

На правах рукописи

УДК 519.68; 681.513.7;
612.8.001.57; 007.51/.52

СЕМИЧ
Дмитрий Фёдорович

**АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ
РАДИОАКТИВНОГО КАРОТАЖА
НЕФТЯННЫХ СКВАЖИН**

05.13.11 – математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Новосибирск 2005

Работа выполнена в Институте систем информатики СО РАН

Научный руководитель: Мурзин Федор Александрович,
кандидат физико-математических
наук

Официальные оппоненты: Хайретдинов Марат Саматович
доктор технических наук

Пестунов Игорь Алексеевич
кандидат физико-математических
наук

Ведущая организация: Институт математики имени
С.Л. Соболева СО РАН

Защита состоится 27 декабря 2005 г. в 15 ч. мин. на заседании
диссертационного совета К003.032.01 в Институте систем информати-
ки имени А.П.Ершова Сибирского отделения РАН по адресу:
630090, г.Новосибирск, пр.Акад.Лаврентьева, 6.

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале ИСИ СО РАН
(г.Новосибирск, пр.Акад.Лаврентьева, 6).

Автореферат разослан _____ 2005 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета,
к.ф.—м.н

Мурзин Ф.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

В последние годы существенно возрос интерес к современным методам исследования скважин в частности к методам ядерной геофизики. Своим бурным развитием ядерная геофизика обязана, прежде всего, преодолению многих технических проблем, возникающих при разработке аппаратуры радиоактивного каротажа. Прогресс в микроэлектронике, вычислительной технике, появление на рынке управляемых источников радиационного излучения, высокоэффективных детекторов – все это привело к тому, что были разработаны качественные приборы радиоактивного каротажа, в частности спектрометрического импульсного нейтронного каротажа (ИНГК-С, С/О-каротаж). Такая аппаратура обладает большой информативностью и применяется для решения широкого круга задач, возникающих при разработке сырьевых ресурсов.

Параллельно развивается технология интерпретации ИНГК-С, разрабатываются методы обработки данных.

Технология интерпретации данных радиоактивного каротажа требует создания и сопровождения сложных программных средств, а также обеспечения их надежной работы и защиты данных.

В данной области применяются специальные процессы проектирования и анализа алгоритмов и программ, специальные форматы данных, редакторы геофизических данных, базы данных и знаний, графические человеко-машинные интерфейсы.

Отметим, что наряду со сложностью программных систем, технологий и инструментальных средств, предназначенных для автоматизации процессов обработки данных, одновременно предъявляются высокие требования к надежности их работы, т.к. сбой программы может повлечь за собой существенные материальные потери.

Высокий уровень требований предъявляется также к точности алгоритмов, т.к. это непосредственно связано с рентабельностью нефтедобычи.

Для оценивания качества работы аппаратуры и алгоритмов проводятся дополнительные исследования по выработке рекомендаций относительно режимов измерений и методов тестирования программ.

Важной задачей является также вопрос о стандартизации форматов геофизических данных. К сожалению, это задача не всегда успешно решается. Для передачи используются спутниковые каналы связи различные сетевые сервисы.

Основная задача интерпретации С/О-каротажа – качественная и количественная оценка текущей нефтенасыщенности пластов – решается разными способами. Зачастую достоверность получаемых результатов оставляет желать лучшего. Причины этого: отсутствие обоснованных требований к технологии проведения измерений, не указаны критерии применимости того или иного метода расчета нефтенасыщенности, проблемы обобщения и классификации информации в среде производителей (нефтяников и геофизиков), а также трудности с апробацией методик расчета.

Решение вышеперечисленных и многих других проблем лежит в применении объектно-ориентированного подхода и современных методов рационального планирования технологических процессов. Ввиду того, что решение почти любой задачи в современном мире можно представить в виде компьютерной программы, объектно-ориентированный подход в программировании особенно важен. По сравнению с традиционным функциональным подходом, вместо последовательных этапов цикла жизни программы, решение задачи представляется в виде иерархии классов отражающих определённые уровни, начиная с требований пользователя и кончая сопровождением готовой программы.

