

УДК 550.9:004.65
DOI: 10.47148/1609-364X-2021-1-5-10

© Коллектив авторов

Е.Н. Черемисина, М.Я. Финкельштейн, К.В. Деев, А.В. Мурадян

Ближайшие перспективы развития геоинформационного комплекса INTEGRO

Аннотация. В статье описываются основные направления развития геоинформационного комплекса INTEGRO, а также геолого-геофизические и информационные задачи, для решения которых создавались соответствующие программные модули. Затрагиваются вопросы организации многопользовательского режима, разработки программного обеспечения для построения 3D-модели территории, развития блока хранения и обработки скважинной информации и некоторые другие. Также в статье намечены пути дальнейшего развития программного комплекса.

Ключевые слова: многопользовательский режим, 3D-модель, монтажный метод, параллельные вычисления, анализ данных, скважинная информация.

Ye.N. Cheremisina, M.Ya. Finkelstein, K.V. Deyev, A.V. Muradyan

The nearest prospects of the geoinformation complex INTEGRO development

Abstract. The article describes the main directions of development of the INTEGRO geoinformation complex, as well as geological, geophysical and information problems, for the solution of which the corresponding software modules were created. The problems of organizing a multi-user mode, designing software for building a 3D model of the territory, developing a block for storing and processing well information, and some others are discussed. The article also outlines the ways of further development of the software package.

Keywords: multi-user mode, 3D model, montage method, parallel computing, data analysis, borehole information.

Поступила 16.01.2021
Доработана 28.02.2021

Принята к печати 01.03.2021

Программный комплекс ГИС INTEGRO создан, поддерживается и развивается коллективом сотрудников отделения геоинформатики ФГБУ «ВНИГНИ». Этот комплекс создавался для технологической поддержки решения задач геологии и должен был обеспечивать хранение, визуализацию и обработку геологической информации: карт (сканированных и векторизованных), геофизических и геохимических данных, сейсмических профилей и кубов, аэро- и космоснимков, скважинных и трехмерных данных. При этом первоначальной задачей авторов комплекса было создание полнофункциональной ГИС, выполняющей стандартные функции формирования геоинформационных проектов и картографических макетов для печати. В настоящее время эта программа полностью выполнена и функционал ГИС INTEGRO, используемый для решения задач геологии и недропользования, не уступает функционалу ведущего импортного геоинформационного продукта ArcGIS (производство ESRI), то есть отечественный программный комплекс вполне способен заместить его в указанных сферах. Более того, отечественная система имеет ряд преимуществ [1].

В статье рассматривается дальнейшее расширение функционала ГИС INTEGRO. Заметим, что формирование геоинформационных проектов и картографических макетов для печати является, как правило, заключительным этапом работы исследователя, которому предшествуют многотрудные этапы обработки, анализа и интерпретации информации. Поэтому включение в геоинформационную оболочку программных блоков, осуществляющих поддержку исследователя на этих этапах, избавляют его не только от лишней работы при конвертации данных из системы в систему, но и от возможной при этом потери информации. Далее остановимся на некоторых новейших разработках в рамках ГИС INTEGRO.

1. Недостатком ГИС INTEGRO долгое время считалось отсутствие многопользовательского режима работы. Эта проблема упиралась в невозможность одновременного корректного редактирования несколькими пользователями одного и того же файла данных. Решение, как и в других аналогичных системах, получено с использованием инструментария баз данных. Современные базы данных позволяют в таблицах создавать поля специального типа для хранения картографических объектов. Для доступа к таким

данным в ГИС INTEGRIO используется библиотека GDAL [2]. Эта библиотека с открытым исходным кодом обладает целым рядом преимуществ. Она поддерживает большое количество разнообразных форматов хранения картографических данных (в том числе и в реляционных базах данных), бесплатна, активно развивается и поддерживается сообществом разработчиков программного обеспечения. Важным плюсом является то, что все различия в реализации хранения и доступа к картографическим данным скрыты за единым программным интерфейсом библиотеки. В настоящее время в качестве базы данных выбрана PostgreSQL [3].

