На правах рукописи

Зудилин Александр Эдуардович

Система интегрирования геофизических данных с целью прогноза параметров флюидодинамических процессов осадочного бассейна (на примерах нефтегазовых районов ХМАО - ЮГРА)

Специальность 25.00.10 –
«Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

1 2 МАЙ 2011

Екатеринбург - 2011

4845425

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук, доцент, заслуженный геолог РФ Писецкий Владимир Борисович

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук, профессор Болтыров Владимир Босхаевич

кандидат технических наук Ратушняк Александр Николаевич

Ведущая организация - Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого УрО РАН, г. Екатеринбург

Защита диссертации состоится 12 мая 2011 г. в 14:30 на заседании диссертационного совета Д 212.280.01 при ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет» по адресу: 620144, г. Екатеринбург, ГСП, ул. Куйбышева, 30 (III уч. корпус, ауд. 3326)

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Автореферат разослан 5 апреля 2011 г.

Ученый секретарь диссертационного совета А.Б. Макаров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Традиционная стратегия поиска и разведки месторождений углеводородов в пределах осадочных отложений ориентирована на логику обнаружения ловушек различного типа, что не исключает риск ошибок в прогнозе продуктивности коллекторов по объективным или техническим причинам. Теоретические и практические исследования последних лет по направлению поиска связей параметров современных геодинамических и флюидодинамических процессов с нефтегазонасыщением в осадочных отложениях и верхних интервалах фундамента свидетельствуют о высокой перспективности концепции, опирающейся на глубинные схемы флюидных потоков. Слабым звеном в методах интерпретации геолого-геофизических данных, основанных на флюидодинамической концепции, является субъективный (ручной) подход к построению ключевых элементов моделей геодинамики литосферы и флюидодинамики осадочного чехла. В настоящей работе предпринята попытка к созданию системы интегрированной интерпретации геофизических данных с целью прогноза параметров флюидодинамических моделей (ДФМ) осадочного бассейна по формализованным схемам обнаружения структур блоковых процессов и построения миграционных схем флюидных потоков в пределах продуктивных интервалов осадочного чехла и фундамента. Особую актуальность рассматриваемая проблема приобретает в районах активного снижения нефтедобычи и на территориях, отнесенных ранее к малоперспективным объектам поиска нефтяных и газовых месторождений. Именно эта ситуация характерна для такой основной нефтегазовой провинции Российской Федерации, как Западно-Сибирский мегабассейн в целом и в границах ХМАО - Югра в частности.

Цели и задачи исследований

Цель настоящих исследований заключается в развитии научно-методических основ прогноза параметров геодинамических процессов осадочного бассейна по комплексу геолого-геофизических данных и прогноз нефтегазоносности осадочного бассейна.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оптимизировать методику и технологию ДФМ-интерпретации сейсмических временных разрезов с целью оценки относительных значений общего горного давления;

- разработать методические и технологические приемы интегрированной интерпретации потенциальных полей, цифровых моделей рельефа дневной поверхности и глубинных отражающих горизонтов в осадочном чехле и

фундаменте с целью построения блоковой модели геодинамических процессов земной коры;

- выявить глобальные и региональные геодинамические элементы земной коры в пределах рассматриваемой территории;

- осуществить прогноз нефтегазоносности в границах поисково-разведочной площади в восточной части ХМАО - Югра.

Научная новизна:

- разработана и реализована компьютерная система обработки и интерпретации геолого-геофизических данных, основанная на флюидодинамической концепции и модели блоковой структуры геодинамического состояния земной коры;

- предложена модель современных блоковых геодинамических процессов осадочного бассейна в пределах ХМАО - Югра на двух согласованных масштабных уровнях;

- обоснована причинно-следственная связь нефтегазоносности с параметрами современных геодинамических процессов, и на этой основе рассмотрена модель нефтегазоносности осадочного бассейна в пределах Пылькараминской площади.

