На правах рукописи

МАГДЕЕВ МАРАТ ШАМИЛЕВИЧ

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ГИС ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ОБВОДНЕНИЯ МНОГОПЛАСТОВОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ПОЗДНЕЙ СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Специальность 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва – 2011

Работа выполнена в Российском государственном геологоразведочном университете имени Серго Орджоникидзе (РГГРУ).

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Афанасьев Виталий Сергеевич

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук

Золоева Галина Михайловна

кандидат технических наук

Калмыков Георгий Александрович

Ведущая организация:

ТатНИПИнефть ОАО «Татнефть»

(г. Бугульма)

Защита диссертации состоится 15 октября 2011 г. в $15^{\underline{00}}$ в ауд. 6-38 на заседании диссертационного совета Д 212.121.07 при Российском государственном геологоразведочном университете имени Серго Орджоникидзе.

Адрес: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23, РГГРУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного геологоразведочного университета.

Автореферат разослан 15 сентября 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Каринский А.Д.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современный этап развития нефтегазодобывающей отрасли России характеризуется вступлением наиболее крупных месторождений углеводородов в позднюю и завершающую стадию разработки. Характерными особенностями поздней стадии разработки являются снижение темпов отбора нефти при высокой обводненности добываемой продукции, ухудшение структуры запасов и, как следствие, низкий коэффициент нефтеизвлечения (КИН).

С целью стабилизации и наращивания добычи нефти постоянно ведутся работы по приросту запасов. Современное состояние разработки нефтяных месторождений характеризуется неравномерным по толщине и простиранию заводнением нефтяных пластов. В результате длительной разработки нефтяных залежей обводнение продукции происходит за счет:

1. Затрубной циркуляции пластовой воды в интервалах негерметичности заколонного пространства;
2. Затрубной циркуляции жидкости в интервале объекта разработки;
3. Подтягивания подошвенной воды при эксплуатации пластов с близким расположением ВНК;
4. Подхода фронта пластовой или закачиваемой воды непосредственно по вскрытому пласту.

Повышение эффективности разработки нефтяного месторождения с обводнением продукции ставит задачу разработки информационного обеспечения, в основе которого лежит выявление причин обводнения, выделение интервалов обводнения. Решение этой задачи возможно по данным геофизических исследований эксплуатационных и нагнетательных скважин с применением специальных технологий проведения геофизических работ и интерпретации получаемых данных. Научной основой таких технологий является исследование закономерностей динамического изменения физических свойств пород, возникающих за счет техногенного воздействия протекающих в

прискважинной части продуктивных пластов флюидов с изменяющимися свойствами по сравнению со свойствами первичных пластовых флюидов, которыми были насыщены пласты до начала разработки.

Исследованиями, выполненными В.И. Дворкиным, С.М. Дудаевым, В.Л. Комаровым, Ю.В. Коноплевым, В.А. Кошляком, Г.С. Кузнецовым, Е.Ф.Кутыревым, С.И. Лежанкиным, Е.И. Леонтьевым, О.В. Магдеевой, Р.Х. Муслимовым, Р.С. Хисамовым, М.Х. Хуснуллиным и др., установлено, что наиболее значимыми техногенными изменениями характеризуется поле естественной радиоактивности в зоне движения пластовых и нагнетаемых вод, а также нефти, несущими изотопы радиоактивных элементов. Это связано с различными физико-химическими процессами, которые протекают в массиве пород. Впервые радиогеохимический эффект был обнаружен М.Х. Хуснуллиным в 1964 г. [87]. К настоящему времени многие факторы исследованы разными специалистами, разработаны методы интерпретации данных ГК.

Вместе с тем многие вопросы применения методов ГИС в комплексе с методом гамма-каротажа при выявлении причин обводнения продуктивных пластов не решены. На основе анализа опубликованных к настоящему времени данных автор диссертации пришел к выводу, что в настоящее время отсутствует системное исследование физико-химических факторов, определяющих закономерности динамического изменения свойств продуктивных пластов в процессе их длительной эксплуатации и не разработаны технологии достоверного выявления причин обводнения продуктивных пластов и отражение изменяющихся динамически физических свойств пород в физических полях методов ГИС. В частности а) не установлены в необходимом объеме причины образования аномалий естественной гамма-активности прискважинных зон работающих пластов, например, в одних случаях при прочих равных условиях такие аномалии образуются, а в других нет; б) не создана комплексная технология проведения

ГИС и интерпретации полученных данных при выявлении причин обводнения и при выделении интервалов продуктивных пластов; в) отсутствуют корректные алгоритмы математической обработки данных ГИС. Решение этих вопросов имеет научное и практическое значение и является предметом настоящей диссертации.

Объектом исследования было уникальное по запасам нефти Ромашкинское месторождение, которое находится на поздней стадии разработки и на котором проблема выявления причин неравномерного по площади и разрезу обводнения продукции имеет особое значение. Это месторождение является многопластовым и находится на поздней стадии эксплуатации. Основной продуктивный горизонт $Д_1$ практически выработан. С целью стабилизации и прироста добычи нефти были включены в разработку вышезалегающие продуктивные пласты кизеловского (карбонатные отложения) и бобриковского (терригенные отложения) горизонтов залежей № 242, 246, 247, 9.

На сегодняшний день добываемая продукция данных залежей характеризуется высокой обводненностью. В связи с этим была поставлена задача выявления источников обводнения и геолого-геофизический контроль за выполненными водоизолирующими мероприятиями.

Существующие комплексы методов промысловой геофизики Т, ГК, ЛМ, ШМ, С/О имеют определенные ограничения, что не всегда дают возможность определения однозначной картины затрубного движения жидкости. Возникновение радиогеохимического эффекта (РГХЭ) при движении жидкости в заколонном пространстве является фактором определения интервалов затрубной циркуляции. Установлено, что на поздней стадии разработки нефтяных месторождений возникновение РГХЭ происходит повсеместно. Использование современных технологий обработки разновременных кривых естественной радиоактивности, по мнению автора диссертации, позволяет расширить возможности промыслово-геофизического комплекса методов с целью определения источников обводнения.

Изложенное показывает, что Ромашкинское месторождение по существу является полигоном, на котором можно обосновать эффективные методы геофизических исследований в процессе контроля разработки, которые решают поставленную задачу, являющуюся предметом диссертации.

Цель диссертационной работы

Повышение достоверности выявления обводненности продуктивных пластов в сложно построенных терригенно-карбонатных отложениях на основе углубленной интерпретации комплекса данных ГИС на примере залежей №9, 242, 256, 247 Ромашкинского месторождения.

