

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2022.4.252-266>

EDN GNEHKM

УДК 004.9:550.832

Возможности многоскважинных технологий в ПК «Гиснейро 2.0» при интерпретации данных ГИС

¹Судаков В.А., ¹Леонтьев А.А., ¹Валидов М.Ф., ¹Муртазин Т.А., ²Хабинов Р.М.,

²Шуматбаев К.Д., ³Сафаров А.Ф., ³Абусалимова Р.Р., ³Иксанова А.Ф.

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

²ПАО «Татнефть», Альметьевск, Россия

³Институт «ТатНИПИнефть», Бугульма, Россия

Gisneiro 2.0 program package's well logging interpretation capabilities allow involving huge number of wells

¹V.A. Sudakov, ¹A.A. Leontyev, ¹M.F. Validov, ¹T.A. Murtazin, ²K.D. Shumatbaev,

²R.M. Habipov, ³O.G. Gibadullina, ³R.R. Abusalimova, ³A.F. Iksanova

¹Kazan Federal University, Kazan, Russia

²PJSC TATNEFT, Almetyevsk, Russia

³TatNIPIneft Institute, Bugulma, Russia

E-mail: Abusalimova-RR@tatnipi.ru

Аннотация. Инновационный отечественный продукт ПК «Гиснейро 2.0» является комплексом алгоритмов по автоматизации интерпретации данных геофизических исследований скважин (ГИС), позволяющий усовершенствовать выполнение процессов при обработке геофизических данных по скважинам в многоскважинном режиме.

Автоматическая обработка и интерпретация каротажных диаграмм значительно ускоряет анализ данных по скважинам, обеспечивает полное использование геологической информации и существенно повышают эффективность работы с ГИС.

ПК «Гиснейро 2.0» на основе машинного обучения и математических алгоритмов проводит автоматическое стратиграфическое и литологическое расчленение разреза, расчет фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС), определение эффективных толщин и их типы насыщения.

По результатам опытной эксплуатации ПК «Гиснейро 2.0» в рамках научно-исследовательских работ (создание БД скважинной информации, проведение интерпретации ГИС, анализ и статистическая обработка данных керна и ГИС) и совместной работы с ПАО «Татнефть» позволяет в многоскважинном полуавтоматическом режиме получить результаты интерпретации ГИС, в том числе стратиграфическую разбивку разреза, границы эффективных толщин и их параметры фильтрационно-емкостных свойств и анализа керна.

Ключевые слова: *автостратиграфия, автоматическая обработка, многоскважинный режим, мультигистограмма, мультикросс-плот, кластеризация, классификация*

Для цитирования: Судаков В.А., Леонтьев А.А., Валидов М.Ф., Муртазин Т.А., Хабилов Р.М., Шуматбаев К.Д., Сафаров А.Ф., Абусалимова Р.Р., Иксанова А.Ф. Возможности многоскважинных технологий в ПК «Гиснейро 2.0» при интерпретации данных ГИС//Нефтяная провинция.-2022.-№4(32).- С.252-266. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2022.4.252-266>. - EDN GNEHKM

Abstract. A novel domestic software product Gisneiro 2.0 is a complex of machine well logging interpretation algorithms to improve interpreting of a bulk of well logging data that have been gathered during life cycles of a huge number of wells.

Automated interpretation of well logs accelerates the process of well data analysis by orders of magnitude utilizing the geological information available to the fullest extent at that, thus, significantly improving the efficiency of well logging interpretation.

The machine learning and statistical methods employed by the Giseiro 2.0 software allow automated stratigraphic breakdown and lithology differentiation, calculation of reservoir properties, determination of net thicknesses and types of saturation.

The software designer and the TATNEFT Company have tested the Gisneiro 2.0 program package withing the framework of a pilot project involving creation of a database, interpretation of well logs, analysis and statistical interpretation of well logging and core data. The results of well logging interpretation in the semi-automatic mode were obtained, in that number, stratigraphic breakdown, boundaries of net thicknesses, reservoir characteristics, and core analysis.

Key words: *machine stratigraphic breakdown, machine interpreting, multi-histogram, multi-cross plot, clusterization, classification*

For citation: V.A. Sudakov, A.A. Leontyev, M.F. Validov, T.A. Murtazin, K.D. Shumatbaev, R.M. Habipov, O.G. Gibadullina, R.R. Abusalimova, A.F. Iksanova *Vozmozhnosti mnogoskvazhinnyh tehnologij v PK «Gisnejro 2.0» pri interpretacii dannyh GIS [Gisneiro 2.0 program package's well logging interpretation capabilities allow involving huge number of wells]. Neftyanaya Provintsiya, No. 4(32), 2022. pp. 252-266. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2022.4.252-266>. EDN GNEHKM (in Russian)*

Программный комплекс (ПК) «Гиснейро 2.0» – инновационный отечественный продукт, создан под существующие особенности залегания

пластов-коллекторов в Республике Татарстан (РТ) и является комплексом алгоритмов по автоматизации интерпретации данных геофизических исследований скважин, позволяющий усовершенствовать выполнение процессов при обработке геофизических данных по скважинам в многоскважинном режиме.

