

УДК 550.832

*В. А. Велижанин, Н. Ю. Комлев, В. А. Пантиухин, Ю. Л. Шеин*  
ООО "Нефтегазгеофизика"

## **ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ООО "НЕФТЕГАЗГЕОФИЗИКА"**

В статье описаны основные программные продукты ООО "Нефтегазгеофизика", предназначенные для коммерческого использования.

Производство ГИС на всех этапах, начиная от получения данных на скважине и кончая интерпретацией материалов, немыслимо в настоящее время без программного обеспечения (ПО).

ООО "Нефтегазгеофизика" обеспечивает программную поддержку технологии ГИС в соответствии с современными стандартами разработки ПО на всех его этапах – от сбора требований заказчика до этапа сопровождения как в гарантийный период, так и после его окончания.

Применяемые технологии разработки программных средств позволяют обеспечить высокую надежность разработанного программного кода и легкость модернизации и расширения возможностей.

Основные усилия при разработке ПО направлены на:

- максимальную интеграцию программных продуктов;
- поддержку основных международных стандартов обмена каротажными данными;
- максимальный учет требований потребителей по представлению материалов обработки и интерпретации материалов.

Далее дано краткое описание основных программных продуктов фирмы. Программы официально зарегистрированы в Роспатенте с получением соответствующих свидетельств.

### **Программное обеспечение регистрации и обработки данных**

#### ***Каскад***

Программное обеспечение одноименного семейства каротажных регистраторов, предназначенное для регистрации геофизических

данных в нефтяных и газовых скважинах, обеспечивает весь процесс регистрации от управления работой скважинных приборов до редактирования и полевой обработки каротажных данных:

- тестирование регистратора и скважинных приборов;
- выполнение базовых калибровок приборов с записью калибровочных данных на жесткий диск в соответствующие файлы базовых калибровок;
- необходимые режимы питания и настройки приборов при проведении ГИС;
- проведение полевых калибровок приборов;
- проведение каротажных исследований с записью результатов измерений на жесткий диск;
- первичное редактирование данных каротажа с корректировкой глубины по магнитным меткам и совмещением точек записи по глубине;
- связь и передачу данных через локальную сеть;
- выдачу первичных материалов каротажа на твердую копию;
- просмотр и редактирование материалов каротажа

### *LogPWin*

Пакет программ предназначен для проведения первичной обработки данных радиоактивного, акустического, электрического и электромагнитного каротажа и обеспечивает выполнение следующих функций:

- редактирование, импорт и экспорт каротажных данных в формате LIS, LAS, ARMG, GEO-ACU и др.;
- просмотр каротажных данных в виде следующих объектов визуализации: кривая, гистограмма, керн, литологическая колонка, объемная модель, текстовая колонка, спектр и фазокорреляционная диаграмма и др.;
- расчет исправленных за влияние скважинных условий измерений геофизических параметров радиоактивного (пористости по данным нейтронного каротажа по тепловым и надтепловым нейtronам в открытом и закрытом стволах скважины аппаратурой СРК-1, СРК-42, СРК-73, СРК-76, РК-П, ДРСТ-3-90, АРК, АПРК и т. д.; естественной гамма-активности породы по данным интегрального гамма-каротажа в открытом и закрытом стволе скважины аппа-

ратурой СРК-1, СРК-42, СРК-73, СРК-76, РК-П, ДРСТ-3-90, АРК, АПРК и т. д.; массового содержания урана, тория и калия породы по данным спектрометрического гамма-каротажа в открытом и закрытом ствалах скважины аппаратурой СГК-1024, СГК-1024ТБ и т. д.; плотности породы по данным плотностного гамма-гамма-каротажа в открытом стволе скважины аппаратурой СГП-76, СГП-73, СГП-2, РК-П и т. д.; плотности и индекса фотоэлектрического поглощения породы по данным спектрометрического литолого-плотностного гамма-гамма-каротажа в открытом стволе скважины аппаратурой СГПЛ-73, СГПЛ-1Т и т. д.; времени жизни, сечения захвата тепловых нейтронов и других параметров по данным импульсного нейtron-нейtronного и нейtronного гамма-каротажа в породе аппаратурой АИНК-42, АИНК-73 и т. д.) и других видов каротажа, контроль качества измерений;