Основные задачи исследований

1. Обзор опубликованных работ в области изучения формирования радиогеохимических аномалий и анализ литературных источников по методам увеличения нефтеотдачи (МУН).

2. Изучение особенностей геологического строения терригенных отложений бобриковского горизонта залежи № 9 и карбонатных отложений кизеловского горизонта залежей № 242, 246, 247.

3. Анализ на основе накопленных фактических промысловых данных поинтервального обводнения продуктивных пластов и определение источников поступления воды в скважинах изучаемых объектов.

4. Анализ на основе накопленных фактических промысловых данных эффективности применения МУН с целью увеличения нефтеотдачи и ограничения водопритока в разрабатываемые пласты.

5. Разработка технологии создания информационного обеспечения решения задачи определения источников обводнения на основе выполнения геофизических работ, направленных на проведение геолого-геофизического контроля нефтеизвлечения из пластов с использованием методологии интерпретации обнаруживаемого радиогеохимического эффекта в продуктивных пластах.

6. Совершенствование алгоритма обработки разновременных показаний ГК с целью определения и интерпретации радиогеохимического эффекта в продуктивных пластах

Методы решения поставленных задач

Для решения поставленных задач проводилась автоматизированная интерпретация материалов стандартного комплекса ГИС открытого ствола скважин в системе Gintel. Выполнялись дополнительные измерения гамма-каротажа и обработка кривых ГК в модифицированном модуле в добывающих и нагнетательных скважинах, проводился комплексный анализ и обобщение геолого-геофизических и промысловых данных эффективности применения МУН.

Научная новизна работы

1. Выполнено системное исследование факторов, определяющих формирование аномалий естественной радиоактивности интервалов в пределах продуктивных пластов в процессе движения через них минерализованной воды (пластовой, закачиваемой) и нефти, несущих в себе растворимые и нерастворимые соли радиоактивных элементов. Исследованы причины накопления радиоактивных элементов в пластовых и нагнетаемых водах в нефти.

2. Разработана технология создания информационного обеспечения решения задачи определения источников обводнения продуктивных пластов на основе выполнения разновременных геофизических работ методом ГК и выявления по этим данным радиогеохимического эффекта.

3. Выполнена адаптация алгоритма обработки разновременных кривых ГК к карбонатно-терригенному разрезу с целью выявления источников обводнения продуктивных пластов.

4. Разработана комплексная технология геолого-геофизического контроля эффективности выполненных методов увеличения нефтеотдачи с помощью радиогеохимического эффекта.

Основные защищаемые положения

1. Обводнение продуктивного пласта за счет движения по нему пластовых и нагнетаемых вод, а также нефти в процессе добычи приводит к физико-химическим процессам динамического изменения физических свойств пород, слагающих продуктивный пласт в целом или отдельных интервалов внутри него и отражается в физических полях методов ГИС. Наиболее значимым изменениям подвергается поле естественного гамма-излучения вследствие возникающих различных по природе радиохимических эффектов. Обнаружение и исследование последних является основой выявления источников обводнения продуктивных пластов.

2. Разработанная автором технология, основанная на выполнении в скважинах разновременных измерений аномалий естественного гамма-излучения методом ГК и интерпретации получаемых данных по усовершенствованным алгоритмам, обеспечивает создание информационного обеспечения для решения задач определения источников обводнения продуктивных пластов и оптимизации процессов извлечения нефти из скважин.

3. Реализованный в системе Gintel комплекс программ, выполняющий сбор и обработку данных разновременного ГК по созданным автором алгоритмам, является инженерным инструментом и обеспечивает промышленное применение разработанной автором технологии при решении задач контроля и оптимизации разработки залежей нефти на поздней стадии эксплуатации.

Практическая ценность и реализация результатов работы

Выполненные автором диссертации системные исследования факторов, определяющих формирование аномалий естественной радиоактивности интервалов в пределах продуктивных пластов в процессе их эксплуатации явились основой разработанной автором технологии создания информационного обеспечения решения задачи определения источников обводнения и геолого-геофизического контроля нефтеизвлечения из пластов.

Полученные автором диссертации результаты используются в производственной деятельности специалистов на объектах ОАО «Татнефть». Применение разработанного комплекса возможно и на других нефтяных месторождениях с длительным сроком эксплуатации, а также на месторождениях углеводородов, находящихся на более ранних стадиях.

Апробация работы

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на 62-ой студенческой научной конференции «Нефть и газ -2008» (Москва, 2008), на IX Международной конференции «Новые идеи в науках о земле» (Москва, 2009), на конференции молодых специалистов в РГУ «Геоперспектива-2010» (Москва, 2010).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 8 работ, в том числе 2 работы в изданиях, рекомендованных ВАК. В работах, опубликованных в соавторстве, соискателю принадлежат постановка задач, анализ, обработка и обобщение результатов исследований.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения. Общий объем работы 114 страниц, в том числе 9 таблиц, 25 рисунков. Список использованных источников включает 93 наименования.

Автор выражает свою благодарность научному руководителю, доктору технических наук, профессору В.С. Афанасьеву, а также признательность за консультации многим специалистам ООО «ТНГ-ЛенГИС», ООО «ТНГ-Групп» и ТатНИПИнефть ОАО «Татнефть».

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы, поставлены цель и задачи исследований, сформулированы научная новизна и защищаемые положения, показана практическая значимость работы.

В первой главе автором диссертации проведен обзор литературы, посвященной исследованиям радиогеохимического эффекта и методов увеличения нефтеотдачи (МУН) пластов. Вопросами изучения радиогеохимического эффекта занимались М.Х. Хуснуллин, В.Л. Комаров, В.А. Кошляк, С.И. Лежанкин, Ю.В. Коноплев, Г.С. Кузнецов, Е.И. Леонтьев, В.И. Дворкин, Е.Ф.Кутырев, С.М.Дудаев, О.В.Магдеева и другие.

Основоположником применения РГХЭ с целью выявления обводнения продуктивных пластов на Ромашкинском месторождении нефти является М.Х. Хуснуллин, в работах которого отмечается, что «движение радиоактивной оторочки по водоносному пласту вызывает изменение концентрации естественных радиоэлементов в пласте: с одной стороны, повышается концентрация радиоэлементов в пластовых водах, с другой – эти элементы адсорбируются на поверхности цементного кольца скважины. В результате участки водоносных пластов, в которых идет замещение пластовых вод водами нефтеносных пластов, отмечаются аномальным повышением естественной радиоактивности».