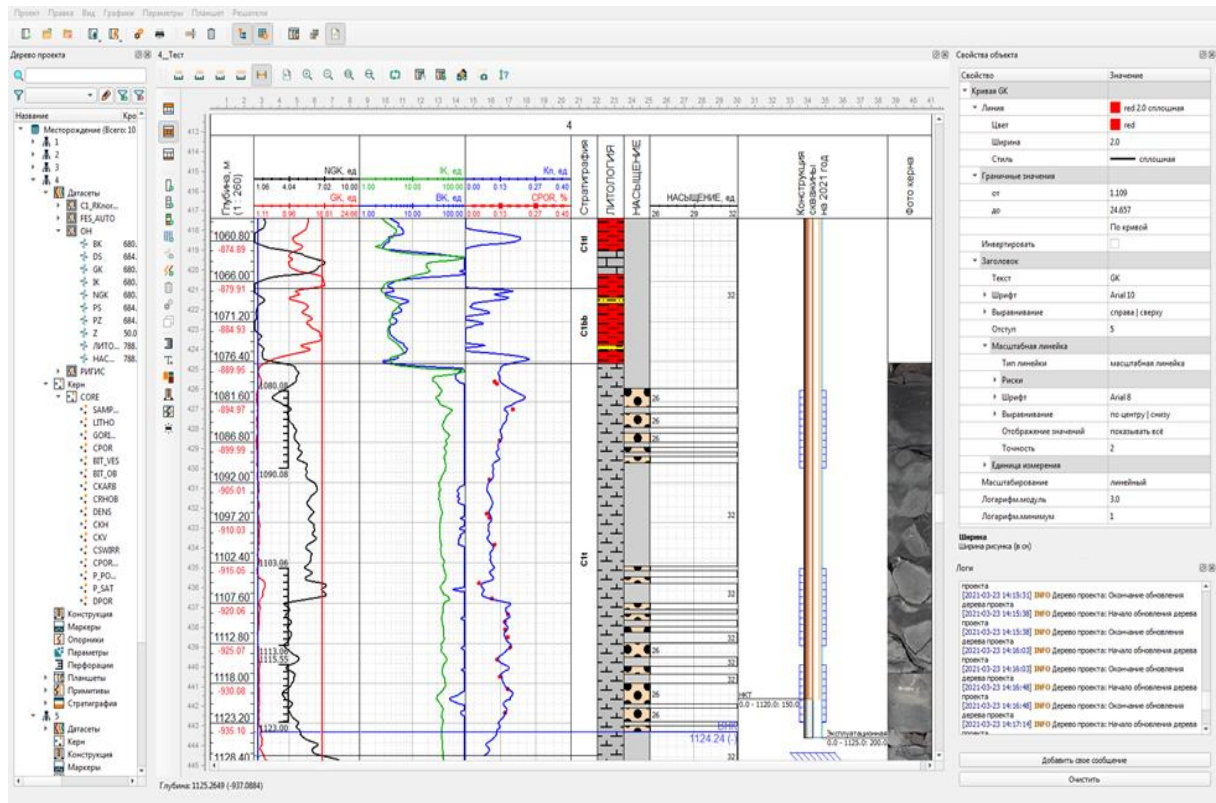


Рис. 1. Интерфейс ПК «Гиснейро 2.0»

В период 2017-2020 гг. разработан ПК «Гиснейро 2.0», прошедший опытную эксплуатацию под основные эксплуатационные объекты на территории РТ: средний и нижний отделы каменноугольной системы, а также терригенные отложения девонской системы.

В 2021 г. реализовали и внедрили алгоритмы для интерпретации геофизических данных по скважинам в отложениях карбонатного девона, содержащих нетрадиционные коллектора.

В первом полугодии 2022 г. совместно с отделом поисковой и разведочной геологии института «ТатНИПИнефть» проведена опытная эксплуа-

тация ПК «Гиснейро 2.0» в доманиковых отложениях заволжского надгоризонта, данково-лебедянского, елецкого+задонского, евлановско-ливенского+воронежского, мендымского, семилукского и саргаевского горизонтов.

Основными задачами при изучении геологического разреза нефтяных и газовых скважин является:

- выделение стратиграфических границ, определение мощностей и глубин залегания горизонтов;
- выделение в разрезе коллекторов и оценка содержания в них нефти и газа.

Для решения этих задач широко применяются геофизические методы исследования скважин.

Автоматическая обработка и интерпретация каротажных диаграмм значительно ускоряет анализ данных по скважинам, обеспечивает полное использование геологической информации и существенно повышают эффективность работы с ГИС.

ПК «Гиснейро 2.0» на основе машинного обучения и математических алгоритмов проводит автоматическое стратиграфическое и литологическое расчленение разреза, расчет фильтрационно-емкостных свойств, определение эффективных толщин и их типы насыщения.

Это позволяет:

- сократить количество рутинных действий и получить больше времени для обработки неоднозначных или исключительных ситуаций;
- получать экспресс-оценки коллекторских свойств пластов;
- выявлять ошибки в уже существующей интерпретации данных ГИС (массово запустив выделение коллекторов, сравнив с ранее выделенными, можно будет найти коллектора, которые были выделены ниже кондиционных значений или наоборот

- пропущенные коллектора; либо, запустив массово расчет фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС), при сравнении можно определить скважины, где возможно были использованы «старые» зависимости и т. п.);
- стандартизировать подход к обработке данных ГИС и уменьшить влияние человеческого фактора.