На сегодняшний день в ГИС INTEGRIO включена версия редактора векторных данных, позволяющая работать со слоями, хранящимися в базе данных (рис. 1). Эта версия позволяет редактировать картографические объекты из базы данных, изменяя их геометрию и атрибуты. Измененные объекты сохраняются во внутреннем буфере программы. При завершении сеанса редактирования пользователь может записать эти изменения в базу. Для редакции геометрии используется тот же набор инструментов, что и для редакции геометрии данных, хранящихся в SHAPЕ-файле. Эти инструменты позволяют совместно редактировать сразу несколько слоев исходных данных. С их помощью можно удалять старые и

создавать новые объекты, изменять форму объектов, поддерживая при этом топологическую корректность и совместимость редактируемых слоев (совместные границы должны быть одинаковы в разных объектах, полигоны не должны накладываться друг на друга, линейные объекты в месте пересечения должны иметь общую точку и т.д.).

Таким образом, многопользовательский режим уже функционирует в рамках ГИС INTEGRIO. Однако работы целесообразно продолжить в нескольких направлениях. Помимо инструментов просмотра и редактирования уже существующих картографических слоев в базе данных, ГИС INTEGRIO необходимы инструменты, позволяющие создавать новый слой в базе данных. Желательно «научить» программу работать с большим числом различных баз данных, что требует отдельного тестирования, а возможно, и доработки. В ГИС INTEGRIO существуют утилиты, работающие с векторными данными. Нужно их переделать таким образом, чтобы они работали с данными базы напрямую или конвертировали их в SHAPЕ-формат в фоновом режиме.

2. На региональном этапе исследования нефтегазоносных территорий важнейшей задачей является построение трехмерной модели строения территории. В качестве исходных данных на этом этапе обычно имеется редкая сеть сейсмических