Изучением радиогеохимических аномалий на месторождениях Западной Сибири занимался Е.Ф.Кутырев. Основной вклад в растворение компонентов горных пород он связывает с разгазированной пластовой водой. Разгазирование обуславливается переходом собственного растворенного газа, включая углекислый, в сорбированное в воде состояние. Экстракция газообразных УВ и CO_2, выделяющихся из нефти при разгрузке пластовых флюидов, спровоцированных снижением давления в пласте также ведет к адсорбции радиоактивных элементов. В числе наиболее вероятных причин, инициирующих осаждение солей в реальных условиях пласта, может быть изменение термобарических параметров пластовой системы, растворение горных пород и газов и т.д.

Исследования С.М. Дудаева на месторождении Узень показали, что особенности и характер аномального проявления РГХЭ в эксплуатационных

скважинах данного месторождения удовлетворительно согласуются с существующими представлениями о природе этого явления.

Весомый вклад в изучение радиогеохимического эффекта внесла О.В.Магдеева. Ею был создан автоматизированный алгоритм обработки кривых ГК, позволяющий выявлять радиогеохимические аномалии на уровне помех. Разработанный алгоритм был применен для определения обводненных пластов (прослоев) в терригенном разрезе девона $Д_I$ Абдрахмановской площади Ромашкинского месторождения нефти и газа.

В осуществлении задачи поддержания уровней или увеличения добычи нефти важная роль принадлежит применению МУН и интенсификации разработки нефтяных месторождений. Для различных геолого-физических условий и стадий разработки месторождений и залежей однозначно доказана целесообразность применения гидродинамических, физико-химических, микробиологических и волновых МУН.

Объемный анализ технологической эффективности и экономической оценки выбранных объектов и методов увеличения нефтеотдачи пластов приведены в работах Р.Г.Галеева, Ш.Ф. Тахаутдинова, Р.С. Хисамова, Э.И. Сулейманова, Р.Х. Муслимова, Р.Х. Ибатуллина.

Разработкой технологий методов увеличения нефтеотдачи пластов занимались и занимаются специалисты КГУ, ТатНИПИнефть ОАО «Татнефть», ЗАО «Татольпетро», АОЗТ «Татнефтеотдача» И.Г. Юсупов, Б.Е. Доброскок, Н.Н. Кубарева, С.Ю. Ненароков, А.И. Липерт, Е.Д. Подымов, Р.Х. Мусабиров и другие.

В этой же главе рассмотрены особенности геологического строения Ромашкинского месторождения нефти и газа, в том числе залежей № 9, 242, 246, 247. Ромашкинское месторождение нефти находится на поздней стадии разработки и из основного продуктивного горизонта $Д_I$ добыто более 85% начальных извлекаемых запасов углеводородов. В связи с этим на современном этапе становится актуальным разработка вышележащих нефтеносного

карбонатного кизеловского горизонта турнейского яруса и терригенного бобриковского горизонта.

Залежь № 9 представляет собой эксплуатационный объект, разрабатываемый самостоятельной сеткой скважин с частичным использованием возвратного девонского фонда скважин. Максимальный уровень добычи нефти в 612 тыс.тонн был достигнут в 1986 году. В настоящее время залежь № 9 находится на поздней стадии разработки. Закачка воды ведется с 1981 года. По геолого-промысловым данным все скважины залежи дают обводненную продукцию.

Характерным отличием пластов-коллекторов бобриковского горизонта является их прерывистость и зональная неоднородность по площади простирания. В результате залежь № 9 в целом разбита на отдельные более мелкие залежи (блоки), размеры которых изменяются от 0,5х0,4 км до 17х4 км.

Нефтеносность карбонатных пород турнейского яруса контролируется двумя основными факторами: литолого-стратиграфическим содержанием в разрезе пластов-коллекторов, плотных пород и перекрывающих их пород-флюидоупоров и тектоническим развитием ловушек антиклинального типа.

Отложения турнейского яруса являются регионально нефтеносными, что обусловлено наличием среди них известняков органогенной природы и перекрывающих их выдержанных по латерали флюидоупоров, представленных терригенными существенно глинистыми породами, залегающими в основании визейского яруса. Отличительной особенностью разработки данных залежей является работа скважин в естественном режиме.

Значительный научный и практический интерес представляют дальнейшие исследования по уточнению геологического строения представленных залежей и геолого-геофизический контроль эффективности, выполненных геолого-технологических мероприятий.

Во второй главе рассматриваются:

1.Типовые комплексы промыслово-геофизических методов исследования скважин с целью выявления источников обводнения продуктивных пластов.

2.Основы возникновения РГХЭ в процессе обводнения скважин.

3.Теоретические основы гамма-спектрометрии.

4.Методы увеличения нефтеотдачи и водоизоляции продуктивных пластов.

Современное состояние разработки нефтяных месторождений характеризуется неравномерным, по толщине и простиранию, заводнением нефтяных пластов. В результате длительной разработки нефтяных залежей обводнение продукции происходит за счет затрубной циркуляции пластовой воды в интервалах негерметичности заколонного пространства, затрубной циркуляции жидкости в интервале объекта разработки, подтягивание подошвенной воды при эксплуатации пластов с близким расположением ВНК и подход фронта пластовой или закачиваемой воды непосредственно по вскрытому пласту.

Проведенный автором диссертации анализ работы скважин залежи № 9 показал, что одной из причин заметного падения добычи нефти и высокой обводненности скважинной продукции на поздней стадии разработки является затрубная циркуляция жидкости между выше- и нижележащими пластами коллекторами.

Перед промыслово-геофизическими исследованиями ставится задача установить место поступления «чужой» жидкости в скважину (место притока) и местоположение пласта-источника перетока (отдающего пласта). В нагнетательных скважинах решается аналогичная задача: устанавливается, действительно ли вода закачивается в тот пласт, в который это предусматривалось. Таким образом, возникает необходимость определить местоположение поглощающих пластов за пределами интервала перфорации пласта, в который производится закачка.

Определение затрубной циркуляции проводится стандартным комплексом ГИС, включающий методы термометрии, гамма-каротажа, локатора муфт, шумометрии и С/О каротажа. Вместе с тем, данный комплекс методов имеет определенные ограничения (повышенная инерционность термометрических датчиков и трудно контролируемое ее изменение под влиянием многофазности потоков, эмульсий; невозможность локализации формы и размеров дефектов колонн и перфорационных отверстий и т.д.), что не всегда дает возможность определения однозначной картины затрубного движения жидкости. Возникновение радиогеохимического эффекта (РГХЭ) при движении жидкости в заколонном пространстве является дополнительным фактором определения интервалов затрубной циркуляции.