Прикладное применение

Особую значимость для решения текущих геологических задач на производстве приобретает фонд скважин, находящихся на поздней стадии разработки. Вовлечение в разработку низкорентабельных нефтяных залежей и продуктивных горизонтов, а также пропластков, которые могли быть пропущены при первичном оперативном заключении специалистов, становится все более актуальным.

Эти задачи могут быть решены переинтерпретацией ГИС старого фонда скважин с использованием автоматизированных алгоритмов.

В состав разрабатываемого программного комплекса входят:

- 1) модуль базы скважинных данных;
- 2) модуль контроля качества;
- 3) модуль анализа перфорации скважины;
- 4) модуль анализа петрофизических данных;
- 5) модуль интерпретации ГИС;
- 6) модуль визуализации данных;
- 7) модуль статистической обработки данных;
- 8) модуль интеллектуального анализа данных.

Модуль базы скважинных данных

Многообразие типов данных, полученных при изучении скважин влечет за собой большое число способов их представления и обработки. В

«Гиснейро 2.0» реализованы возможности импорта/экспорта данных (Рис. 2) в форматах .las, .xlsx, .jpeg и др.

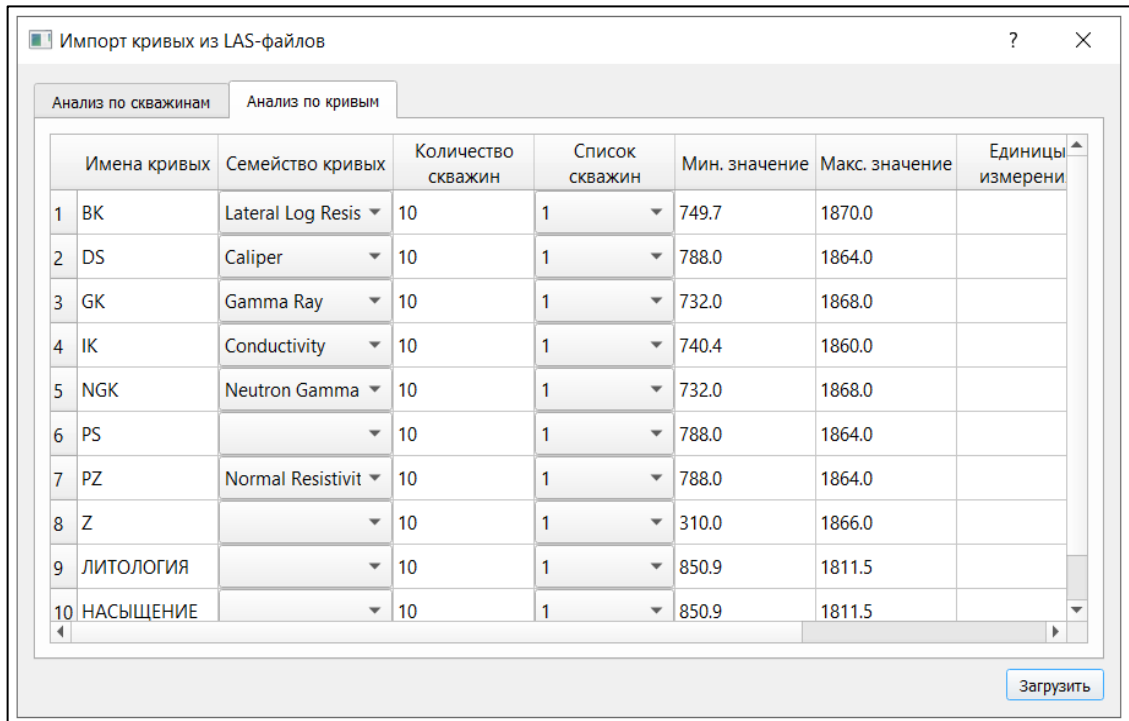


Рис. 2. Импорт кривых ГИС из LAS-файлов

На этапе загрузки данных производится контроль их качества:

- проверяется последовательное увеличение глубин;
- разделителями целой и дробной частей могут служить знаки «.» и «,»;
- проверяются пересечения поплавковых данных;
- во время загрузки данных проводится проверки на наличие одноименных данных в БД, с возможностью выбора действий: «Заменить», «Создать копию», «Пропустить загрузку»;
- возможность выбрать загрузку новых данных только для имеющихся в БД скважин или дополнительно создавать новые скважины в проекте;
- все загруженные данные приводятся к единой кодировке (utf-8).

Имеется возможность настройки выбора названий скважин при за-

грузке данных: по названию внутри LAS-файла, по имени LAS-файла, по имени каталога, по содержащимся скважинам в БД, ручное задание имени в процессе загрузки.

Все загруженные данные в проекте имеют свой собственный формат, что позволяет оперировать при расчетах не только именами данных, но и их форматами (Стратиграфия, непрерывные ГИС, перфорации и т.п.), а программа в свою очередь выбирает наиболее подходящие данные, что значительно сокращает процедуру запуска алгоритмов на больших объемах данных.

Также, для работы с БД предусмотрены функции массовых преобразований данных: переименования по словарям, удаления, сшивка ГИС, удаление дубликатов, правка данных по словарям (Рис. 3), что на практике позволяет массово загрузить всю имеющуюся информацию и приступить к анализу данных без рутинной процедуры стандартизации информации.