Создание программ “Анализатор спектров” и “OilTemper” является логическим следствием развития технологии интерпретации и применения объектно-ориентированного подхода в геофизике. Программы позволяют специалисту интерпретатору провести обработку данных С/О-каротажа и получить набор аналитических параметров для последующего анализа, а также рассчитать коэффициент нефтенасыщенности для разных пластов. Обработка данных может быть произведена несколькими методами. Программное обеспечение обладает общепринятым для геофизиче-

ского инструмента пользовательским интерфейсом и позволяет использовать стандартные геофизические форматы обмена данными.

Программы “Анализатор спектров” и “OilTemper” обладают сходными наборами классов, созданными в близком сотрудничестве со специалистами геофизиками с применением метода объектно-ориентированной декомпозиции. Используемый метод, отличается от других тем, что существенно уменьшает риски при проектировании сложных программных систем. Разработанный набор классов является гибким и соответствует модели обработки геофизических данных. По требованию заказчика, в него легко встроить дополнительную функциональность. Такой набор классов может служить хорошей базой для дальнейшего развития проекта.

Стоит отметить, что зарубежные аналоги, например пакет программ, разработанный фирмой Halliburton, поставляется только вместе с аппаратурой С/О-каротажа, и естественно является весьма дорогостоящим (несколько миллионов долларов). Подобные программы имеют полностью закрытые от пользователя алгоритмы и не предоставляют никаких средств для настройки.

Методики обработки данных С/О-каротажа, заложенные в таком программном пакете как LogTools (НПО “ТверьГеофизика”, г. Тверь) построены на базе упрощенной методике “Дельта С/О”. Для успешного применения на практике требуют подключения дополнительной информации, такой как данные по керну, данные по открытому стволу и т.п. Такая информация зачастую недоступна или недостаточно достоверна, что, несомненно, сказывается на качестве расчетов. Представленный в данной работе пакет программ полностью лишён вышеописанных негативных факторов.

Цель работы

Цель работы – проведение теоретических исследований, связанных с интерпретацией данных и накоплением знаний, получаемых различными методами радиоактивного каротажа нефтяных скважин

– интеграция разработанных методов интерпретации в единую программную систему, с целью создания в будущем базы знаний, пополняе-

мой аналитиком, работающим в области интерпретации каротажных данных

– разработка новых и улучшение имеющихся алгоритмов расчета аналитических параметров: химических интерпретационных индексов, времен жизни надтепловых нейтронов, константы вычета фона, концентраций естественных радионуклидов.

– создание эффективных алгоритмов вычисления коэффициента нефтенасыщенности на основе данных радиоактивного каротажа (С/О-каротажа).

– создание необходимого программного обеспечения для расчета вышеупомянутых аналитических параметров, коэффициента нефтенасыщенности по различным методикам, ориентированного на сотрудников контрольно-интерпретационных служб нефтяных и геофизических компаний, работающих с аппаратурой импульсного нейтронного каротажа.

Методы исследования

Методы объектно-ориентированного программирования, проектирования и анализа алгоритмов и программ, разработки человеко-машинных интерфейсов; методы обработки сигналов, специального вида, возникающие в ядерной физике (энергетические и временные спектры), численные эксперименты на ЭВМ.

Научная новизна

Проведенные исследования позволили разработать и реализовать ряд новых алгоритмов и усовершенствовать имеющиеся алгоритмы обработки сигналов, возникающих при импульсном нейтронном гамма-каротаже нефтяных скважин. А именно, предложены: эффективный метод привязки энергетических спектров с учетом теплового дрейфа прибора; алгоритм выделения дальней, средней и ближней зон отклика при обработке временных спектров, новый алгоритм вычисления константы вычета фона, усовершенствованный алгоритм вычисления концентраций естественных радионуклидов, алгоритмы калибровки по известным пластам методов: “Кросс-плот” и “Дельта С/О”.

Создан программный комплекс «Анализатор спектров» (SpectrumAnalyzer), предоставляющий широкие возможности: при обработке амплитудных и временных спектров.

Реализована программная система OilTemper, предназначенная для расчета коэффициента нефтенасыщенности пластов на основе данных, получаемых в процессе ядерного каротажа нефтяных скважин.

Обе программы проектировались и создавались в рамках объектно-ориентированного подхода с использованием технологии документ-представление, современных графических библиотек и шаблонов. Программа позволяет документировать промежуточные этапы работы, что является важным при обработке данных операторами, несущими повышенную ответственность. Предусмотрены средства защиты программы от несанкционированного использования. Экспорт результатов обработки осуществляется в формате LAS, применяемом в геофизике, и в новых, специально разработанных форматах.