Физико-химические основы возникновения РГХЭ заключаются в том, что в процессе вытеснения нефти водой в передней части фронта повышается концентрация и изменяется изотопный состав естественных радиоактивных элементов (от изотопов радия до стабильных изотопов свинца).

Подход радиоактивной оторочки пластовых вод к забоям нефтяных скважин и необратимая адсорбция радиевых солей на цементном кольце скважин сопровождается повышением естественной радиоактивности заводненных пластов.

При внутриконтурном заводнении нефтяной залежи существует возможность перетока нагнетаемой воды за пределы нефтяной залежи. Дело в том, что нефтяная залежь всегда имеет гидродинамическую связь с нижележащими водоносными горизонтами. Такая связь возникает за счет выклинивания глинистых прослоев и слияния нефтеносного пласта с нижележащими водоносными пластами. Каналами связи являются также затрубные сообщения между нефтеносными и водоносными пластами в нагнетательных и эксплуатационных скважинах, возникающие в результате некачественного цементирования скважин.

Наличие затрубной циркуляции в скважине определяется и по геолого-промысловым исследованиям: динамика обводнения продукции во времени, динамика обводнения при изменении режима работы скважины, анализ химического состава воды. Признаками поступления воды в скважину в результате затрубной циркуляции или негерметичности колонны являются: быстрый рост обводненности продукции, изменение степени обводненности продукции при разных репрессих на пласт, солевой состав воды в продукции, отличающийся от солевого состава закачиваемой воды.

В этой же главе рассматриваются основы методов увеличения нефтеотдачи. Наличие большого высокообводненного фонда скважин, на изучаемых автором диссертации объектах, ведет к необходимости применения различных методов увеличения нефтеотдачи. Актуальным направлением повышения объема извлекаемых запасов нефти является применение методов воздействия на пласт с целью увеличения добычи нефти и уменьшения добычи попутной воды. Из существующих методов увеличения нефтеотдачи рассмотрены технологии, связанные с химическим воздействием на пласт-полимердисперсные системы. По проведенным исследованиям на залежи № 9 в период 2002-2005 гг. с целью увеличения нефтедобычи и уменьшения водопритока в скважины активно использовалась закачка нефелина, в состав которого входит сиенит, соляная кислота HCI и пресная вода. Всего было обработано 40 скважин. По результатам технологической эффективности, проведенных мероприятий, средний прирост добычи нефти составил 1,35 т/сут.

В третьей главе рассматриваются вопросы геолого-геофизического контроля за разработкой многопластового нефтяного месторождения на поздней стадии эксплуатации.

На основании методического руководства по проведению и обработке данных повторного радиоактивного каротажа (ПРК) нефтяных и газовых скважин (ВНИИЯГГ, 1982 г.), в автоматизированной системе Gintel в процессоре ГИС был создан алгоритм, позволяющий обрабатывать

разновременные кривые ГК, измеренных в терригенном разрезе девона для определения обводненных пластов.

Автором диссертации данный алгоритм был модифицирован и применен в терригенно-карбонатных отложениях бобриковского и кизеловского горизонтов для выявления источников обводнения продуктивных пластов.

Повторный радиоактивный каротаж (ПРК) является одним из наиболее эффективных и универсальных методических приемов при проведении специальных геофизических исследований скважин на всех этапах геологоразведочных работ и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений. Он может применяться в сочетании с любыми методами радиоактивного каротажа, но наиболее эффективен в варианте с методами, предназначенными для изучения свойств флюида в пласте. Весьма перспективно использование ПРК также и для решения технических задач, в частности связанных с контролем состояния элементов конструкции скважины и технологического оборудования в процессе эксплуатации.

Преимуществом ПРК по сравнению с методами однократных исследований является высокая помехоустойчивость его результатов к вариациям геологических и скважинных условий измерений и как следствие возможность выявления слабых эффектов. В связи с этим задачу ПРК целесообразно сформулировать прежде всего как задачу выявления слабых аномалий на уровне помех, обусловленных преимущественно натуральными флюктуациями и аппаратурными погрешностями. Для решения этой задачи наиболее эффективно использовать сочетание специальных методических приемов измерений в скважине и способов обработки их результатов. При таком подходе существенно улучшается отношение «сигнал/помеха» и, следовательно, увеличивается информативность ПРК, что способствует расширению области его применения и повышению точности и достоверности интерпретации получаемых данных.

Применение ГК по методике ПРК основано на измерении содержания гамма-излучающих радиоактивных элементов в породе. Содержание этих элементов в объекте исследования может изменяться под действием физико-химических процессов, обусловленных вытеснением нефти и газа пластовой и закачиваемой водой (радиогеохимический эффект).

Для решения задач ПРК в алгоритме используется корреляционной способ обработки, когда величина ожидаемой аномалии превышает удвоенную погрешность измерений. При выделении аномалий, соизмеримых с уровнем помех, используются способы статистического накопления аномального эффекта. Автоматизированный вариант обработки разновременных кривых ГК реализован в процессоре ГИС системы Gintel и состоит из последовательных этапов, включающих:

1. Расчет коэффициентов a и b по данным опорной выборки y=ax+b.

2. Преобразование двух разновременных кривых ГК в одну систему измерений.

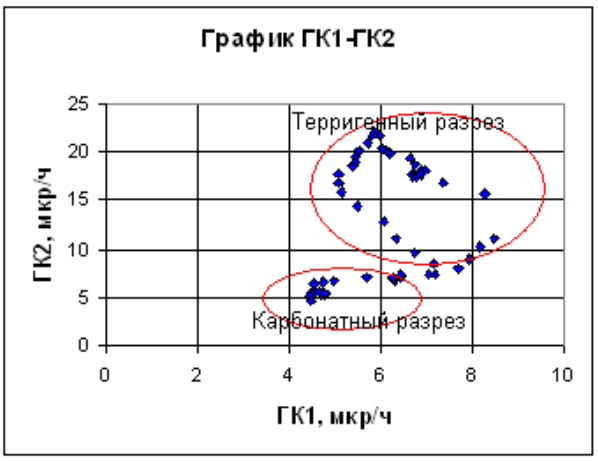
3. Введение критерия определения коллектор – неколлектор и формирование выхода данных на планшет.

В алгоритме заложены наибольшие допустимые значения среднеквадратичного отклонения $\sigma_{ст.д}$ от статических флюктуаций и снижения коэффициента b, обусловленного влиянием интегрирующей ячейки, равные 7%.