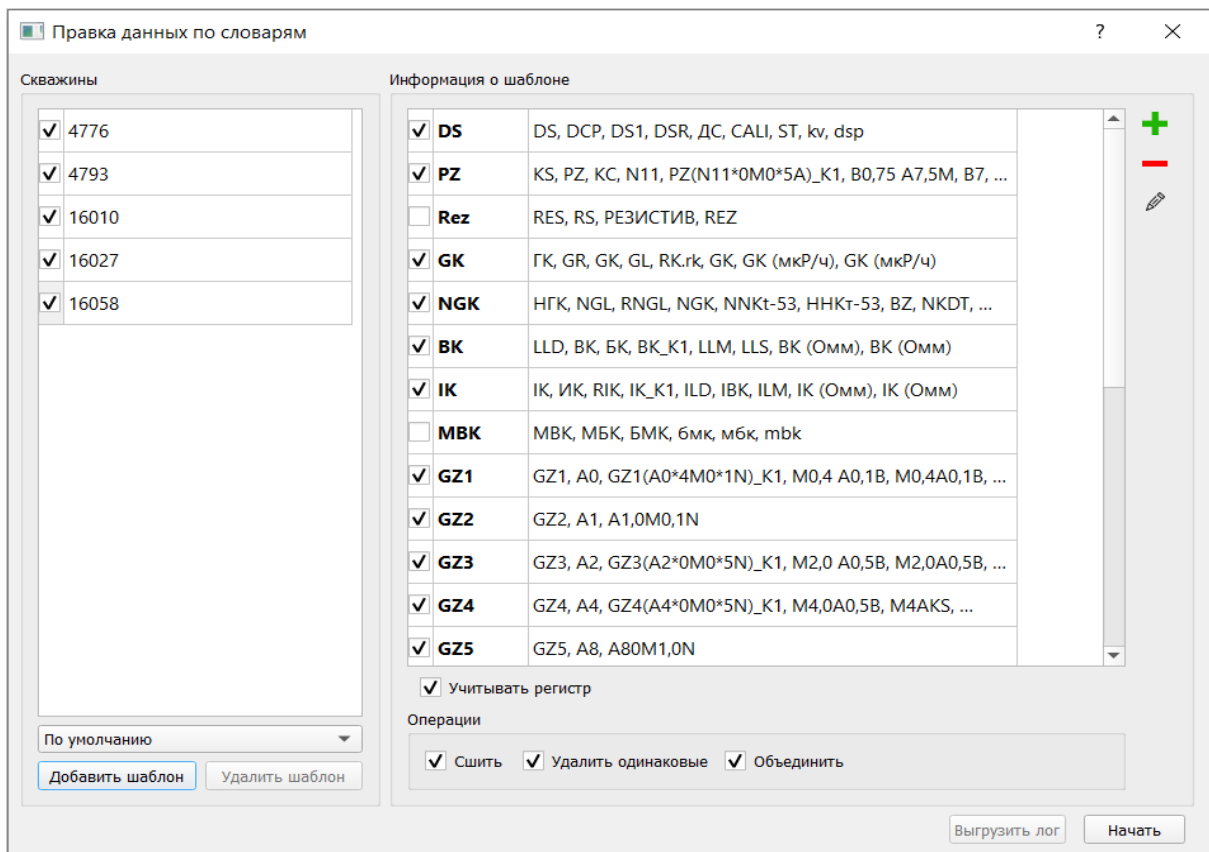


Рис. 3. Правка данных по словарям

Модуль интерпретации ГИС

Одним из реализованных модулей за последнее время в ПК «Гиснейро 2.0» является «Стратиграфия 3D». Суть его работы заключается в пространственной корреляции стратиграфических отбивок разреза в скважинах. Результат работы данного модуля представлен на рис. 4.

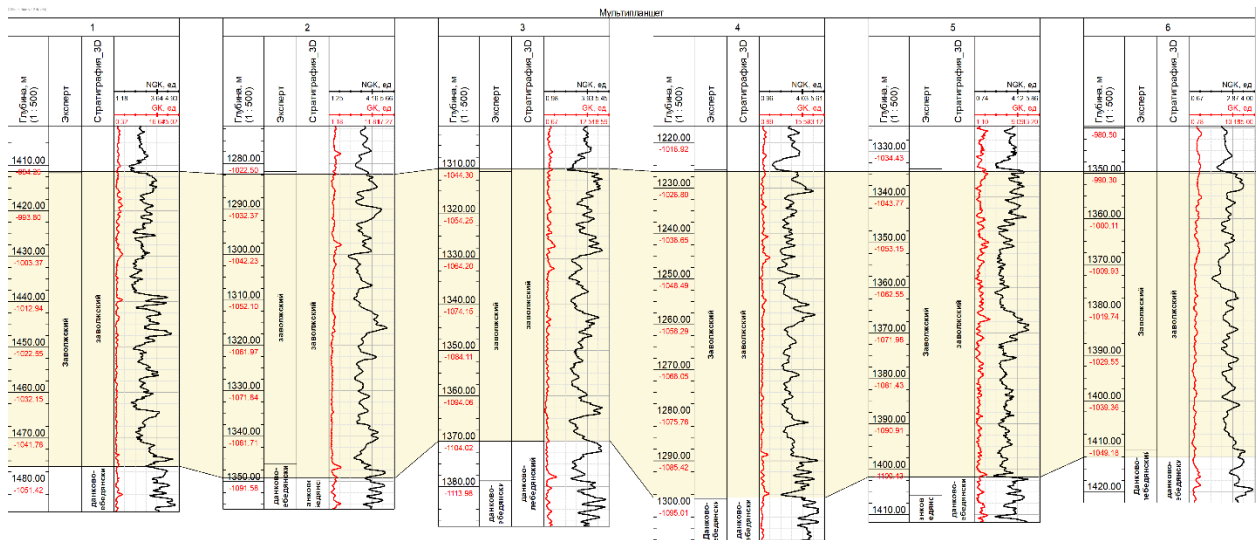


Рис. 4. Результат работы модуля «Стратиграфия 3D» в сравнении с экспертной оценкой