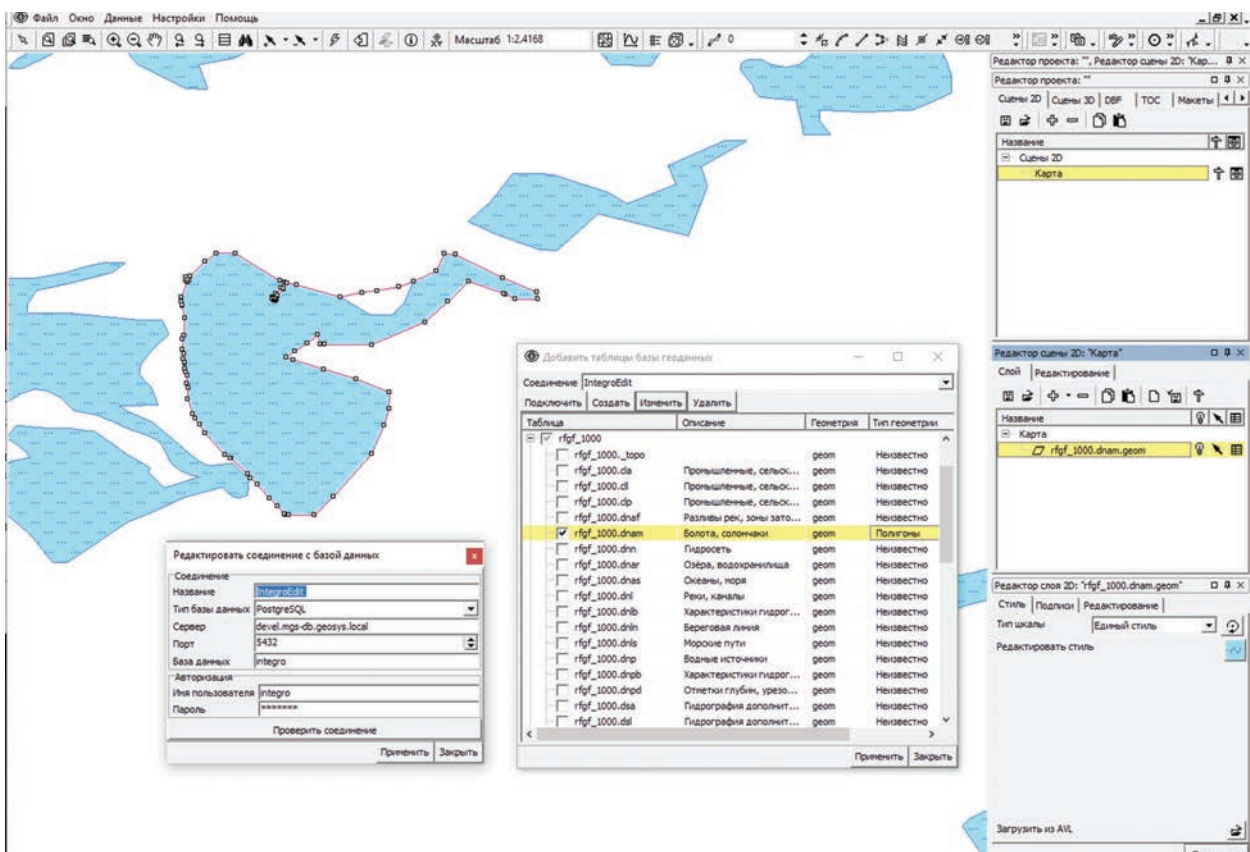


Рис. 1. Редактирование векторной информации, находящейся в БД

Fig. 1. Editing vector information located in the database

и геоэлектрических профилей, которая не может служить твердым основанием для построения модели. Естественным выглядит желание использовать результаты съемки геопотенциальных полей масштаба 1:200 000, имеющиеся на значительную часть территории страны, для восполнения пробелов модели. Традиционные пересчеты потенциальных полей (градиенты, производные, всевозможные фильтры, зондирование и т.д.) исчерпывающим образом включены в ГИС INTEGRО. Однако они позволяют делать только качественные заключения. В комплекс включены также программные компоненты для решения прямых и обратных задач гравиразведки и магниторазведки, основанные на методах, восходящих к работам А.И. Кобрунова [4] и докторской диссертации И.И. Приезжева. При этом, в отличие от реализации И.И. Приезжева, эти модули базируются на дискретном, а не на непрерывном преобразовании Фурье (ДПФ), реализованном через так называемое «быстрое преобразование».

Однако плотностная модель, получаемая при таком решении обратной задачи, является лишь одной из многих из-за принципа неоднозначности и, как правило, не согласуется с другими данными. Поэтому приходится подбирать подходящую модель более аккуратно, все время проверяя с помощью решения прямой задачи, соответствует ли она наблюдаемому полю, а также согласуются ли результаты с сейсмическими данными. Подбирается она в классе градиентно-слоистых, иногда в классе градиентно-блоково-слоистых моделей с учетом внедрений. Разработан целый спектр инструментов для такого подбора, например процедуры, обеспечивающие обмен информацией с сейсмическими пакетами. Можно обратить также внимание на утилиту построения слоистой модели по сейсмической информации с использованием известного рельефа одной из поверхностей раздела на основании принципа подобия. Особенно сложным является вопрос определения формы внедрения. Проще всего было бы моделировать внедрения с помощью геометрических примитивов, например, эллипсоидов. Такой

инструмент имеется в системе и широко используется на ранних этапах подбора, но полученные таким образом тела совсем не геологичны. Для подбора формы внедрений в системе присутствует, так называемый «монтажный метод», заключающийся в пошаговом приближении к форме внедрения, причем критерием правильности направления подбора служит уменьшение невязки между полем, рассчитанным от модели, и наблюдаемым полем.

Разработана технология комплексирования всей имеющейся информации при построении объемной модели территории, успешно опробованная на центральной части Енисей-Хатангского прогиба (рис. 2). Однако при этом выявилась серьезная проблема: временные затраты при применении монтажного метода непомерно велики – на один расчет уходит целый рабочий день. Если учесть обязательную многовариантность расчетов (различные начальные приближения, различные плотности и т.п.), то такие затраты оказываются абсолютно недопустимыми. Поэтому было принято решение о распараллеливании вычислений и переносе их на видеокарты.