Защищаемые положения:

1. Модель современных геодинамических процессов земной коры аппроксимируется интегральной моделью геофизической среды с регулярной иерархической блоковой структурой, которая предопределяет устойчивую частотную и пространственную композицию различных физических параметров.
2. Предложена система интегрированной обработки геофизической информации (AZON), на основе которой реализуется формализованная схема прогноза параметров геодинамических и флюидодинамических процессов осадочного бассейна в последовательности: "генерация – миграция – аккумуляция флюида".
3. Разработаны модели нефтеносности осадочного чехла и фундамента на нескольких согласованных масштабных уровнях в границах восточной части территории ХМАО - Югра, которые объективным образом удовлетворяют фактическому состоянию геологической изученности территории и определяют контуры участков недр, перспективных к постановке новых геологоразведочных работ.

Практическая значимость

Предложенная методика положена в основу анализа геолого-геофизических данных в цикле научно-практических исследований в пределах ХМАО - Югра (2006-2010 гг.) совместно с Научно-аналитическим центром рационального недропользования им. В. И. Шпильмана. Отдельные элементы этой методики в рамках разработанной системы AZON успешно применялись при обработке и интерпретация материалов метода общей

глубинной точки (МОГТ), вертикального сейсмического профилирования (ВСП) и других геолого-геофизических данных на серии объектов Западной Сибири, Восточной Сибири, Оренбургской области, Республики Татарстан и в других районах РФ и зарубежных стран.

Апробация работы

Материалы, изложенные в диссертации, представлялись на XII, XIII и XIV научно-практических конференциях «Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала Ханты-Мансийского автономного округа – Югры», г. Ханты-Мансийск, 2008-2010 гг.; 74–й ежегодной международной конференции и выставки SEG, Даллас, США (2008) и использованы при разработки более 30-ти научных отчетов, в том числе выполненных по зарубежным грантам с Французским институтом нефти (1994-1996 гг.), с научными центрами нефтяных компаний (Chevron, UNOCAL и др.), с Департаментом энергии США и Мичиганским технологическим университетом (грант 2003-2005 гг.) и др.

Публикации

По результатам выполненных исследований опубликовано восемь работ, в том числе три в ведущих рецензируемых научных журналах, определенных Высшей аттестационной комиссией.

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и библиографического списка, включающего 102 наименования. Текст диссертации изложен на 105 страницах и содержит 46 рисунков.

Личный вклад автора

Работа базируется на теоретических, полевых и лабораторно-измерительных исследованиях, выполненных на кафедре геоинформатики УГГУ, где автор работает с 2001 года по настоящее время. Основные исследования проведены в рамках научно-технического договора по теме «Разработка геологической и флюидодинамической моделей осадочных и доюрских комплексов Пылькараминского участка и восточной части территории Ханты-Мансийского округа – Югры», выполняемого совместно государственным предприятием «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. Шпильмана» и УГГУ в период с 2005 – 2010 гг. Автор принимал активное и непосредственное участие на всех этапах работы, самостоятельно разработал и реализовал компьютерную систему обработки и интерпретации геолого-геофизических данных AZON, сформировал всю необходимую исходную информацию в интегрированную базу данных, провел обработку этих данных в созданной системе, исследовал и предложил содержательные элементы методики обработки и интерпретации, а также разработал алгоритмы некоторых процедур обработки и моделирования.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю диссертации доктору геолого-минералогических наук, зав. кафедрой

геоинформатики Писецкому В.Б. за оказанную поддержку и помощь в написании данной работы, а также своим коллегам по работе, сотрудникам кафедры геоинформатики ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет» Самсонову В.И., Силиной Т.С., Воронину О.М. за содействие в ходе исследований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение

Во введении отмечены слабые элементы существующих методик прогноза параметров геодинамических и флюидодинамических процессов осадочного бассейна и формулируются основные задачи развития технологий интегрированной интерпретации геолого-геофизических данных.