- обработку данных аппаратуры акустического каротажа серии 4АК, АВАК11, АК-Г, основанную на выделении в ВК записанных в открытом стволе скважины пакетов головных волн – продольной, по-перечной и волны Стоунли и вычислении их интервальных времен, коэффициентов затухания для расчета коэффициента пористости, модулей упругости, коэффициента сдвиговой анизотропии и других физико-механических характеристик пород; обработку данных, записанных в обсаженных скважинах аппаратурой 4АК, АВАК11, АК-42ПМ (предназначенной для скважин малого диаметра) с целью оценки качества цементирования затрубного пространства, а также с использованием параметров СГДТ выдачи совместного заключения о качестве цементирования; определение толщины, внутреннего сечения колонны и контакт цементного камня с колонной, основанное на методе отраженных волн (прибор АТП-80);
- расчет кажущихся сопротивлений зондов БКЗ, БК-3, БК-7, БК-9, МГЗ, МПЗ, БМК по данным измерений аппаратуры электрического каротажа (ЭК-1, ЭК-1Т, ЭК-73-ПЛ, БК-7/9-1Т, БК-7/9-1Т-К, МК-УЦ, БМК, МК-90); расчет кажущихся проводимостей и кажущихся сопротивлений по данным измерений зондов ИК аппаратуры ИКЗ-2, ИКЗ-2/40, ИК-П, 4ИК-45, ЗИК-45; расчет разностей фаз и кажущихся сопротивлений по данным измерений зондов ВИКИЗ аппаратуры ВИКИЗ и ВЭМКЗ; расчет удельных электрических сопротивлений по данным зондов БКЗ, БК-3, БК-7, БК-9, БМК аппа-

ратуры ЭК-1, ЭК-1Т, ЭК-73-ПЛ, БК-7/9-1Т, БК-7/9-1Т-К, БМК, МК-90 с учетом влияния скважинных факторов (сопротивления промывочной жидкости, диаметра скважины, глинистой корки); расчет удельных электрических сопротивлений по данным зондов индукционного каротажа аппаратуры ИКЗ-2, ИКЗ-2/40, ИК-П, 4ИК-45, ЗИК-45 с учетом влияния вмещающих пород; оценка электрических параметров разреза (сопротивления неизмененной части пласта, сопротивления зоны проникновения, относительной глубины проникновения), полученных по данным аппаратуры БК-7/9-1Т-К, ИКЗ-2, ИКЗ-2/40, 4ИК-45, ЗИК-45;

- формирование и вывод каротажных данных на твердую копию.

### *ServiceM*

Программное обеспечение обслуживания автономных скважинных приборов и глубиномера А1Т обеспечивает все этапы работы с автономными приборами при проведении каротажа:

- детальное тестирование автономных приборов на базе;
- проведение базовых калибровок;
- автоматическая подготовка приборов к каротажу, обеспечивающая спуск в скважину работоспособных приборов;
- тестирование глубиномера А1Т (НТВ "Каротажник". 2005. Вып. № 4–5) с дальнейшим обеспечением регистрации и визуализации показаний датчиков глубиномера во время каротажа автономными приборами;
- получение файла ВРЕМЯ–ГЛУБИНА в результате обработки данных регистрации глубиномера А1Т;
- контроль основных параметров автономных приборов после проведения каротажа;
- копирование данных регистрации на жесткий диск;
- редактирование данных регистрации и оценка качества проведенных измерений автономным прибором;
- просмотр скопированных данных регистрации в табличном виде;
- редактирование времени в файле ВРЕМЯ–ГЛУБИНА;
- получение выходных файлов LIS, развернутых как по времени, так и по глубине с совмещением точек записи;
- первичную обработку данных регистрации (см. комплекс программ LogPWin);

- оперативную протоколизацию процессов тестирования, подготовки приборов к каротажу и послекаротажных работ, что помогает оператору и инженеру при работе с прибором;
- протоколизацию на жестком диске процессов подготовки приборов к каротажу и послекаротажных работ с прибором, что позволяет оценить действия оператора на скважине и качество функционирования приборов.

## **ОНИКС-2**

Интегрированная программная система для регистрации и обработки данных геофизических исследований обсаженных скважин позволяет провести полный цикл работ по информационному обеспечению геофизических исследований эксплуатационных и разведочных нефтегазовых скважин (ГИЭС), включая:

- поддержку при проведении исследований различными типами скважинной аппаратуры и регистрацию их результатов на диск (при использовании регистратора ОНИКС);
- ввод, обслуживание и хранение различной информации ГИЭС;
- обработку данных ГИЭС вплоть до автоматизированного получения интерпретационного заключения;
- представление результатов исследований и обработки в виде за конченных отчетов.