Особенностью карбонатного разреза является низкий фон естественной радиоактивности на уровне 1,5-2,0 мкр/ч. Проведенный анализ сравнения ГК в карбонатном разрезе показал, что ΔГК находится в диапазоне 0,1-5,0 мкр/ч. Это в несколько раз меньше, чем приращения ГК в терригенном разрезе, которые могут составлять 20 мкр/ч и более (рис.1 а, б).

Возможность выявления радиоактивных аномалий на уровне помех в разработанном алгоритме позволяет проводить сравнение кривых ГК в карбонатных отложениях кизеловского горизонта.

а)



б)

Рис.1 а, б. Сравнение ГК в терригенном и карбонатном разрезах. ГК1-исходная кривая, измеренная в открытом стволе скважины; ГК2- кривая, измеренная в колонне; ΔГК-приращение.

С целью геолого-геофизического контроля в скважинах, соискателем проведены работы по сравнению разновременных кривых ГК в 280 скважинах.

Для определения обводненных пластов и затрубной циркуляции проводилось сравнение исходной кривой ГК, измеренной в открытом стволе скважины, с последующими кривыми ГК, измеренными в колоне. Для контроля эффективности применяемых МУН в данном алгоритме проводилось сравнение разновременных кривых ГК, до и после применения водоизолирующих агентов.

На примере скважины 1 показаны результаты использования предлагаемого алгоритма выявления источников обводнения продуктивных пластов и определения эффективности выполненных МУН с помощью РГХЭ.

По результатам проведенных промыслово-геофизических исследований (рис.2) был определен интервал затрубного движения жидкости (1264,0-1284,0 м) между пластами бобриковского и кизеловского горизонтов.

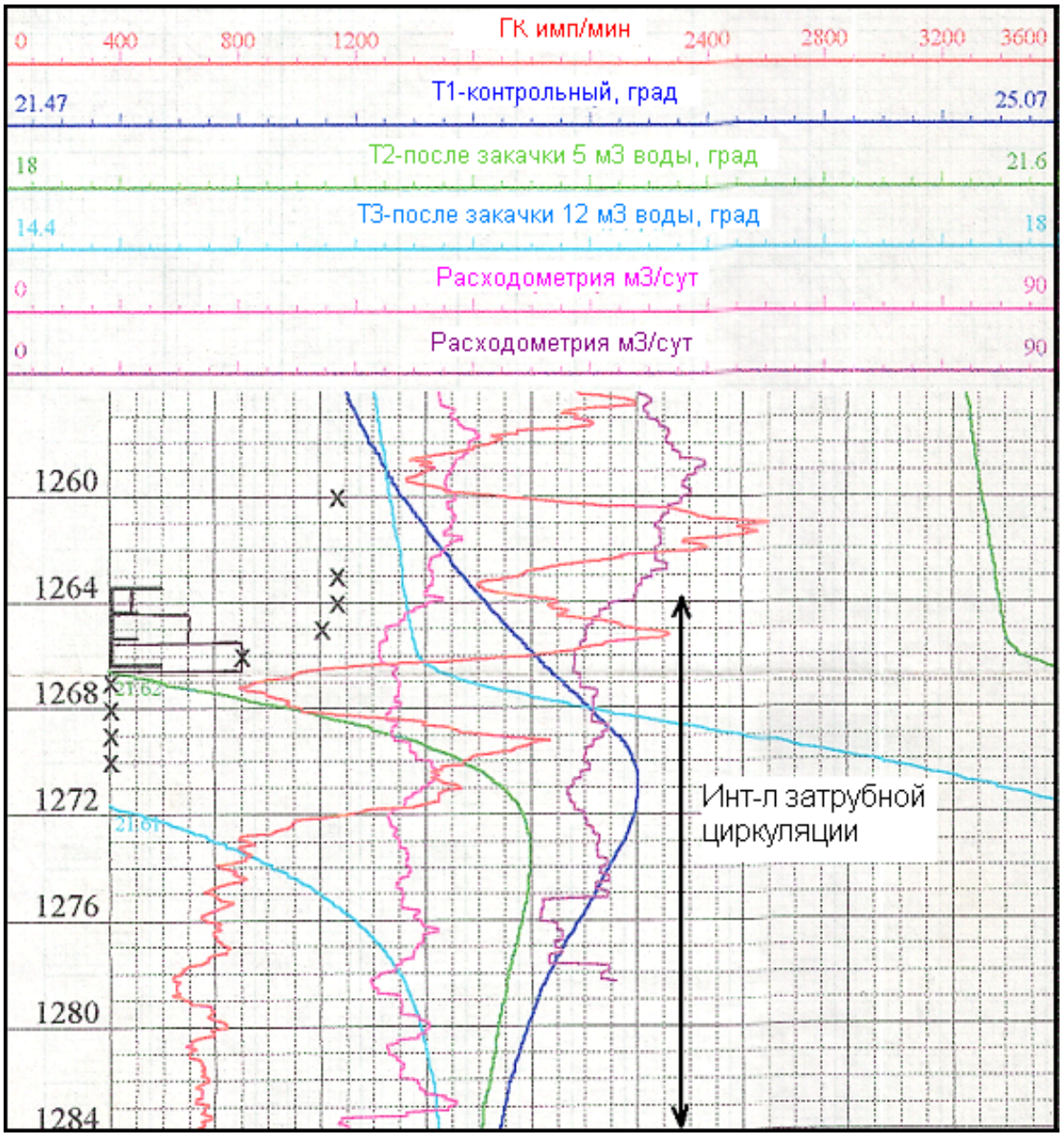


Рис.2. Выявление затрубной циркуляции комплексом ГИС

Сравнение кривых естественной радиоактивности ГК, измеренных в открытом стволе в 08.1993 г. и в эксплуатационной колонне 04.2003 г., позволило уточнить выявленные интервалы (1264,0-1275,0) поступления воды в продуктивные пласты бобриковского горизонта C_1bb_{2+1} из водонасыщенного пласта кизеловского горизонта (рис.3.I).

