинах (6 временных и 5 глубинных поверхностей по Средне-Волжской НГО, 10 временных и 5 глубинных поверхностей по Нижне-Волжской

НГО), сейсмокубы во временах и в глубинах по каждой из НГО.

2. ГИС-проект по территории Гыдано-Хатангской зоны (2019–2020). Общий объем данных составляет 56 Гб. Состав геолого-геофизической информации, представленной в проекте: каротажные данные и стратиграфия по 169 скважинам, потенциальные поля, данные прошлых лет по профилям ГСЗ и МТЗ, структурные поверхности; основные границы раздела земной коры, плотностная модель территории до глубины 80 км; мигрированные глубинные и временные, глубинные сейсмоэнергетические разрезы и скоростные модели по 28 профилям; растровые карты и схемы: геологическая, тектоническая, палеогеографические, седиментационно-емкостные; векторные тектонические схемы мезозоя и палеозоя; трехмерная комплексная модель до глубины 15 км. По итогам работ 2020 г. ГИС-проект дополнен уточненными результатами структурных построений, актуализированными объемными плотностными моделями, а также результатами сейсмической обработки 49 профилей (глубинно-скоростные модели, глубинные мигрированные разрезы, глубинные сейсмоэнергетические разрезы, глубинные мигрированные разрезы во временном масштабе).

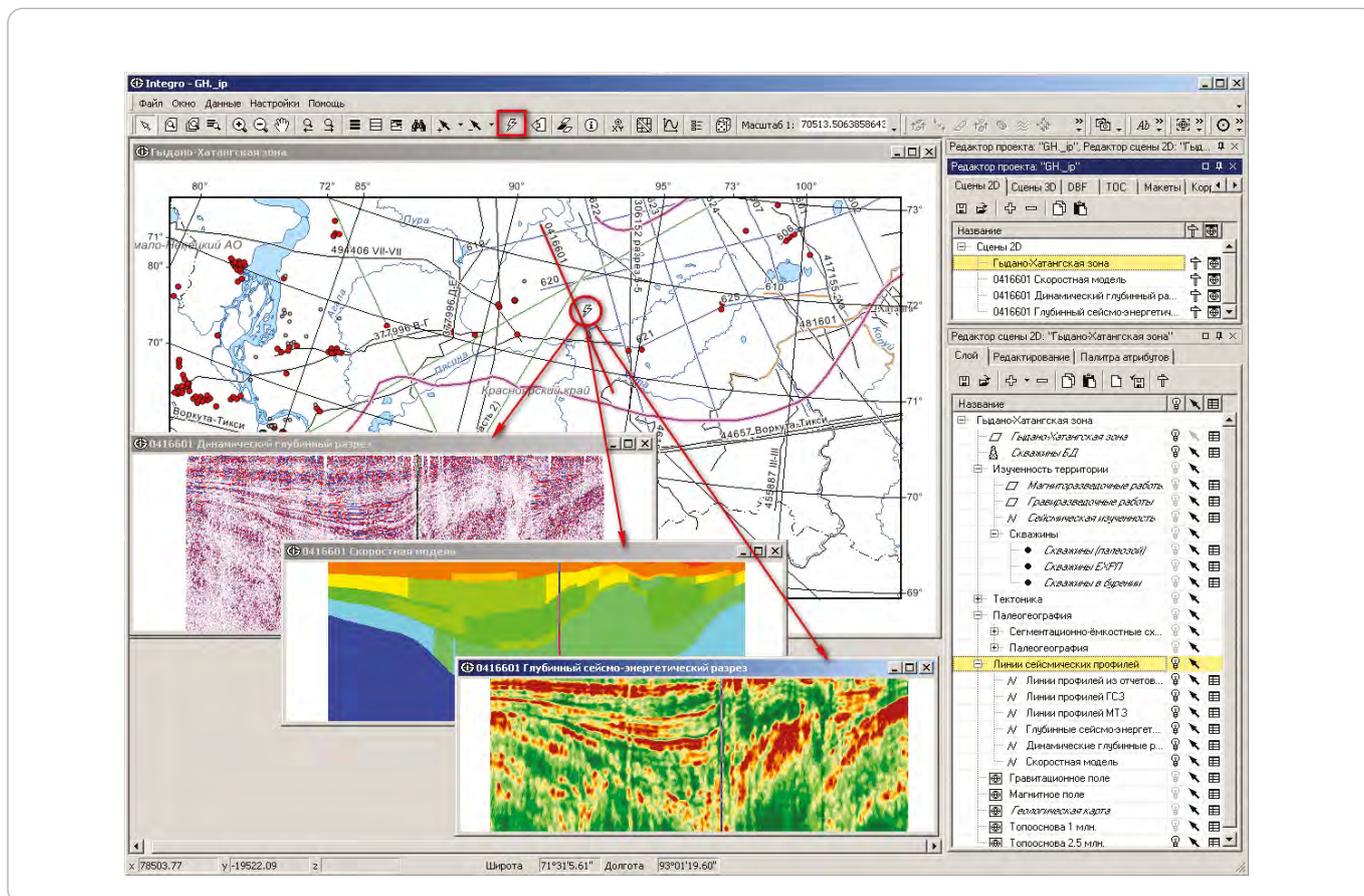
3. ГИС-проект по территории Предуралья прогиба и его южного обрамления (2019). Общий объем данных составляет 43 Гб. Состав геолого-геофизической информации, представленной в проекте: временные сейсмические разрезы по 1768 профилям; каротажные данные и стратиграфические отбивки по 2165 скважинам, поверхности глубинной модели по 10 горизонтам во временах и глубинах, глубинно-



METHODOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL ISSUES

Рис. 4. Пример загрузки в ГИС-проект сохраненных двухмерных сцен, отображающих данные по сейсмопрофилю, с помощью инструмента Гиперлинк

Fig. 4. An example of loading the saved 2D scenes (displaying data along a seismic line) into GIS projects using the Hyperlink tool



скоростные модели и мигрированные разрезы по 20 профилям (Искровский участок), временные разрезы, разрезы акустического импеданса и разрезы коэффициента сланцеватости по 6 профилям (Уфимская НГО), геолого-геофизические разрезы по 10 профилям ГСЗ (северная часть Предуральяского прогиба) и по 65 профилям (Мраковская впадина), глубинные горизонты по 8 региональным профилям, элементы региональной 3D-геолого-геофизической модели (Мраковская впадина), картографические материалы: растровые структурные карты, потенциальные поля и пр.

Заключение

Подводя итог, можно уверенно сказать, что разработанная технология формирования ГИС-проектов, представляющих весь комплекс полученных результатов геолого-геофизических работ, успешно

апробирована и готова к внедрению в отраслевую практику. Особенно интересным представляется ее использование для геоинформационного сопровождения региональных геолого-разведочных работ. Создание итоговых ГИС-проектов по каждому объекту геолого-разведочных работ, отображающих не только картографические материалы, но и результаты обработки и интерпретации сейсмических данных, исходные данные по скважинам и результаты их анализа, построенные геолого-геофизические модели, обеспечит качественную систематизацию цифровой информации и унифицированный подход к формированию результирующего информационного пакета для загрузки в Единый банк на УВ-сырье ФГБУ «ВНИГНИ», его представления во ФГИС «ЕФГИ» и последующей передачи на фондное хранение в составе отчетной документации.

Литература:

1. Любимова А.В., Финкельштейн М.Я. Анализ импортзамещающих геоинформационных решений для задач геологической отрасли // Развитие геоинформационного обеспечения для решения задач геологического изучения и использования недр, формирования и ведения Единого фонда геологической информации : мат-лы Всероссийского совещания (Москва, 26–27 февраля 2019 г.). – М., 2019. – 226 с.

2. Черемисина Е.Н. и др. Геоинформационное и аналитическое обеспечение геолого-геофизических исследований на основе ГИС INTEGRО и многофункционального геоинформационного сервера (MGS) // ВНИГНИ — 65. Люди. Результаты. Перспективы. — М. : ВНИГНИ, 2018. — С. 426–472.

References:

1. Lyubimova A.V., Finkelstein M.Ya. Analysis of import-substituting geoinformation solutions for the tasks of geological field. In: Razvitie geoinformatsionnogo obespecheniya dlya resheniya zadach geologicheskogo izucheniya i ispol'zovaniya nedr, formirovaniya i vedeniya Edinogo fonda geologicheskoi informatsii: materialy Vserossiiskogo soveshchaniya (Moscow, 26–27 February 2019). Moscow; 2019. 226 p. In Russ.
2. Cheremisina E.N. et al. Geoinformation and analytical support of geological and geophysical research on the basis of GIS INTEGRО and multi-purpose geoinformation server MGS-framework. In: VNIGNI — 65. Lyudi. Rezul'taty. Perspektivy. Moscow: VNIGNI; 2018. pp. 426–472. In Russ.

Информация об авторах

Любимова Анна Владимировна

Кандидат технических наук,
заведующая отделом

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский
геологический нефтяной институт»,

117105 Москва, Варшавское ш., д. 8

email: anna@geosys.ru

ORCID ID: 0000-0002-8075-937X

Толмачева Елена Романовна

Заведующая сектором

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский
геологический нефтяной институт»,

117105 Москва, Варшавское ш., д. 8

email: elena@geosys.ru

Information about authors

Anna V. Lyubimova

Candidate of Technical Sciences,
Head of Department

All-Russian Research
Geological Oil Institute,

8, Varshavskoye shosse, Moscow, 117105, Russia

email: anna@geosys.ru

ORCID ID: 0000-0002-8075-937X

Elena R. Tolmacheva

Head of Sector

All-Russian Research
Geological Oil Institute,

8, Varshavskoye shosse, Moscow, 117105, Russia

email: elena@geosys.ru