Глава 1. Модель современных геодинамических процессов земной коры

Результаты исследования блочных структур в осадочных бассейнах

Термин "блочная структура" включает в себя множество понятий, связанных с описанием геологического строения среды. Нарушения сплошности являются главными и наиболее контрастными разделительными элементами твердой среды, встречающимися на всех масштабных уровнях (от микротрещин до разломов). Среди исследований, посвященных изучению блочных структур, работы М.А. Садовского, В.Е. Хаина, Ю.М. Пущаровского, С.И. Шермана, Е.А. Ранцмана, А.В. Тевелева, П.С. Воронова, Сидорова В.А. и др. выделяются глубиной проработки проблемы и глобальностью масштаба. Установлено, что разрушение литосферы при тектоническом сжатии происходит существенно медленнее, чем при растяжении, и требует больших затрат энергии. Составлена принципиально новая схема деструктивных зон литосферы (ДЗЛ) земного шара, основанная на этих типах разрушения. Показано их распространение, выделены типы и степень деструкции. Основу ДЗЛ образуют разломы и разломно-блоковые структуры. Устанавливается система блоков литосферы, которые образуют дискретный иерархический ряд с определенными модами преимущественных размеров, которые различны в регионах с разными геодинамическими режимами. Гипотеза регмагенеза в последнее время подкреплена теоретико-экспериментальными работами многих исследователей (Ротационные процессы в геологии и физике: Сб. статей МГУ и ИФЗ РАН. - 2008,). По результатам оценок размерности блоковой структуры твердой Земли на различных масштабных уровнях выявлена глобальная общность размерности блоков в виде иерархического ряда, представленного на рис. 1, что не противоречит аналогичным выводам по Западно-Сибирскому мегабассейну (Фурсов А.Я., Устинова В.Н., Писецкий В.Б. и др.). Карты современной блоковой структуры земной коры Русской равнины, Западной Сибири, Западного Прикаспия, составленные методом морфоструктурного районирования по формализованным признакам, получены на основании исследований пространственной организации географической оболочки

Земли (Виноградов Е.И., Губерман Ш.А., Дмитриевский А.Н., Пиковский Ю.И.). Выявлена связь положения природных зон, подзон и ландшафтных провинций с элементами современной блоковой структуры земной коры.

Модель Павленкина А.Д. (2009) обобщает целый ряд независимых представлений о причинах блокового строения литосферы, ее геодинамическом режиме и основана на трех основных тектонических гипотезах – ротационной, пульсационной и дифференциационной. Конструкция этой модели подразумевает разделение Земли на четыре активные надпорядковые геодинамические системы – Арктическую, Антарктическую, Тихоокеанскую и Атлантическую, плоскости симметрии которых соответствуют теоретическим положениям критических широт (экватор, 35° и 62° соответственно в северном и южном полушариях) и меридианов (110° з.д. - 70° в.д. и 160° в.д. - 20° з.д.). В данной модели узел пересечения экстремальной широты 62^0 и критического меридиана 70^0 расположен в центральной области ХМАО-Югра. Очевидно, что представления о базовой конструкции геодинамической модели Западно - Сибирского плитного комплекса (ЗСП) не могут состояться без попытки обоснованного принятия за основу названных глобальных разделительных элементов литосферы, существование которых предсказано Карпинским А.А. (1897 г.), Вероне А. (1910 г.), Мушкетовым Д.И. (1935 г.), Броком В.В. (1957), Стовасом М.В., Каттерфельдом Г.Ф. (1962) и др. В работах новосибирских ученых (Старосельцев В.С., Добрецов Н.Л. и др.) обсуждается модель двух- и более ярусной модели, в которой вся твердая оболочка Земли должна распадаться на серию колец с индивидуальным спином, и обосновывается факт соответствия трансрегионального геодинамического элемента "Транссибирский" критическому планетарному сечению по широте 62^0.

По существу, гипотезы блокового деления и кинематики блоков на различных масштабных уровнях земной коры "автоматически" приводят к идеям специфического тепломассопереноса, которые способны объяснить и "примирить" различные варианты генерации углеводородов и генезиса месторождений нефти и газа. Так, в 80-х годах возникла флюидодинамическая концепция формирования месторождений углеводородных и рудных ресурсов (Соколов, 1985).

Таким образом, в рамках флюидодинамических концепций генезиса месторождений углеводородов с учетом гравитационных и ротационных механизмов блоковой активности твердой земли можно полагать:

- твердая оболочка Земли поделена на блоки равного размера со сторонами, ориентированными по меридианам и параллелям;

- блоки земной коры способны перемещаться в горизонтальных направлениях под воздействием ротационных и иных факторов возмущений геодинамического состояния планеты;

- в точках пересечения подвижных поясов с меридиональными границами блоков возникают вертикальные зоны высокой проницаемости, соединяющие флюидные потоки разных оболочек коры ("флюидные плюмы").