При работе модуля «Стратиграфия 3D» учитываются пространственное расположение скважин на площади месторождения, данные инклинометрии и экспертное стратиграфическое расчленение разреза опорных скважин. Алгоритм на основе входных данных строит поверхности горизонтов в межскважинном пространстве и с помощью корреляции кривых ГИС опорных скважин и интерпретируемых определяет оптимальные наиболее подходящие глубины стратиграфических границ. Данный алгоритм решения задачи является универсальным и его применение возможно на различных месторождениях, в том числе гигантских, с уникальными геологическими строениями.

Важной задачей геофизических исследований нефтяных и газовых скважин является выделение в их разрезах коллекторов и оценка характера их насыщения.

Литологическое расчленение производят по комплексу диаграмм различных геофизических методов. Литологический характер пород определяют по сумме геофизических признаков, установленных по диаграммам методов.

Для более точной характеристики литологического состава пород используют данные полного комплекса геофизических методов, объем которого определяется степенью изученности разреза, типом отложений и скважинными условиями измерений.

Основная методика обработки ГИС основана на применении петрофизических зависимостей – известных комплексных палеток для определения суммарного водородосодержания и глинистости.

Помимо автоматического выделения стратиграфических зон в ПК «Гиснейро 2.0» возможно в многоскважинном режиме автоматически выполнять следующие задачи:

- вводить поправки к каротажным диаграммам ГИС;
- проводить расчет двойных разностных параметров, снимая значения в опорных пластах;
- расчет фильтрационно-емкостных свойств;
- выделение литологических типов по разрезу скважины на основе машинного обучения;
- выделение эффективных толщин и характер их насыщения.

Модуль статистической обработки данных

Были разработаны алгоритмы для петрофизического моделирования: статистические инструменты обработки данных, модули работы с базой данных под формат керновых данных (Рис. 5). Реализован петрофизический модуль в рамках ПК «Гиснейро 2.0», позволяющий выводить зависимости «КЕРН-КЕРН», «КЕРН-ГИС» для петрофизического моделирования.