Практическая ценность

В процессе реализации проекта было подготовлено и настроено несколько рабочих мест (комплектов программного обеспечения) «Анализатор спектров» в интерпретационной службе ОАО «Западно-Сибирская Корпорация ТюменьПромГеофизика» (ЗСК ТПГ).

В течении полутора лет данное программное обеспечение успешно используется при обработке каротажных материалов непосредственно получаемых на нефтепромыслах. Алгоритмы и программный комплекс конкурентоспособны с мировыми аналогами.

Программа OilTemper находится в опытной эксплуатации в интерпретационных службах ЗСК ТПГ и Новосибирском ЗАО «ОКБ Геофизического Приборостроения». Дальнейшая цель состоит в ее совершенствовании.

Апробация работы

Результаты работы докладывались на Международной конференции «Портативные генераторы нейтронов и технологии на их основе », Москва 2004; на пятой международной конференции памяти академика

А.П. Ершова “Перспективы систем информатики”, Рабочий семинар “Наукоемкое программное обеспечение”, Новосибирск 2003; на конференциях-конкурсах Технологии Microsoft в информатике и программировании, Новосибирск 2004 и 2005, а также в Институте систем информатики СО РАН, Институте ядерной физики СО РАН, Новосибирском государственном университете, Новосибирском государственном университете путей сообщения, а также на встречах с иностранными специалистами: американскими, китайскими, японскими, корейскими и др.

Работа поддержана государственным фондом “Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере”.

По теме диссертации опубликовано 12 работ.

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы. Объем диссертации – 102 стр. Список литературы содержит 70 наименований. Работа включает 27 рисунков и графиков, полученных в результате расчетов на ЭВМ.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновывается актуальность темы исследований и приводится краткое содержание работы.

В первой главе дана ознакомительная информация по методам радиоактивного каротажа. Изложены основные задачи, связанные с автоматизацией процесса предварительной обработки данных, возникающих в процессе радиоактивного каротажа нефтяных скважин. Раскрыта сложность алгоритмизации процесса интерпретации скважинных данных. Приведена объектная модель обрабатываемых данных: энергетические и временные спектры, фактически представляющие собой гистограммы определённого вида. В качестве примера, показано расположение фотопиков различных элементов на спектрах и приведены их энергии.

Описан первый этап обработки энергетических спектров – энергетическая привязка. Задача представлена в виде алгоритма адаптивного поиска, построенного с учётом опыта создания алгоритмов сравнения ви-

зуальных образов, который по некоторым критериям выбирает и классифицирует нужные для интерпретации данные.

При отсутствии теплового дрейфа прибора, точнее при фиксированной температуре, каждому элементу однозначно соответствует набор каналов, на которых данный элемент может быть зарегистрирован. Вследствие теплового дрейфа и других шумов данные, т.е. набор каналов, соответствующих определённому элементу, может существенно измениться.

Алгоритм энергетической привязки имеет целью повысить точность сопоставления элементу определённого набора каналов и устранить субъективный фактор при решении данной задачи.

Во второй главе сформулированы задачи и приведены решения по обработке временных спектров и вычисления чистых спектров.

Временной спектр состоит из трёх частей. Для автоматического поиска точек с особыми свойствами, которые являются границами искомых отрезков, был разработан алгоритм на основе дискретного вейвлет-преобразования Добеши – 4.

Каждая из частей спектра, приближенно представляется в виде некоторой экспоненты. Три экспоненты соответственно характеризуют отклик от ближней, средней и дальней зон.

Для каждого из полученных отрезков вычисляется некоторый параметр λ_k . Рассчитываются величины $\tau_k = \frac{1}{\lambda_k}$, $k = 1, 2, 3$, характеризующие времена жизни гамма-квантов, приходящих из ближней, средней и дальней зон. В некоторых случаях, средняя зона вырождается, сливаясь с ближней, тогда значения λ_k соответственно корректируются. Также в алгоритме предусмотрена возможность усреднения значений λ и соответственно τ с помощью медианной фильтрации в малых окрестностях упомянутых выше особых точек.

Алгоритмы, описанные во третьей и четвёртой главах, работают только с чистыми спектрами ГИНР и ГИРЗ.