Программные средства обработки данных ОНИКС-2 ориентированы на оперативную обработку комплексных замеров большого количества параметров (давление, температура, методы приток-состав и др.). Поскольку программная система ОНИКС-2 является интегрированной, то есть позволяет производить как регистрацию данных, так и их обработку, наибольший эффект в плане оперативности дает применение обрабатывающей подсистемы для обработки данных, зарегистрированных с использованием станции ОНИКС. Ввод внешних по отношению к системе ОНИКС-2 данных производится в формате LAS.

В системе обработки можно выделить два уровня. Первый уровень предусматривает обработку кривых последовательностью методов, записанных в файлы микропрограмм. Этот уровень представляет собой гибкий, но в то же время и более сложный для использования инструмент.

Второй уровень образуется комплектом макропрограмм, реализующих сложные алгоритмы обработки. Макропрограммы позволяют полностью автоматизировать обработку вплоть до создания отчетов с предварительными интерпретационными заключениями. Обработка может производиться как в стационарных условиях, так и непосредственно при работе на скважине в полуавтоматическом режиме с целью получения и передачи заказчику предварительных результатов исследований. Результаты обработки выводятся в графическом виде (планшеты) и в виде файлов Microsoft Office.

ОНИКС-2 обеспечивает широкие возможности по представлению данных ГИЭС и результатов обработки в графическом виде, в том числе:

- просмотр кривых (или комплексных замеров);
- оперативное размещение графиков кривых в любых удобных форматах и масштабах;
- автоматическое отображение на графике элементов конструкции скважины и использование различного рода примитивов;
- сохранение полученного размещения графиков вместе с конструкцией скважины и примитивами в виде файла планшета.

Для получения конечного документа о проведенных ГИЭС планшеты и заключения могут выводиться на печатающие устройства с использованием всех графических возможностей.

## **Программное обеспечение обработки и интерпретации**

### ***LogWin***

Комплекс программ предназначен для обработки и анализа данных электрического, электромагнитного, радиоактивного и акустического каротажа нефтегазовых скважин с целью получения геофизической информации, необходимой для принятия решений при интерпретации материалов по отдельной скважине. Возможности комплекса очень широки и, в частности, включают:

- управление данными;
- импорт, экспорт, сохранение и восстановление информации в архиве;
- редактирование данных ГИС;
- расчет статистических характеристик и распределений;

- построение кроссплотов;
- кластерный анализ;
- оценка качества результатов обработки;
- построение интерпретационной модели с записью в библиотеку моделей;
- просмотр и корректировка параметров модели;
- моделирование геофизических параметров для условий объекта изучения;
- получение объемных параметров породы в рамках выбранной интерпретационной модели;
- оценка характера насыщения порового пространства;
- получение твердой копии.

### **Магистр**

Программа предназначена для использования геофизической и геологической службой предприятия при работе с каротажными данными.

Целью разработки было создание редактора для работы с каротажными данными, обеспечивающего единый логический и пользовательский интерфейс для импорта-экспорта каротажных данных, их просмотра и редактирования, для облегчения работы каротажной и геологической службы геофизического предприятия, создания полного цикла редактирования каротажных данных различных форматов (просмотр, редактирование, монтаж и вывод диаграмм) с обеспечением максимальной автоматизации процесса.

Ограниченный вариант программы, предназначенный только для чтения, просмотра и вывода диаграмм, рекомендуется для служб заказчика.

### **LogWin-ЭК**

*Назначение* – обработка в поточечном и попластовом режимах результатов измерений зондами электрического и электромагнитного каротажа.

- поточечная обработка включает введение в показания зондов поправок за скважину (ИК, БК, БКЗ, ВИКИЗ), скин-эффект (ИК), вмещающие породы (ИК-деконволюция) и в переводе результатов обработки данных ИК, ВИКИЗ в единицы УЭС ( $\text{Ом}\cdot\text{м}$ );

- попластовая обработка включает попластовое определение УЭС пород с учетом влияния зоны проникновения и вмещающих пород и оценку качества результатов измерений. Попластовое определение УЭС одиночных пластов с учетом влияния зоны проникновения и вмещающих пород проводится с использованием интерпретационной модели одиночного пласта в однородных вмещающих породах. Метод определения УЭС пластов – поиск решения из условия минимума функции невязки теоретических и фактических отсчетов. Результатом интерпретации являются электрические параметры пласта: удельное электрическое сопротивление пласта  $\rho_p$ , зоны проникновения  $\rho_{зп}$  и относительный диаметр зоны проникновения  $D/d$ ;
- оценка качества кривых включает визуальную (качественную) оценку сопоставимости результатов измерений различными зондами ЭК и ЭМК, выполняемую, например, по результатам поточечной обработки, и количественную оценку сопоставимости, заключающуюся в выявлении систематических погрешностей измерений зондами БКЗ, БК, ИК, БМК и в уточнении УЭС ПЖ в попластовом режиме.