Переработке подверглись модули, предназначенные для решения прямой задачи, а затем и модули монтажного метода, многократно использующие ее. Задача усложнялась тем, что вычисления необходимо было производить с двойной точностью, а стандартные видеокарты обеспечивают только одинарную. Тем не менее удалось переработать решение прямой задачи и существенно (в разы) сократить время, затрачиваемое на ее решение. Еще сложнее оказались проблемы, возникающие при переработке монтажного метода. Пришлось переделать всю архитектуру программы, выявить операции, которые можно совершать на сопроцессоре, и те, для которых необходим центральный процессор. Необходимым оказалось решение проблемы синхронизации потоков. В результате на сегодняшний день в опытную эксплуатацию передан вариант монтажного метода, работающий приемлемое время. Исследования и апробация полученного решения продолжаются.

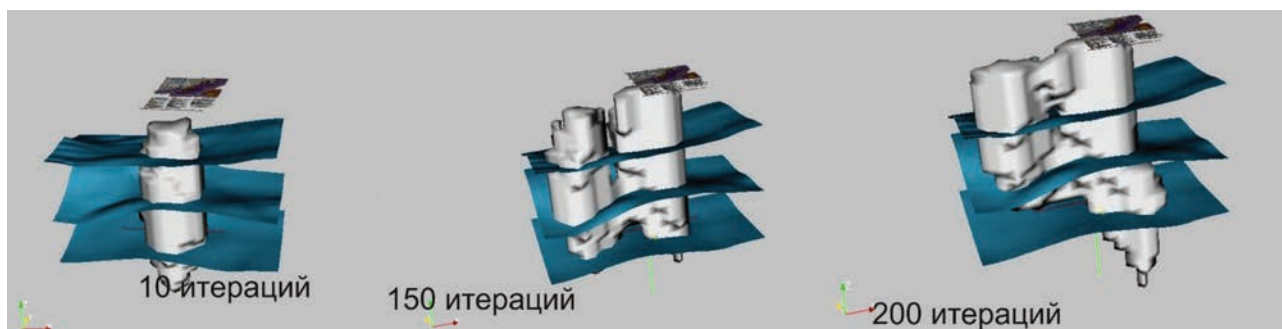


Рис. 2. Построение объемной плотностной модели Гулинского массива «монтажным» методом

Fig. 2. Construction of a volumetric density model of the Guli massif by the «montage» method

3. Уже несколько лет в ГИС INTEGRО включен блок обработки скважинной информации. Изначально он предназначался для хранения и редактирования данных, их визуализации в одномерном, двумерном и трехмерном виде [5] и интеграции в ГИС-проекты. При этом реальная работа отделов ВНИГНИ со скважинной информацией проводилась с помощью импортных программных продуктов. Благодаря постоянному консультированию со стороны сотрудников профильных отделов института и быстрому отклику на их пожелания со стороны работников отделения геоинформатики изменился интерфейс и расширился функционал блока. В качестве основных достижений тут необходимо отметить создание модуля корреляции скважин (рис. 3) и установление связи между данными из сцены корреляции скважин и из сцены профиль; разработку модуля, позволяющего рассчитывать необходимые статистические характеристики для скважин; разработку калькулятора, позволяющего по имеющимся скважинным данным получить нужные производные характеристики (рис. 4). Все это превращает соответствующий блок во вполне конкурентоспособный импортозамещающий программный продукт. Для его практического применения необходимо в ближайшее время провести обучение персонала и начать опытную апробацию,

по результатам которой, безусловно, возникнут новые требования и пожелания.