Алгоритм вычисления чистых спектров основывается на нахождении константы вычета фона, с помощью которой можно подавлять

всплеск, соответствующий водороду на втором сигнале (из четырёх получаемых с прибора) с помощью вычитания из него третьего сигнала умноженного на получаемую константу. Данная константа называется константой вычета фона.

Особенность вычисления этого параметра заключается в том, что алгоритм его вычисления нельзя представить как обычную задачу нахождения минимума, т.к. для этого не хватает статистических данных из-за малого времени проведения замера. Принципиально время замера увеличить нельзя, т.к. это существенно замедлит сам процесс измерений.

В третьей главе изложен алгоритм расчёта нефтенасыщенности методом “Кросс-плот”. Алгоритм требует в качестве входных данных три аналитических параметра: C/O (по спектру ГИНР), Ca/Si (по спектру ГИРЗ или по спектру ГИНР) и пористость (в процентах). Результатом расчёта является значение нефтенасыщенности в процентах.

Метод основан на обработке кросс-плота, построенного по результатам модельных работ. Для построения кросс-плота необходимо как минимум 8 моделей, а для большей точности - 12 моделей. Под моделью понимается смесь песка, глины и спирта в точно выверенной пропорции, для которой измеряются значения параметров, участвующих в построении кросс-плота. Среди моделей выделяются 3 вида с разными значениями пористости: 15 – 18; 23 – 25 и 32 – 35 процентов. Также модели классифицируются по следующим категориям: водонасыщенный песчаник, водонасыщенный известняк, нефтенасыщенный песчаник, нефтенасыщенный известняк.

Задача нахождения индекса нефтенасыщенности λ с использованием кросс-плота решается численно. В первую очередь мы выбираем сечение кросс-плота соответствующее необходимой пористости. Для каждого значения λ с шагом $\Delta\lambda = 0.001$ вычисляем значения точек (x_L, y_L) и (x_R, y_R) . Определяем расстояние от точки (x_0, y_0) до прямой, соответствующей данному λ , и берем то значение λ , для которого это расстояние минимально.

Полученную величину λ , мы называем индексом нефтенасыщенности. В результате рассмотрения скважинных данных, полученных альтер-

нативными методами, мы сделали вывод, что эта величина и есть реальная нефтенасыщенность. Однако для данных на моделях, в которых использован спирт вместо нефти, получается, что реальная нефтенасыщенность не линейно зависит от индекса нефтенасыщенности. Поэтому в результате дополнительных вычислений была получена формула для коррекции значения λ .

$$NefaNas(x) = \begin{cases} 0.83(3) * x^2 - 0.083(3) * x, x \leq 0.4 \\ 1.35416(6) * x^2 - 0.60416(6) * x^2 + 0.125, 0.4 < x < 0.6 \\ 1.875 * x^2 - 1.125 * x + 0.25, x \geq 0.6 \end{cases}$$

Также в третьей главе описана калибровка метода кросс-плот, необходимая для приведения скважинных данных к данным на моделях, учитывающая влияние природных условий и режим работы прибора при проведении регистрации. Калибровка заключается в указании приближенных значений нефтенасыщенности на опорных пластах. Под опорными пластами понимаются водяные линзы, либо нефтесодержащие коллекторы, нефтенасыщенность которых известна.

Рассмотрение данных со скважин с помощью специальной программы, позволяющей увидеть точки в трехмерном пространстве, показало, что кросс-плот может перемещаться вдоль вертикальной оси С/О, сжиматься и растягиваться, а также поворачиваться в пространстве.

Чтобы определить величину параллельного переноса вдоль вертикальной оси С/О и коэффициента сжатия предлагается использовать калибровку по двум пластам. Исходя из введенных значений, программа вычисляет величину параллельного переноса вдоль вертикальной оси С/О и коэффициент сжатия кросс-плота. Полученные коэффициенты используются для обработки всех сделанных замеров.

Поворот кросс-плота связан с одновременным ростом карбонатности и нефтенасыщенности, в таком случае правая сторона кросс-плота резко поднимается вверх.

Фактически необходимо корректно выставить “линию воды”, или если работать в трехмерном пространстве (с учётом пористости), то “плоскость воды”. Один из вариантов решения этой задачи предложен в данной работе. Далее, имея две линии воды: новую и старую, мы можем вычислить угол между ними и учесть его в расчёте.