### *LogWin-Azimuth*

*Назначение* – обработка данных инклинометрии.

Заказчику выдаются результаты поинтервальных измерений, план и профиль скважины, строится трехмерное представление:

- расчет кривизны по данным непрерывных и точечных замеров независимо от последовательности заведения разного типа данных;
- построение проекций траектории ствола скважины на горизонтальную и вертикальную плоскости и вывод на печать графиков ориентации скважины;
- просмотр скважины в трехмерном представлении;
- программа производит увязку данных инклинометрии по глубине к разрезу в графическом редакторе;
- редактирование как в графическом редакторе, так и с клавиатуры при табличном отображении данных;
- выбор метода усреднения данных на интервалах перекрытия замеров;

- расчет данных по пластам;
- оценка качества замера кривизны по сопоставлению данных угла и азимута разных замеров между собой в интервалах перекрытия по глубине и индикация точек в этих интервалах, в которых расхождения по углу и азимуту между замерами превышают допустимые значения;
- анализ данных на наличие интервалов с резко изменяющимися значениями угла и азимута в пределах одного замера;
- выбор формы вывода твердой копии результатов данных инклинометрии;
- неразрушающая фильтрация сбоев муфт.

### *LogPWin-AIMS*

Программный комплекс предназначен для обработки данных импульсного спектрометрического нейтронного гамма-каротажа и обеспечивает выполнение следующих функций: редактирование первичных каротажных данных, контроль качества первичных и расчетных данных, оценку текущей нефтенасыщенности пород, формирование заключения с выдачей твердой копии, запись результатов обработки в форматах LAS и LIS для передачи заказчику.

Контроль качества при получении текущей нефтенасыщенности пород выполняется на уровне первичных данных каротажа и на всех этапах обработки по результатам расчетов соответствующих погрешностей, а именно:

- на уровне первичных данных каротажа по повторному замеру по результатам оценки систематической и полной случайной погрешностей, а также оценки статистической погрешности измерений;
- на уровне параметров энергетической шкалы по результатам оценки ее линейности и погрешности удержания;
- на уровне расчетных параметров по результатам оценки диапазона предельно возможных значений, их статистической, систематической и полной случайной погрешностей определения;
- на уровне нефтенасыщенности по результатам повторного замера с оценки систематической и полной случайной погрешностей.

Оценка нефтенасыщенности пород предусматривает выбор модели обработки (размерности, учитываемых факторов), задание источника (импорт, расчет) и способа получения дополнительной информа-

мации (пористость, глинистость, карбонатность), точную привязку энергетической шкалы и расчет нефтенасыщенности по схеме, представляющей комбинацию оценок с использованием нормализованных отношений  $\langle C/O \rangle$  и  $\langle Ca/Si \rangle_{\text{неупр}}$ , приращения кривой  $\langle C/O \rangle$ .

Выдача заключения предусматривает формирование и выдачу в табличном и графическом видах результатов определения нефтенасыщенности пород с оценкой их погрешности для представления заказчику.

УДК 550.832

*В. А. Пантиюхин, Д. В. Белоконь*  
ООО "Нефтегазгеофизика"

## **АППАРАТУРНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС "КАСКАД"**

Описан аппаратурно-методический комплекс нового поколения "Каскад", реализующий обязательный комплекс ГИС необсаженных скважин.

Аппаратурно-методический комплекс (АМК) "Каскад" предназначен для геофизических исследований разведочных и эксплуатационных скважин, бурящихся на нефть и газ и обеспечивает проведение обязательного комплекса ГИС для решения геологических задач при общих и детальных исследованиях структурных, поисковых, оценочных, разведочных и эксплуатационных скважин в соответствии с "Правилами геофизических исследований и работ в нефтяных и газовых скважинах", утвержденными Министерством топлива и энергетики и Министерством природных резервов РФ (приказ № 445/223 от 28.12.1999 г.).

В состав АМК "Каскад" входят:

- наземный регистрирующий комплекс (далее НРК) "Каскад" с необходимым программно-методическим обеспечением;
- комплект скважинных комбинируемых приборов (модулей);
- вспомогательное оборудование.