С учетом глубины изученности рассматриваемой проблемы, представляется возможным сконструировать модель современных геодинамических и флюидодинамических процессов земной коры в границах Западно-Сибирского мегабассейна.

Основные элементы модели современных геодинамических и флюидодинамических процессов земной коры в пределах Западно-Сибирского мегабассейна

В исследованиях последних лет по теме "Разработка концепции нефтегазоносности ХМАО на основе модели современных геодинамических процессов", в которых принимал участие и автор настоящей работы, независимым образом получено достаточно большое количество фактического материала, свидетельствующего в пользу существующих представлений о механизмах глобального разделения земной коры в пределах Западно-Сибирской плиты. Здесь же обсуждается ряд результатов оценки схем блоковых структур в границах ХМАО - Югра, которые вполне согласуются с идеями регмагенеза (Фурсов А.Я., Сим Л.А., Устинова В.Н, Писецкий В.Б. и др.). Особым образом отмечается положение глобального разделительного элемента, совпадающего примерно с широтой 62^0.

Севернее и южнее этого глобального элемента, через один градус, следуют соседние широтные границы, что соответствует размеру блоков 110-120 км (утроенная толщина твердой литосферы, или основной принцип деления слоистой среды). Это подтверждается данными по региональным сейсмическим профилям, для которых были рассчитаны разрезы с оценкой напряженно-деформированного состояния (НДС). Границы контрастных значений НДС, которые просматривается на всю глубину каждого разреза, соответствуют глобальным линеаментам 61, 62 и 63 градуса. Эти же линеаменты просматриваются и в структуре рельефа дневной поверхности ХМАО.

При анализе параметров геодинамических и флюидодинамических моделей твердых сред, в известных работах по сейсмологии и геомеханике вводится понятие о дискретной структуре твердой Земли (Садовский М.А. , Byerlee J.D. и др.). При этом необходимо отметить следующие два принципиально важных и теоретически обоснованных обстоятельства, которые вытекают из глобального принципа слоистости Земли с учетом гравитационных, ротационных и дифференциационных механизмов непрерывного изменения компонент НДС в ее твердой оболочке:

- любая из твердых оболочек земной коры с плоскопараллельными границами между ними делится на регулярное множество блоков определенных размеров (рис. 1);

– геометрия схемы блоковой реакции каждой слоистой оболочки в моменты изменения компонент НДС не меняет своего пространственного положения.

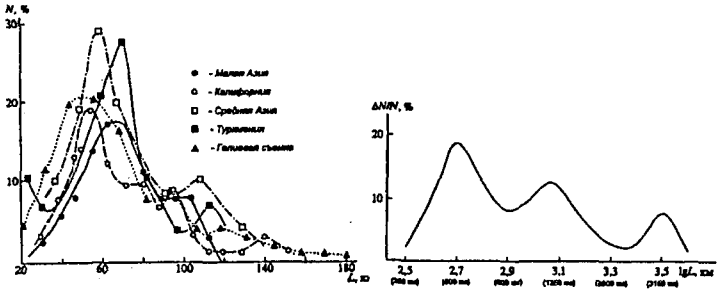

Рис. 1. Сглаженные гистограммы распределения блоков земной коры по размерам (Садовский М.А., Красной Л.И.)

Непрерывно совершенствующаяся база структурных карт на различных масштабных уровнях позволила объективно обнаружить регулярную блоковую структуру во всех интервалах литосферы, удовлетворяющую сформулированным выше признакам современной геодинамической активности. Такая закономерность сосуществования многопорядковых блоковых систем с преобладающими азимутами сторон 0 и 90 градусов многократно обнаружена и независимо подтверждена во многих работах по геологии, геофизике, геодинамике и геомеханике. Результаты проведенных автором статистических исследований дают близкие азимуты (рис. 2). На рис. 3 показана схема блокового деления литосферы исходя из ее классической трехслойной структуры: осадочный чехол, гранитный слой, базальтовый слой. При этом блоковая структура должна проявляться в картах по любому геофизическому, геодинамическому или геоморфологическому параметру. С учетом этих положений представляется целесообразным принять за основу идеализированную параметрическую модель геофизической среды, в которой главными элементами являются:

- дискретная структура;

- компоненты НДС;

- трение;

- блоковое строение среды с регулярной иерархической организацией;

- флюидные течения распределяются по вертикальным контактам блоков и в соответствии с компонентами НДС.