Четвёртая глава посвящена рассмотрению альтернативного метода расчета нефтенасыщенности “Дельта C/O”. Модифицированный метод “Дельта C/O” является одним из основных методов расчёта нефтенасыщенности используемых фирмой Halliburton для обработки данных получаемых методом импульсного нейтронного гамма-каротажа нефтяных скважин. В отличие от метода “Кросс-плот”, метод “Дельта C/O” имеет серьёзную математическую платформу и основывается на нескольких математических моделях рассматриваемых величин, в том числе “COIR”, “LIRI”, и “ΔC/O”.

Математическая модель параметра “COIR” – отношение счета в окне углерода к счету в окне кислорода по спектру ГИНР ($COIR=Rc/o$). Общий вид параметра: $COIR = \alpha_1 * \frac{Y_c}{Y_o} + \beta_1 * (1 - \Phi) + \gamma_1$, здесь $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$ – искомые коэффициенты, а отношение $\frac{Y_c}{Y_o} \approx \frac{\Phi * S_o * N_{ch} + (1 - \Phi) * N_{cca}}{\Phi * (1 - S_o) * N_{ow} + (1 - \Phi) * N_{osi}}$. Рассматриваемое выражение вычисляется для трёх физических моделей: вода ($\Phi=1, S_o=0$), водонасыщенный песчаник ($\Phi=\Phi_x, S_o=0$), нефтенасыщенный песчаник ($\Phi=\Phi_y, S_o=1$). В результате мы имеем систему из трёх уравнений с тремя неизвестными.

Математическая модель параметра “LIRI” – отношение счета в окне кальция к счету в окне кремния по спектру ГИНР ($LIRI=Rca/si$). Общий вид выражений для параметра: $LIRI = (\alpha_2 * V_{ls} + \beta_2) * (1 - \Phi) + \gamma_2$, где $\alpha_2, \beta_2, \gamma_2$ – искомые коэффициенты. Параметр LIRI также вычисляется для трёх физических моделей: вода ($\Phi=1, S_o=0, V_{ls}=0$), водонасыщенный либо нефтенасыщенный песчаник ($\Phi=\Phi_x, S_o=0/1, V_{ls}=0$), водонасыщенный либо нефтенасыщенный известняк ($\Phi=\Phi_y, S_o=0/1, V_{ls}=1$). Полученная система трёх уравнений с тремя неизвестными легко решается.

Далее в результате преобразований получаем $\Delta C/O = COIR - A * LIRI - B * \Phi - C + k$, где k – выбирается по известному водосодержащему пласту, чтобы минимизировать $\Delta C/O$ на нём. Для того чтобы упростить итоговую формулу введём обозначения:

$$A1 = \Phi * N_{ch}; \quad B1 = (1 - \Phi) * N_{cca};$$

$$C1 = \Phi * N_{ow}; \quad D1 = (1 - \Phi) * ((1 - V_{ls})N_{osi} * V_{ls} * N_{oca});$$

Формула для расчёта нефтенасыщенности выглядит так:

$$S_o = \frac{\Delta C / O * (C1 + D1) - \alpha 1 * B1}{\alpha 1 * A1 + \Delta C / O * C1}.$$

В работе также показано, как распространить идею калибровки по двум пластам на метод Дельта C/O так, приведён расчёт формулы калибровочного малого параметра k , значение которого в программе вычисляется автоматически:

$$k = \frac{S_o * (\alpha 1 * A1 + T * C1) - T * (C1 + D1)}{C1 + D1 - S_o * C1}.$$

Параметр k аналогичен параметру Δy (смещение по оси ординат C/O), который рассматривался в методе кросс-плот.

В пятой главе приведено полное описание программы расчёта аналитических параметров “Анализатор спектров”. Программа “Анализатор спектров” предназначена для обработки первичного каротажного материала, получаемого аппаратурой радиоактивного каротажа, работающей в следующих режимах:

- ГК-С – спектрометрия естественного гамма-излучения,
- ИННК-нТ – регистрация нестационарных потоков надтепловых нейтронов,
- ИНГК – регистрация нестационарных потоков гамма-излучения радиационного захвата,
- ИНГК-С – спектрометрия импульсного нейтронного гамма каротажа,
- ИНАК – регистрация гамма-квантов наведенной активности,
- КНД – регистрация вторичных надтепловых нейтронов.