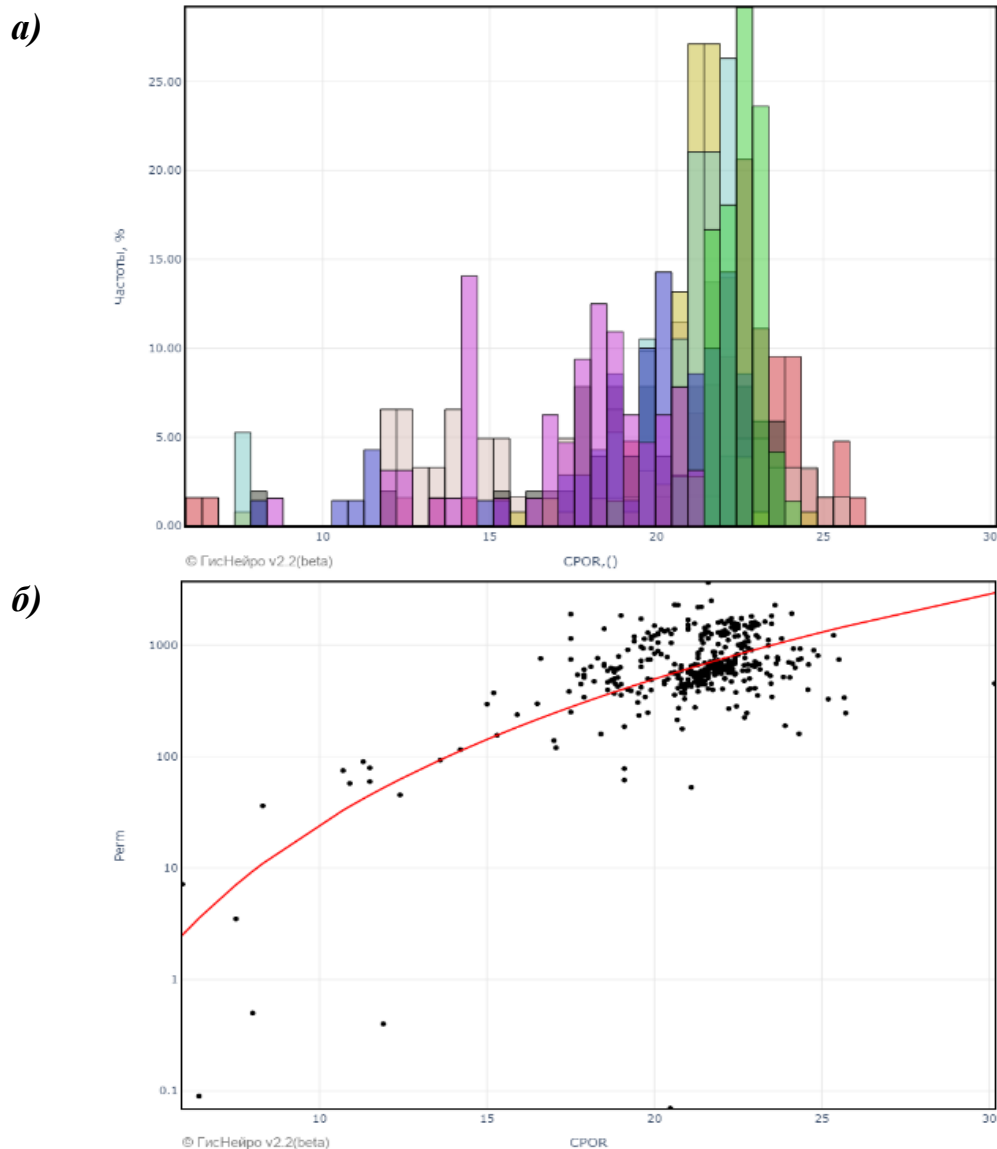


Рис. 5. а – мультигистограмма; б – мультикросс-плот

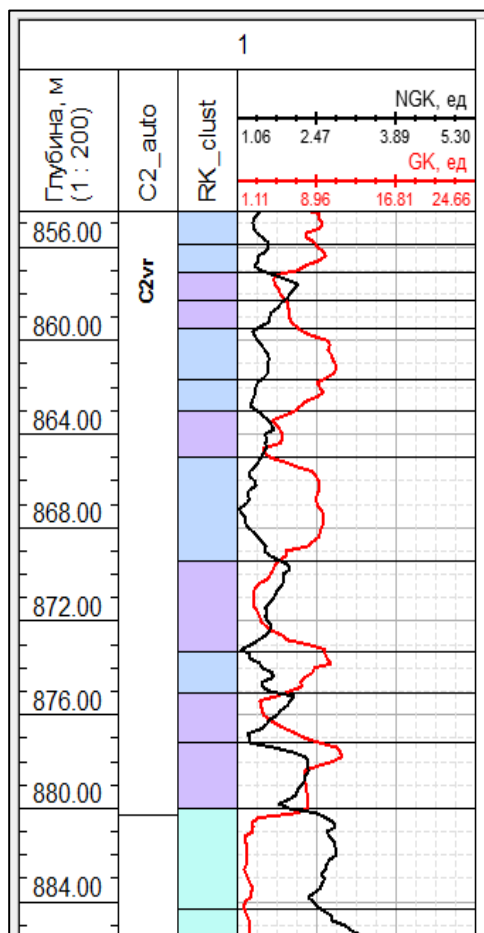
Модуль интеллектуального анализа данных

Автоматизация процессов интерпретации геофизических скважинных данных, особенно на крупных и гигантских нефтяных месторождениях на поздней стадии разработки, требует применения в работе методов интеллектуального анализа, такими являются классификация и кластерный анализ. Их внедрение в программный комплекс дает универсальный инструмент, позволяющий проводить интерпретацию ГИС, например по выделению литологических типов, на любых месторождениях не зависимо от их территориальной принадлежности.

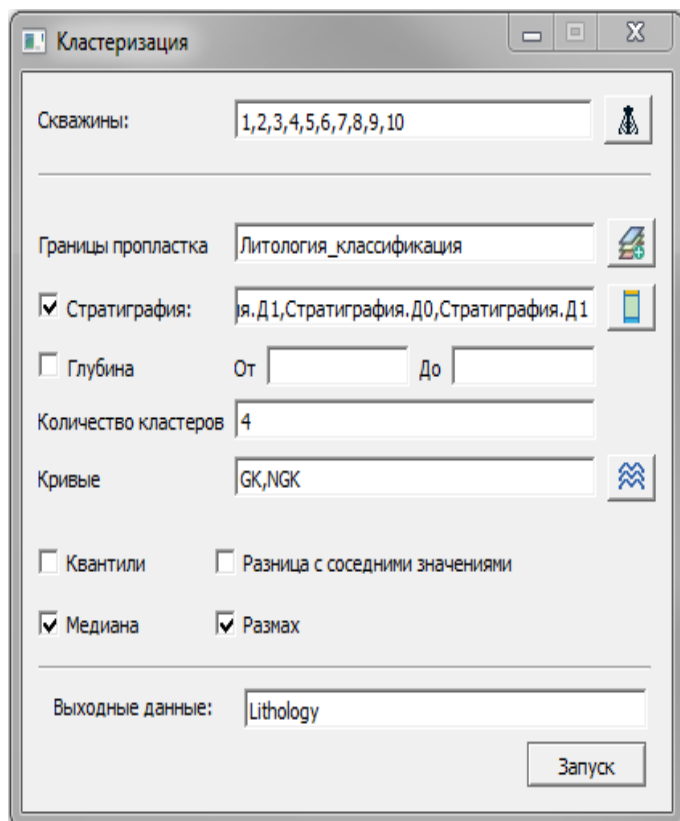
Кластеризация

Задача кластеризации состоит в том, чтобы разбить множества объектов – строки матрицы X - на группы, называемые кластерами. Внутри каждой группы должны оказаться «похожие» объекты, а объекты разных групп должны быть как можно более отличающимися. Результат работы – вектор с метками кластеров, длиной равной количеству строк матрицы, т. е. каждому интервалу по глубине присваивается номер «своего» кластера.