4. Традиционно в ГИС INTEGRО анализ данных, включавший в себя построение гистограмм, выявление аномальных значений, вычисление стат. характеристик и т.д., был подблоком прогнозного блока. Естественно, что при этом исходные данные представлялись, как и во всем прогножном блоке, в виде таблиц объекты-свойства (ТОС). Однако с развитием программного комплекса оказалось, что далеко не все таблицы, для которых желательно провести те или иные процедуры анализа данных, представляют из себя ТОС, а перекодирование данных, кроме задержек и неудобств, может привести к потере информации или к преодолению дополнительных трудностей для ее сохранения. Кроме того, со временем выяснилось, что имеются процедуры анализа данных, не используемые в прогножном блоке, но очень полезные в других задачах, например, построение треугольных диаграмм для химических элементов. Все это, а также то, что многие элементы интерфейса требовали модернизации, привело к решению о глубокой переработке и пополнении функционала блока анализа данных и выводе его из прогнозного блока. В настоящее время работа в этом направлении начата и активно продвигается.

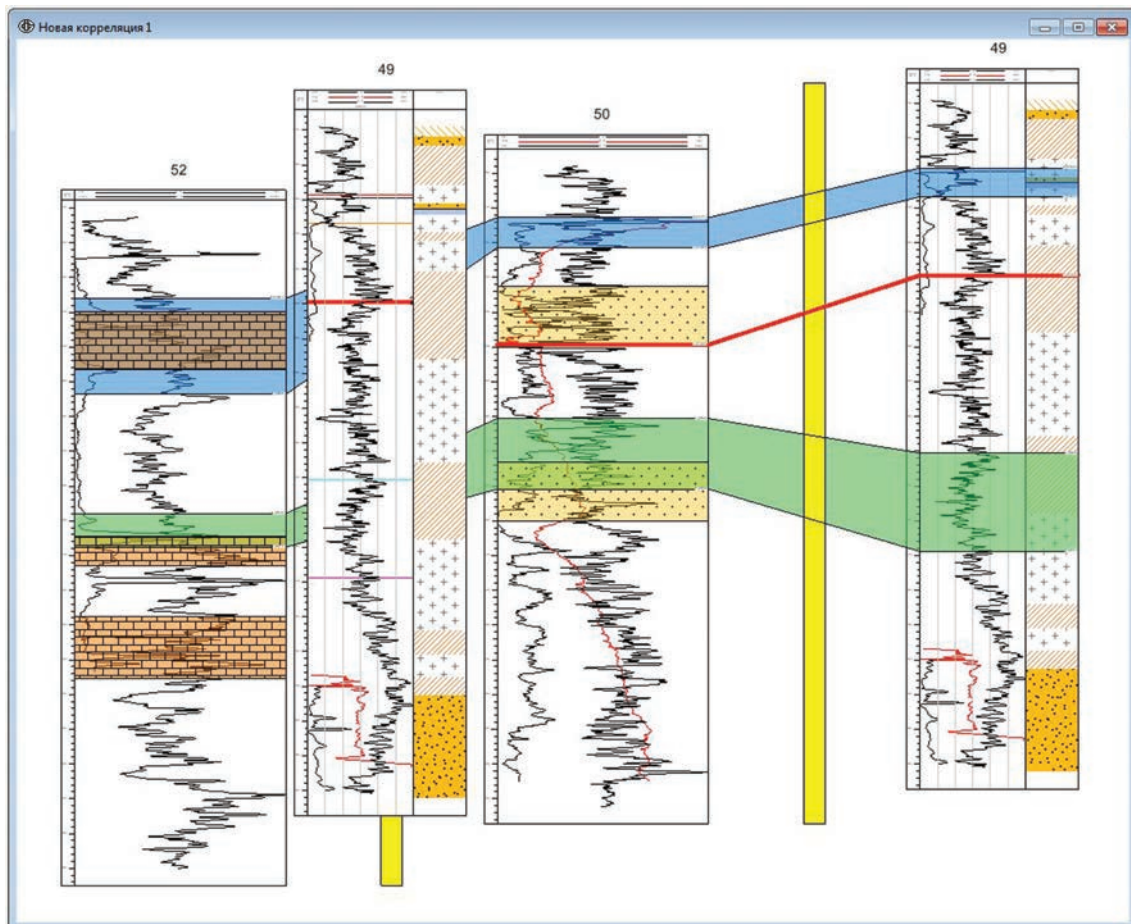


Рис. 3. Сцена корреляции и опорная скважина

Fig. 3. Correlation scene and reference well

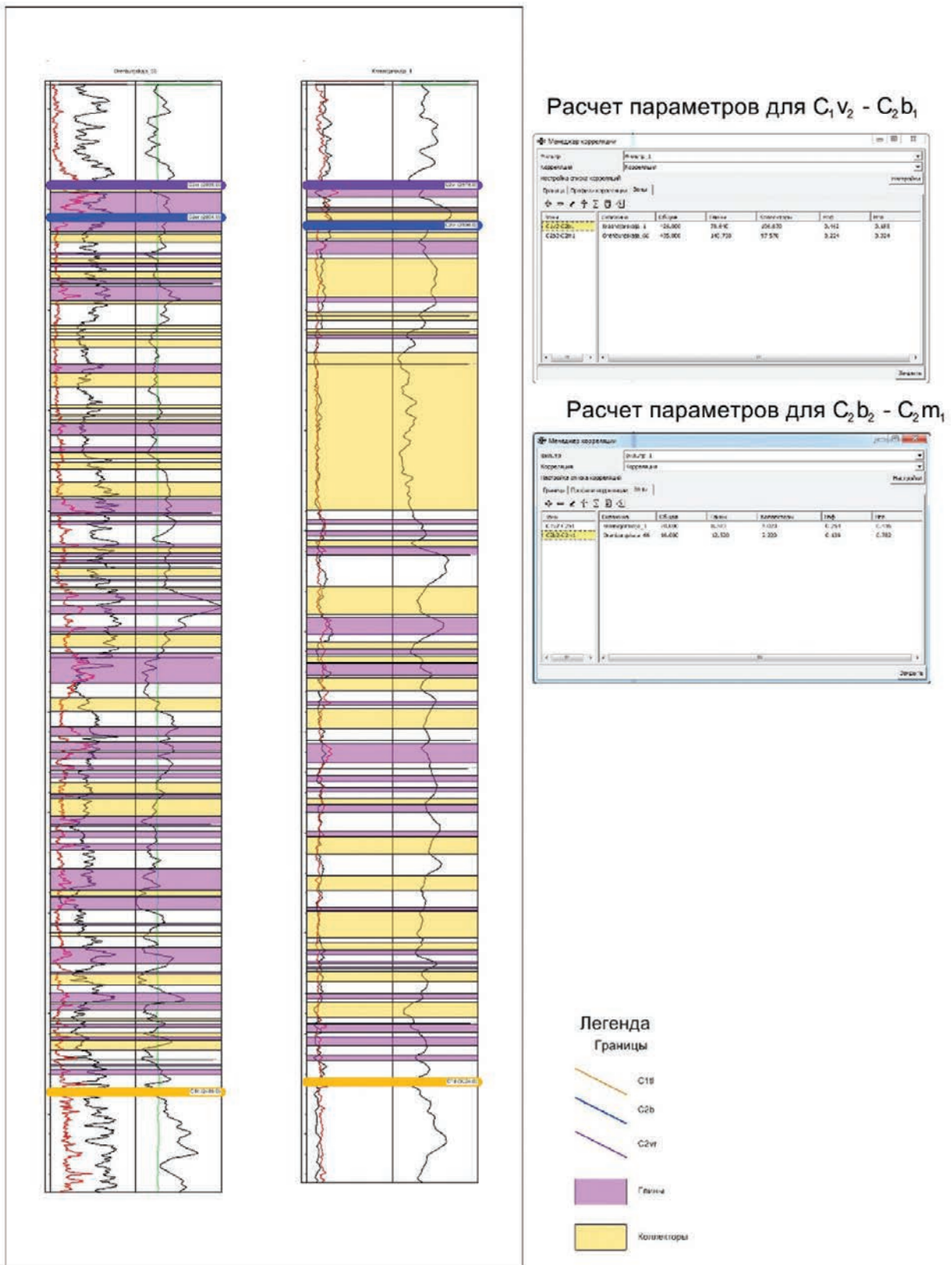


Рис. 4. Калькулятор скважинной информации

Fig. 4. Well information calculator

5. В качестве работ, начатых в настоящее время, можно указать разработку скриптового языка, возможно более полное чтение информации из системы ArcGIS, преобразование ГИС INTEGR0 в мультиплатформенный комплекс и некоторые другие. О них можно прочесть в [6].