На сегодняшний день “Анализатор спектров” является неотъемлемой частью аппаратно-программного комплекса по регистрации и обработке каротажных данных “МЕГА”. Программа позволяет производить следующие действия:

- загрузка и просмотр амплитудных и временных спектров,
- коррекция данных о глубине замеров по магнитным меткам,
- автоматическое вычисление чистых спектров ГИНР и ГИРЗ,
- энергетическая привязка спектров ИНГК-С и ГК-С,

- расчет аналитических параметров в спектрах ГИНР и ГИРЗ,
- обработка временных спектров ИННК-нТ и ИНГК,
- определения времени жизни тепловых нейтронов,
- реализована методика компенсации водородосодержания,
- вычисление концентраций естественных радионуклидов (U, Th, K),
- экспорт результатов обработки в формате LAS.

Программа “Анализатор спектров” является полнофункциональным 32-х разрядным приложением, работающим в операционных системах семейства Microsoft Windows.

Шестая глава посвящена программе предназначенной для расчёта коэффициента нефтенасыщенности по данным углеродно-кислородного каротажа “OilTemper”. В программе реализованы два метода расчета нефтенасыщенности. Первый метод основан на применении кросс-плот зависимости аналитических параметров C/O, Ca/Si и коэффициента пористости, полученной в результате исследований моделей различной литологии, пористости и насыщенности. Второй метод представляет собой адаптированный вариант классического метода “Дельта C/O”. Программа позволяет производить следующие действия:

- загрузка и просмотр исходных амплитудных спектров,
- обработка магнитных меток, выставление глубины,
- преобразования над кривыми (калькулятор кривых),
- калибровка расчётных методов по 12 моделям,
- расчет нефтенасыщенности методом «Кросс-плот»,
- расчет нефтенасыщенности методом «Дельта C/O»,
- экспорт результатов обработки в формате LAS.

Программа обладает развитыми средствами визуализации данных, предоставляет возможности для настройки алгоритмов расчета. В программу встроен калькулятор кривых, позволяющий производить простейшие арифметические действия над выбранной кривой: сложение/вычитание и умножение/деление. Кроме того, предусмотрен механизм сохранения текущего состояния программы с возможностью после-

дующей загрузки для просмотра и анализа. Это позволяет контролировать действия пользователя программы при проведении расчета и при необходимости вносить коррективы.