На рис. 6 а представлен результат работы кластеризации на основе двух кривых с заданным числом кластеров, равным 4. В качестве определяющих признаков были выбраны значения пластов и поведение кривых ГИС (Рис. 6 б).



а)



б)

*Рис. 6. Пример работы модуля «Кластеризация»
а – результаты работы модуля; б – окно настроек*

Классификация

В задаче классификации, в отличие от предыдущей задачи, имеется совокупность объектов, разделённых, некоторым образом, на классы. Задаётся конечное множество сегментов кривых, для которых известно к каким классам они относятся. Т.е. помимо матрицы объясняющих переменных имеется вектор меток (названий классов) $Y = \{1, 2, \dots, k\}$, каждой строке матрицы соответствует определённый элемент из Y .

Для оценки работы классификации данная модель была применена для определения литологии на основе имеющихся экспертных данных. На рис. 7 а представлено экспертное литологическое расчленение разреза, на рис. 7 б – результат классификации выделенных сегментов в тестируемой скважине.

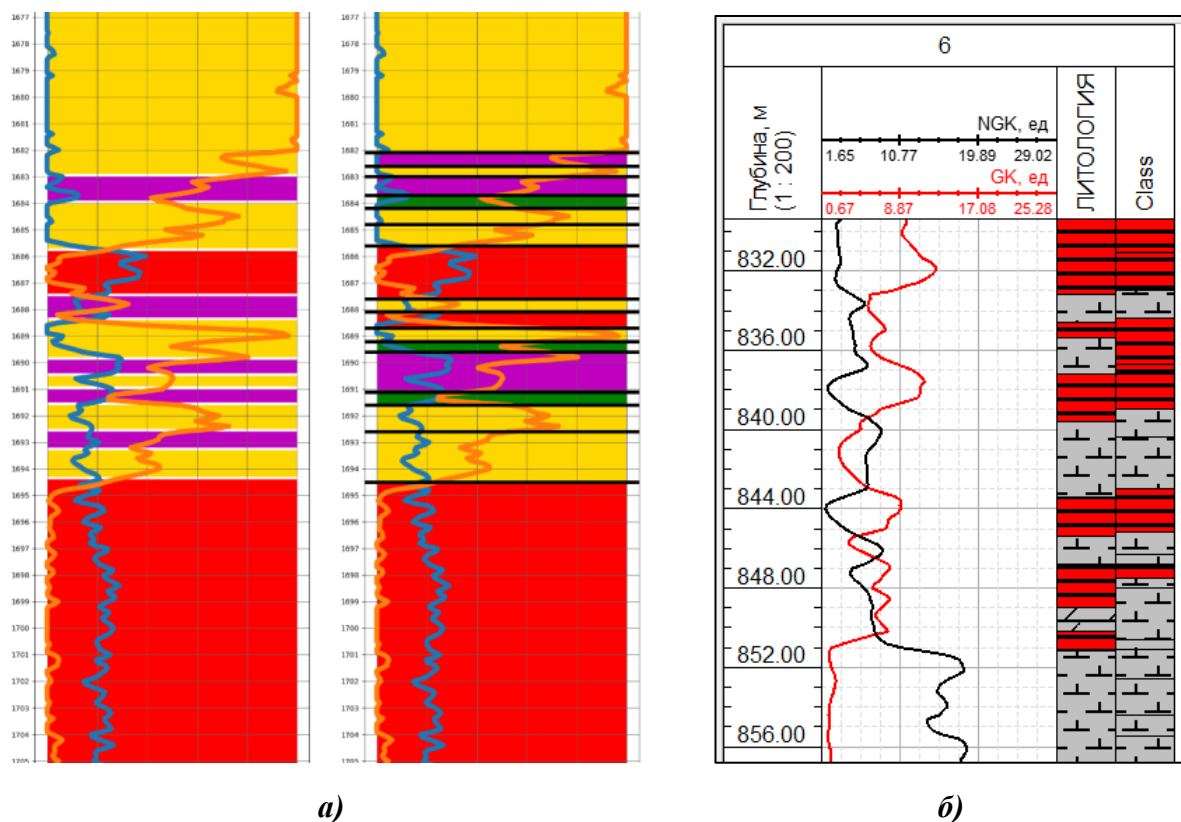


Рис. 7. Пример работы модуля «Классификация»

а – экспертное литологическое расчленение разреза; б - результат классификации выделенных сегментов

Заключение

При интерпретации данных ГИС использование многоскважинных технологий (корреляционные схемы, гистограммы, кросс-плоты) эффективно:

- быстро и наглядно оценивать качество исходных и полученных данных;
- выбирать и обосновывать методику обработки;
- оценивать качество рассчитанных параметров;
- уточнять литологический состав пород и т.д.

В результате опытной эксплуатации ПК «Гиснейро 2.0» в рамках научно-исследовательских работ (создание БД скважинной информации, проведение интерпретации ГИС, анализ и статистическая обработка данных керна и ГИС) и совместной работы с ПАО «Татнефть» позволил в многоскважинном полуавтоматическом режиме получить результаты интерпретации ГИС, в том числе стратиграфическую разбивку разреза, границы эффективных толщин и их параметры фильтрационно-емкостных свойств и анализа керна.