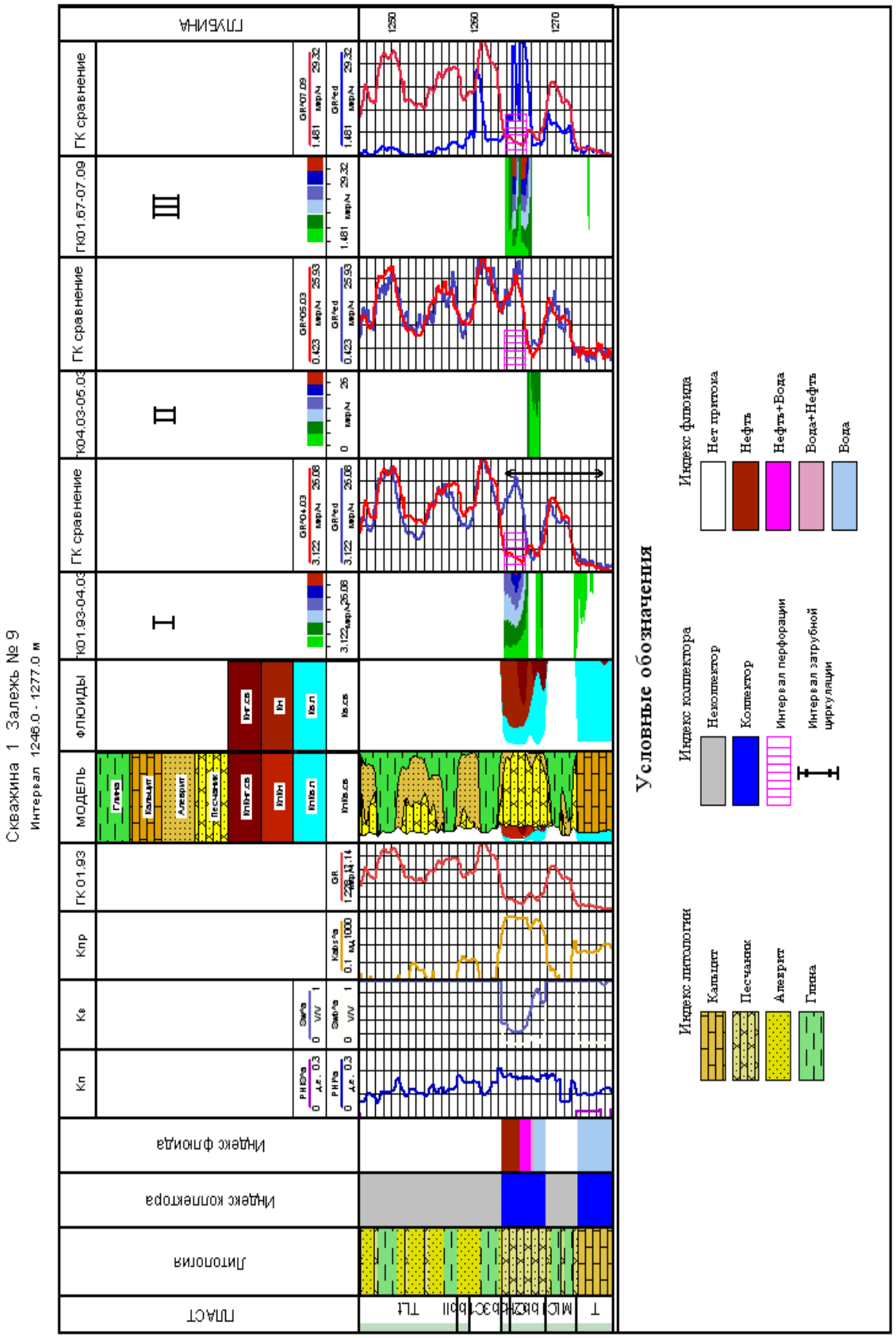


Рис.3. Планшет сравнения кривых ГК в скважине 1

С целью контроля эффективности проведенных изоляционных работ были проведены измерения ГК 05.2003 г. Сравнение ГК, до закачки полимера и после, показало, что изоляция прошла достаточно успешно: интервал интенсивного движения жидкости был перекрыт (1264,0 – 1275,0 м), но в результате перераспределения давления в интервале 1266,8 -1268,3 м, характеризующимся как прослой с ухудшенными коллекторскими свойствами (Кп=16% и Кпр=0,177 мкм^2), началось движение жидкости (рис.3.II). Это подтверждается данными геолого-промысловых исследований: Qж=8,4 т/с, Qн=6,8 т/с, обводненость = 18,4% при плотности воды равной 1140 кг/м^3.

Сравнение кривых ГК, исходной и 07.2009 г., выявило наличие обводненности продуктивного пласта (рис.3.III). Это подтверждается фактическими данными отобранных проб жидкости-98,5 % воды.

В диссертационной работе автор рассмотрел вопросы, связанные с геолого-геофизическим контролем эксплуатации многопластового нефтяного месторождения, находящегося на поздней стадии разработки. Вместе с тем, рассматриваемые проблемы обводнения продуктивных пластов, актуальны и для месторождений, находящихся на начальных стадиях разработки. Резкий рост обводненности добываемой продукции на этих месторождениях вызывает необходимость определения источников обводнения и принятия мер для их ликвидации, не дожидаясь необратимых процессов, происходящих в продуктивных пластах и ведущих к потерям нефти.

Анализ работы скважин З*** месторождения, находящегося на 2 стадии разработки, показал универсальность разработанной методологии ГК и актуальность ее применения.

В настоящее время в скважинах этого месторождения, работающих на бобриковский горизонт, происходит резкое обводнение добываемой продукции. Так скважина № 6 в 2009 году давала 17,5 тонн нефти в сутки с 15,7% обводненности, а в январе 2011 года дебит нефти составил 11 т/сут при коэффициенте обводненности равным 53%. По данным промыслово-

геофизических исследований, выполненных в скважине 08.2010 года, неравномерный приток жидкости (нефть+вода) происходит из интервала 1340,0-1352,0 м (рис.4).