Программа “OilTemper” является 32-х разрядным приложением Microsoft Windows.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Проведены комплексные исследования, позволившие разработать и реализовать ряд новых алгоритмов и усовершенствовать имеющиеся алгоритмы обработки сигналов, возникающих при первичной обработке каротажных данных. Созданные алгоритмы предназначены для работы с данными, получаемыми в процессе импульсного нейтронного гамма-каротажа нефтяных скважин.
2. Проведены исследования, необходимые для автоматизации второго этапа анализа данных. А именно, рассмотрены и усовершенствованы два алгоритма расчета коэффициента нефтенасыщенности по данным радиоактивного каротажа основанных на методах: “Кросс-плот” и “Дельта C/O”. В частности предложены новые методы калибровки данных методов по пластам с известными характеристиками.
3. Создан программный комплекс «Анализатор спектров» (SpectrumAnalyzer), предоставляющий широкие возможности: загрузка, просмотр и обработка исходных амплитудных и временных спектров; расчет ряда аналитических параметров; вычисление концентраций естественных радионуклидов; экспорт результатов обработки в формате LAS, применяемом в геофизике.
4. Реализована программная система OilTemper, предназначенная для расчета коэффициента нефтенасыщенности пластов на основе данных, получаемых в процессе ядерного каротажа нефтяных скважин.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Винокуров А.А., Ильин И.В., Лобив И.В., Мурзин Ф.А., Половинко О.Н., Семич Д.Ф.** О некоторых задачах, связанных с автоматизацией процесса ядерного каротажа нефтяных скважин // Новые информационные технологии в науке и образовании. – Новосибирск, 2003. – С. 112 – 123.
2. **Винокуров А.А., Ильин И.В., Лобив И.В., Мурзин Ф.А., Половинко О.Н., Семич Д.Ф.** Программный комплекс, предназначенный для обработки результатов, полученных методом ядерного каротажа нефтяных скважин // Материалы конф. аспирантов и молодых ученых ИСИ СО РАН, “Новые подходы и решения”. – Новосибирск, 2003. – С. 23 – 31.
3. **Винокуров А.А., Ильин И.В., Лобив И.В., Мурзин Ф.А., Половинко О.Н., Семич Д.Ф.** Программное обеспечение для поддержки процесса ядерного каротажа нефтяных скважин // Материалы пятой междунар. конф. памяти академика А.П. Ершова, “Перспективы систем информатики”. – Новосибирск, 2003. – С. 40 – 42.
4. **Дунаев А.А., Лобив И.В., Мехонцев Д.Ю., Мурзин Ф.А., Половинко О.Н., Семич Д.Ф., Чепель А.В., Ярков К.А.** Алгоритмы быстрого поиска фрагментов фотографических изображений // Современные проблемы конструирования программ. – Новосибирск, 2002. – С. 88 – 109.
5. **Дунаев А.А., Лобив И.В., Мехонцев Д.Ю., Мурзин Ф.А., Половинко О.Н., Семич Д.Ф., Чепель А.В., Ярков К.А.** Алгоритмы быстрого поиска повернутых и масштабированных образов внутри данного изображения // Материалы междунар. конф. памяти академика А.П. Ершова “Перспективы систем информатики”. – Новосибирск, 2003. – С. 50 – 53.
6. **Винокуров А.А., Ильин И.В., Мурзин Ф.А., Семич Д.Ф.** Расчет коэффициента нефтенасыщенности по данным полученным аппаратурой ИНГК–С–95. // Научно-технический журнал “Каротажник”, Выпуск 12-13 (125-126). – Тверь, 2004. – С. 41 – 46.
7. **Винокуров А.А., Ильин И.В., Мурзин Ф.А., Семич Д.Ф.** Опыт применения аппаратуры ИНГК-С (С/О-каротажа) в ЗАО ПГО “ТЮМЕНЬПРОМГЕОФИЗИКА”, оптимизация режимов измерения

- // Материалы междунар. конф. “Портативные генераторы нейтронов и технологии на их основе”. – Москва, 2004. – С. 25 – 25.
8. **Ильин И.В., Лобив И.В., Половинко О.Н., Семич Д.Ф.** Анализ сигналов, возникающих при ядерном каротаже нефтяных скважин // Материалы междунар. конф. “Студент и научно-технический прогресс”, секция “информационные технологии”. – Новосибирск, 2004. – С. 213 – 215.
 9. **Ильин И.В., Лобив И.В., Половинко О.Н., Семич Д.Ф.** Алгоритмы и программный комплекс для обработки сигналов, возникающих при ядерном каротаже нефтяных скважин // Материалы междунар. конф. “Технологии Microsoft в информатике и программировании”. – Новосибирск, 2004. – С 103 – 105.
 10. **Ильин И.В., Семич Д.Ф.** Расчет коэффициента нефтенасыщенности по данным радиоактивного каротажа (СО-каротажа) // Материалы междунар. конф. “Технологии Microsoft в информатике и программировании”. – Новосибирск, 2005. – С. 117 – 119.
 11. **Ильин И.В., Семич Д.Ф.** Программный инструментарий для автоматизации процесса обработки данных радиоактивного каротажа // Материалы междунар. конф. “Студент и научно-технический прогресс”, секция “информационные технологии”. – Новосибирск, 2005. – С. 115 – 116.
 12. **Винокуров А.А., Ильин И.В., Мурзин Ф.А., Семич Д.Ф.** Расчет коэффициента нефтенасыщенности по результатам ядерного каротажа // Методы и инструменты конструирования и оптимизации программ. – Новосибирск, 2005. – С. 29 – 54.

Семич Д.Ф.

АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ
РАДИОАКТИВНОГО КАРОТАЖА
НЕФТЯННЫХ СКВАЖИН

Автореферат

Подписано в печать

Объем 1,1 уч.-изд. л.

Формат бумаги 60 × 90 1/16

Тираж 100 экз.

Отпечатано в ЗАО РИЦ «Прайс-курьер»

630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 6, тел. 334-22-02

Заказ №135