При проектировании модулей учитываются актуальные вызовы и потребности в возможностях программного обеспечения.

На сегодняшний день продолжают работы по усовершенствованию и расширению функционала ПК «Гиснейро 2.0» с учетом обратной связи со стороны института «ТатНИПИнефть».

Сведения об авторах

Судаков Владислав Анатольевич, заместитель директора по инновационной деятельности, Институт геологии и нефтегазовых технологий, Казанский (Приволжский) федеральный университет

Россия, 420000, Казань, ул. Кремлёвская, 18

E-mail: VIASudakov@kpfu.ru, sudakovav@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6865-7477>

Леонтьев Алексей Александрович, ведущий инженер, Институт геологии и нефтегазовых технологий, Казанский (Приволжский) федеральный университет

Россия, 420000, Казань, ул. Кремлёвская, 18

E-mail: Leontiev94@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6998-2984>

Валидов Марат Фанисович, ведущий инженер, Институт геологии и нефтегазовых технологий, Казанский (Приволжский) федеральный университет

Россия, 420000, Казань, ул. Кремлёвская, 18

E-mail: marat.validov@gmail.com

Муртазин Тимур Александрович, ведущий инженер, Институт геологии и нефтегазовых технологий, Казанский (Приволжский) федеральный университет

Россия, 420000, Казань, ул. Кремлёвская, 18

E-mail: aleksandrovich313@yandex.ru

Шуматбаев Кирилл Дмитриевич, главный эксперт по петрофизическим исследованиям, департамент разработки месторождений, ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина

Россия, 423450, Альметьевск, ул. Ленина, 75

E-mail: Shumatbaevkd@tatneft.ru

Хабипов Ришат Минехарисович, начальник отдела мониторинга разработки месторождений и недропользования, департамент разработки месторождений, ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина

Россия, 423450, Альметьевск, ул. Ленина, 75

E-mail: HabipovRM@tatneft.ru

Гибадуллина Ольга Геннадьевна, заведующая лабораторией автоматизации геологической информации и оперативной оценки ресурсов и запасов ТРИЗ, отдел поисковой и разведочной геологии, институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина

Россия, 423230, Бугульма, ул. Мусы Джалиля, 32

E-mail: domanik@tatnipi.ru

Абусалимова Ренара Рамисовна, заведующая сектором оценки нефтеперспективности ТРИЗ, отдел поисковой и разведочной геологии, институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина

Россия, 423230, Бугульма, ул. Мусы Джалиля, 32

E-mail: Abusalimova-RR@tatnipi.ru

Иксанова Алсу Фаритовна, ведущий инженер сектора автоматизации геологической информации, отдел поисковой и разведочной геологии, институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина

Россия, 423230, Бугульма, ул. Мусы Джалиля, 32

E-mail: IksanovaAlsuF@tatnipi.ru

Authors

V.A. Sudakov, Deputy Director for Innovation Technologies, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University
18, Kremlevskaya st., Kazan, 420000, Russian Federation
E-mail: VIASudakov@kpfu.ru, sudakovav@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6865-7477>

A.A. Leontyev, Leading Engineer, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University
18, Kremlevskaya st., Kazan, 420000, Russian Federation
E-mail: Leontiev94@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6998-2984>

M.F. Validov, Leading Engineer, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University
18, Kremlevskaya st., Kazan, 420000, Russian Federation
E-mail: marat.validov@gmail.com

T.A. Murtazin, Leading Engineer, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University
18, Kremlevskaya st., Kazan, 420000, Russian Federation
E-mail: aleksandrovich313@yandex.ru

K.D. Shumatbaev, Chief Expert in Petrophysical Studies, Reservoir Engineering Directorate, PJSC TATNEFT
75, Lenin st., Almetyevsk, 423230, Russian Federation
E-mail: Shumatbaevkd@tatneft.ru

R.M. Habipov, Head of Reservoir Development and Subsoil Use Monitoring Department, Reservoir Engineering Directorate, PJSC TATNEFT
75, Lenin st., Almetyevsk, 423230, Russian Federation
E-mail: HabipovRM@tatneft.ru

O.G. Gibadullina, Head of Geological Data Automation and Unconventional Reserves On-Line Estimate Laboratory, Geological Exploration Department, TatNIPIneft–PJSC TATNEFT
32, Musy Jalil st., Bugulma, 423230, Russian Federation
E-mail: domanik@tatnipi.ru

R.R. Abusalimova, Chief of Unconventional Reserves Oil Potential Estimate Sector, Geological Exploration Department, TatNIPIneft–PJSC TATNEFT
32, Musy Jalil st., Bugulma, 423230, Russian Federation
E-mail: Abusalimova-RR@tatnipi.ru

A.F. Iksanova, Leading Engineer, Geological Data Automation Sector, Geological Exploration Department, TatNIPIneft–PJSC TATNEFT
32, Musy Jalil st., Bugulma, 423230, Russian Federation
E-mail: IksanovaAlsuF@tatnipi.ru

Статья поступила в редакцию 03.12.2022
Принята к публикации 19.12.2022
Опубликована 30.12.2022