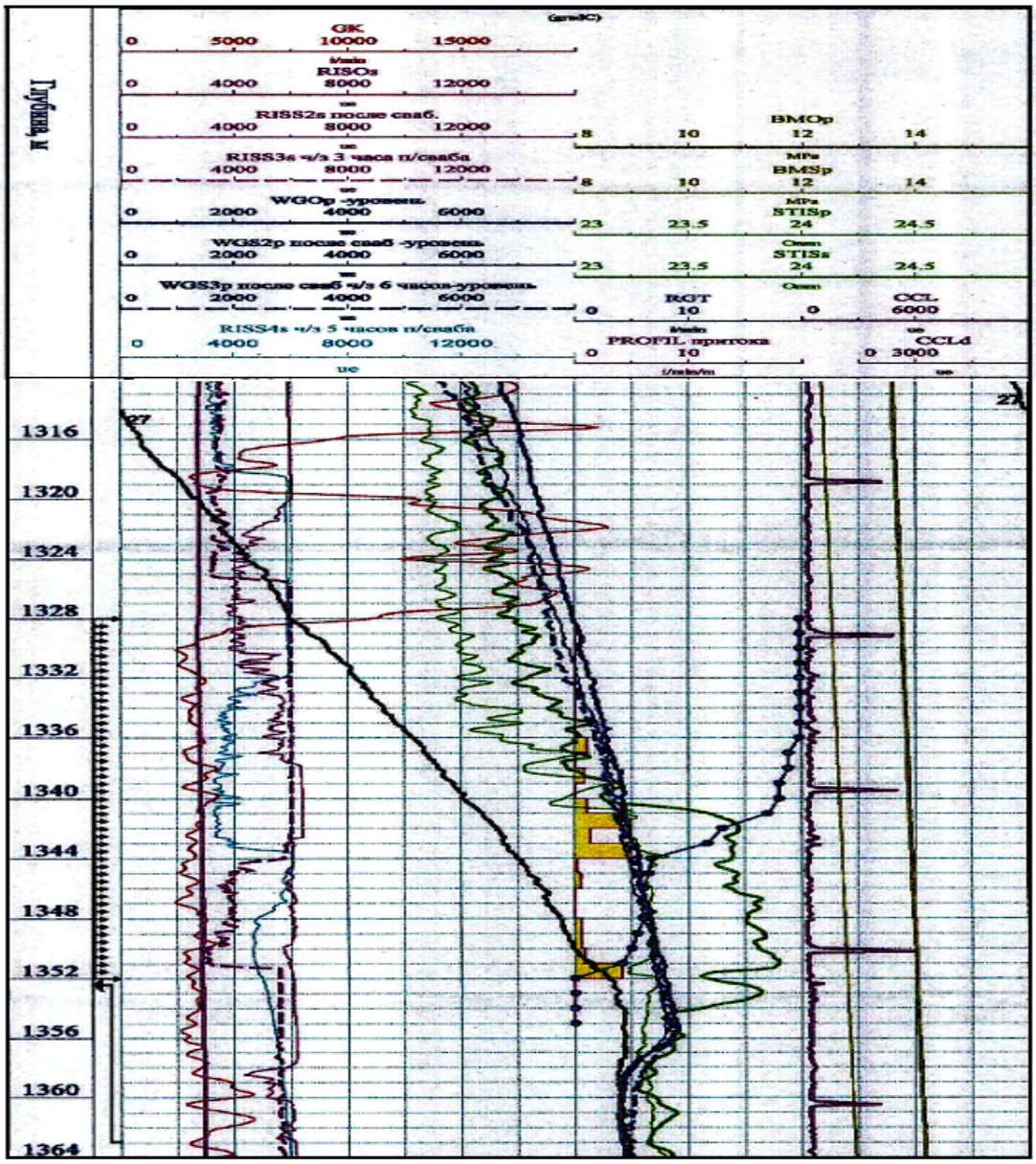


Рис. 4. Планшет промыслово-геофизических исследований в скважине 4

Анализ кривых ГК за период 2004-2010 гг. позволил уточнить поинтервальные поступления воды в пласт (1331,8-1332,5 м; 1336,5-1336,9 м; 1338,5-1339,0 м; 1339,5-1340,2 м; 1341,7-1342,3 м; 1347,8-1348,4 м; 1351,9-1352,3 м; 1356,0-1357,0 м; 1361,8-1363,0 м 1363,9-1364,3 м), связанные с лучшими коллекторскими свойствами песчаных прослоев и, по данным ЯМК, характеризующихся как пропластки с повышенным индексом свободного

флюида (ИСФ) (рис.5). Полученные результаты подтверждают выводы автора диссертации о возможности использования радиогеохимических аномалий для прогнозирования поинтервального движения жидкости в продуктивных пластах, начиная с начальных этапов разработки нефтяных месторождений.