Таким образом, в настоящее время ГИС INTEGR0 превратился в бурно развивающийся программный комплекс, способный для решения задач нефтяной геологии заменить многие дорогостоящие импортные программные продукты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черемисина Е.Н., Финкельштейн М.Я., Любимова А.В. ГИС INTEGR0 – импортозамещающий программно-технологический комплекс для решения геолого-геофизических задач // Геоинформатика. – 2018. – № 3. – С. 8-17.
2. URL: <https://gdal.org>.
3. URL: <https://postgis.net>.
4. Кобрунов А.И. Математические основы теории интерпретации геофизических данных. – М. : ЦентрЛитНефтеГаз, 2008. – 286 с.

5. Дровнинов Д.А. Визуализация скважинной информации в ГИС INTEGR0 // Геоинформатика. – 2018. – № 3. – С. 76-83.

6. Деев К.В. Перспективы развития ГИС INTEGR0 // Геоинформатика. – 2020. – № 1. – С. 3-7.

REFERENCES

1. Cheremisina Ye.N., Finkelstein M.Ya., Lyubimova A.V. GIS INTEGR0 – import substitution software for geological and geophysical tasks // Geoinformatika. 2018. No. 3. P. 8-17.
2. URL: <https://gdal.org>.
3. URL: <https://postgis.net>.
4. Kobrunov A.I. Mathematical foundations of the theory interpretation of geophysical data. Moscow : CentrLit-NefteGaz, 2008. 286 p.
5. Drovnikov D.A. Visualization of borehole information in the GIS INTEGR0 // Geoinformatika. 2018. No. 3. P. 76-83.
6. Deyev K.V. Perspective ways of the GIS INTEGR0 development // Geoinformatika. 2020. No. 1. P. 3-7.

Информация об авторах

Финкельштейн Михаил Янкелевич, доктор технических наук, заведующий отделом 3D-моделирования нефтегазоносных объектов отделения Геоинформатики ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: misha@geosys.ru.

Черемисина Евгения Наумовна, доктор технических наук, профессор, заведующая отделением Геоинформатики ФГБУ «ВНИГНИ», директор Института системного анализа и управления ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна». 117105, Москва, Варшавское шоссе, д. 8. E-mail: head@geosys.ru.

Деев Кирилл Валерьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отделения Геоинформатики ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: kiry@geosys.ru.

Мурадян Арютюн Ваникович, кандидат технических наук, начальник Центра редакционно-издательской деятельности ФГБУ «ВНИГНИ», доцент кафедры Системного анализа и управления ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: artur@geosys.ru.

Information about authors

Finkelstein Michail Yankelevich, Doctor of Technical Sciences, Head of Division for 3D modelling of oil-and-gas bearing features, Department of Geoinformatics, FSBI «All-Russian Research Geological Oil Institute». 8, Varshavskoye Shosse, Moscow, 117105, Russia. E-mail: misha@geosys.ru.

Cheremisina Yevgenia Naumovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Geoinformatics Department of FSBI «All-Russian Research Geological Oil Institute» (FGBU «VNIGNI»), Director of the Institute for System Analysis and Management of the Dubna State University. 8, Varshavskoye Shosse, Moscow, 117105, Russia. E-mail: head@geosys.ru.

Deyev Kirill Valerievich, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of the Department of Geoinformatics of FSBI «All-Russian Research Geological Oil Institute». 8, Varshavskoye Shosse, Moscow, 117105, Russia. E-mail: kiry@geosys.ru.

Muradyan Arutyun Vanicovich, Candidate of Technical Sciences (PhD), head of Editorial Center of FSBI «All-Russian Research Geological Oil Institute», associate Professor of the Department for System Analysis and Management of the Dubna State University. 8, Varshavskoye Shosse, Moscow, 117105, Russia. E-mail: artur@geosys.ru.