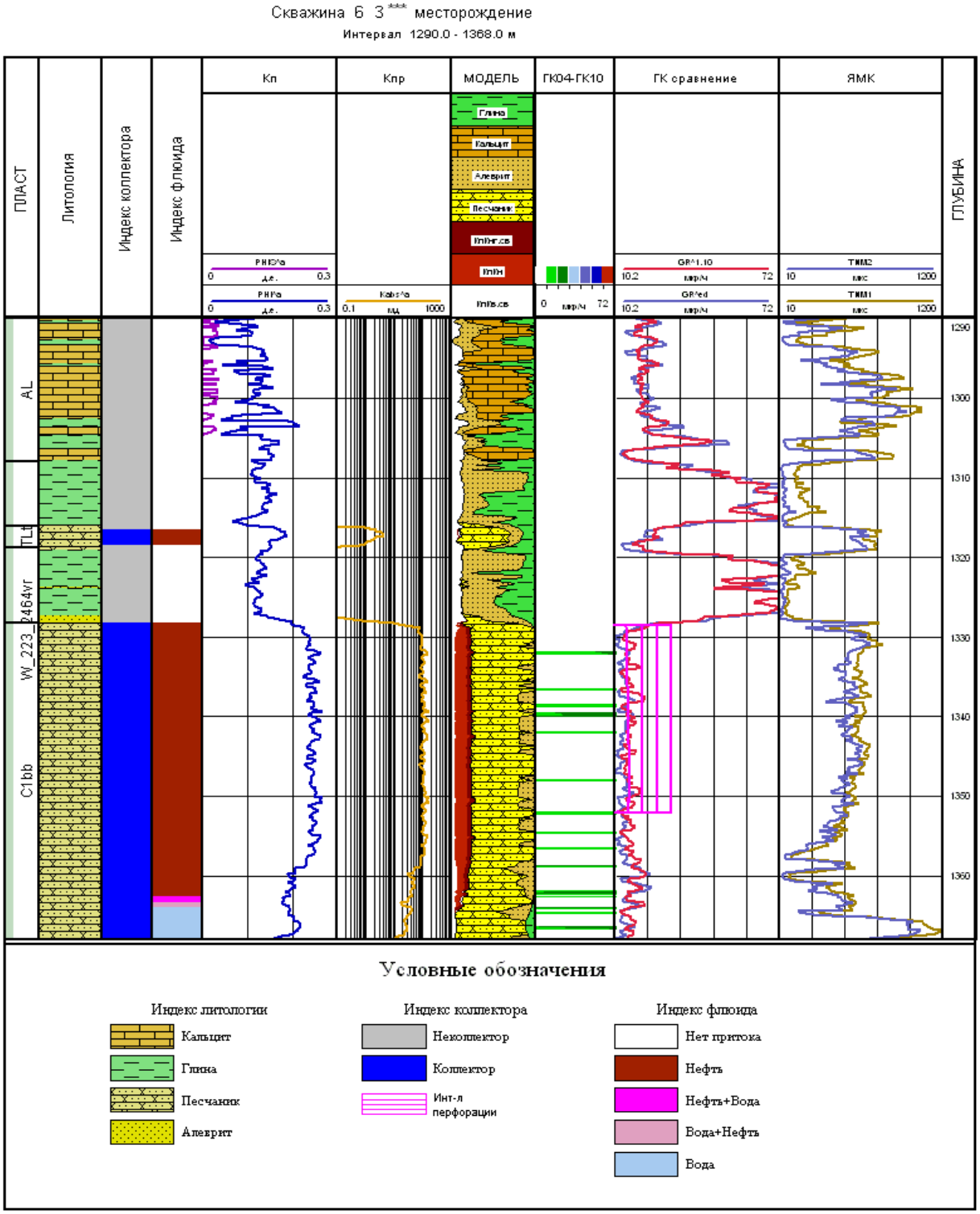


Рис.5. Планшет сравнения кривых ГК в скважине 6

Основные выводы и рекомендации

Автором диссертационной работы проведены исследования, направленные на изучение процессов, происходящих в совместно разрабатываемых нефтяных объектах на поздней стадии разработки многопластового нефтяного месторождения и выявления факторов обводнения. Разработана технология выявления источников обводнения пластов. С целью решения поставленных задач был модифицирован существующий алгоритм обработки разновременных кривых ГК в карбонатно-терригенном разрезе для выявления источников обводнения продуктивных пластов и разработана методология геолого-геофизического контроля за эффективностью выполненных методов увеличения нефтеотдачи.

Основные выводы и результаты проведенных исследований заключается в следующем:

1. Показано, что изучаемые объекты залежей № 9, 242, 246, 247 находятся на поздней стадии разработки, обуславливающую высокую степень выработанности продуктивных пластов, рост трудноизвлекаемых запасов и предельную обводненность добываемой продукции.

2. Выявлено, что проявление РГХЭ на поздней стадии разработки многопластовых нефтяных месторождений является одним из определяющих факторов обводненности продуктивных пластов. Использование РГХЭ в комплексе промыслово-геофизических исследований скважин позволяет выявлять межпластовые перетоки и затрубную циркуляцию жидкости.

3. Рассмотрены способы решения различных геолого-промысловых задач с использованием РГХЭ. На основании методического руководства ПРК (ВНИИЯГГ, 1982 г.) модифицирован алгоритм выявления РГХЭ в обводненных пластах, выработаны критерии:

- сведения разновременных кривых ГК в одну систему измерений;
- установления фактора коллектор/неколлектор;
- определении степени обводненности продуктивных пластов.

4. Разработана методика использования РГХЭ в карбонатно-терригенном разрезе с практическим применением ее в скважинах многопластового месторождения, находящегося на поздней стадии разработки, с целью выявления источников обводнения продуктивных пластов.

5. Показано, что применение разработанного модифицированного алгоритма выявления РГХЭ позволяет вести контроль эффективности выполненных методов увеличения нефтеотдачи с целью водоизоляции продуктивных пластов.

6. Установлено, что резкий рост обводненности добываемой продукции на месторождениях углеводородов, находящихся на начальных стадиях разработки, вызывает необходимость определения источников обводнения и принятия мер для их ликвидации, не дожидаясь необратимых процессов, происходящих в продуктивных пластах. Прогнозирование интервалов поступления жидкости в продуктивные пласты на основании РГХЭ позволяет избежать потерь запасов нефти.

7. С целью увеличения эффективности применения РГХЭ необходимо систематически проводить измерения кривых ГК во всех категориях скважин в течение всего периода их эксплуатации.

Основные результаты работ опубликованы в следующих научных трудах:
в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Патент 2375565 Россия, МПК Е 21 В 47/00 Способ определения негерметичности и места среза эксплуатационной колонны /И.Н.Файзуллин, О.В.Магдеева, И.Ф.Галимов, Р.Г.Абдулмазитов, Р.Г.Рамазанов, М.Ш.Магдеев, Н.В.Музалевская; Нефтяная промышленность.-№ 2008122730/03; заявлено 04.06.2008; опубликовано 10.12.2009, Бюл. № 34.

2. Магдеев М.Ш. Выявление источников обводнения продуктивных пластов комплексом каротажа скважин с использованием радиогеохимического эффекта.//НТВ «Каротажник». – Тверь:АИС.-2011.- №6(204). – С.26-36.

В других изданиях:

3. Магдеев М.Ш. Применение радиогеохимического эффекта на поздней стадии эксплуатации нефтяного месторождения с целью выделения обводненных пластов //Геоперспектива-2008: Сб. матер. II-ой межвузовской молодежной науч.-практич. конфер.-М.: 2008.-С. 58.

4. Магдеев М.Ш. Применение радиогеохимического эффекта на поздней стадии эксплуатации нефтяного месторождения с целью выделения обводненных пластов // Новые идеи в науках о земле: Сб. матер. IX междунар. конфер.- М.:2009.- Том 2.-С.43.

5. Магдеев М.Ш. Применение радиогеохимического эффекта на поздней стадии эксплуатации нефтяного месторождения с целью выделения обводненных пластов //Геоперспектива – 2010: Сб. матер. IV Всероссийской молодежной науч.-практич. конфер.-М.:2010.-С110.

6. Магдеев М.Ш. Геолого-геофизический контроль за разработкой многопластовых нефтяных месторождений на разных стадиях эксплуатации /В.М. Хусаинов, О.В. Магдеева, М.Ш. Магдеев //НТЖ «Нефть.Газ.Новации».- Самара: 2011.-№4.-С.74-75.

7. Магдеев М.Ш. Геолого-геофизический контроль за разработкой многопластового нефтяного месторождения на поздней стадии эксплуатации /О.В. Магдеева, М.Ш. Магдеев //Проблемы геологии и геофизики нефегазовых бассейнов и резервуаров: Сб. матер. первой междунар. науч.-практич. конфер.- Сочи: 2011.-С.199-202.

8. Магдеев М.Ш. Выявление затрубной циркуляции в скважинах с использованием радиогеохимического эффекта //Новая техника и технологии для геофизических исследований скважин: Сб. матер. междунар. науч.-практич. конфер.- Уфа: 2011.-С119-121.