Общая схема интегрированного анализа геолого-геофизических данных с целью выявления разделительных элементов литосферы разного порядка может быть построена на последовательности следующих шагов:

- из доступного набора исходных данных (гравитационное и магнитное поля, цифровая модель дневного рельефа, структурные карты по глубинным горизонтом, карты сейсмических атрибутов, карты плотности теплового потока и т.п.) формируются *параметрические матрицы*;

- по каждой параметрической матрице вычисляется, так называемая *структурная матрица* по специализированному алгоритму, использующему декомпозицию на частотные составляющие и пространственную фильтрацию по направлению;

- по совокупности структурных матриц различных физических параметров вычисляется *интегральная структурная матрица*, на которой проявляются границы блоков (рис. 4);

- по определенной совокупности исходных и структурных матриц физических параметров вычисляется *кластерная матрица*, которая является интегральной оценкой блокового деления одного вязкого слоя на некотором условном масштабном уровне;

- сопоставление различных вариантов структурных и кластерных матриц на нескольких масштабных уровнях должно последовательно выявить модель иерархической блоковой структуры по "правилу" деления вязкого слоя в пропорции 1:3;

- на заключительных этапах найденная блоковая структура может быть "проверена" (согласована) оценками аномальных давлений, найденных на основе применения специальной ДФМ-технологии обработки сейсмических данных по системе 2-3D сейсмических разрезов (Писецкий, 1997).

Особую роль в данной схеме играет декомпозиция матриц на частотные составляющие. При этом низкочастотная составляющая обусловлена вещественными и структурными неоднородностями, соответствующими более крупным блокам. Высокочастотные компоненты используются для выявления границ подчиненных блоков следующего порядка. Предложенная схема модели и принцип пространственно-частотной декомпозиции параметрических матриц обеспечивает объективную оценку основных элементов геодинамических процессов по независимым интегральным и дифференциальным параметрам физических полей - геометрию блокового деления слоистой системы с оценкой относительных значений компонент НДС. На этой основе представляется возможным сконструировать формализованные схемы оценки параметров геодинамических процессов, удовлетворяющие принципам деления слоистых систем под действием нестационарных полей геодинамических напряжений твердой коры. Подчеркнем, что предлагается принцип объективного выявления основных параметров модели современных геодинамических процессов без "ручного" вмешательства, который может быть воспроизведен другими специалистами.

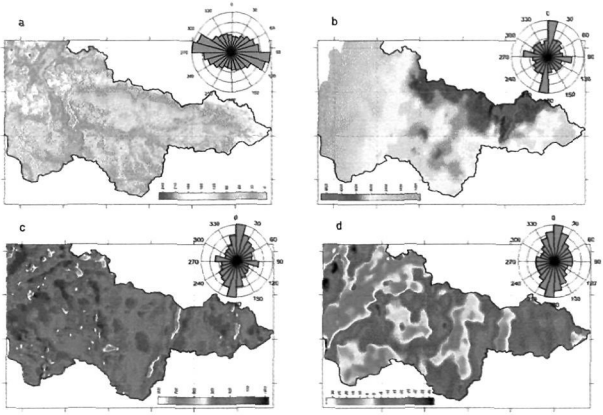

Рис. 2. Параметрический набор на территорию ХМАО:
a – рельеф; b – горизонт А; c – магнитное поле;
d – гравитационное поле

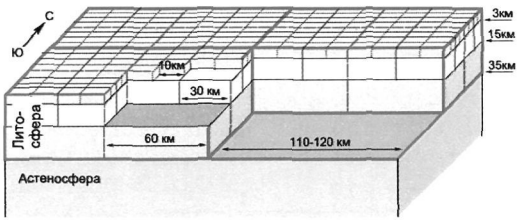

Рис. 3. Схематическая модель блокового деления литосферы в соответствии с гипотезой регмагенеза

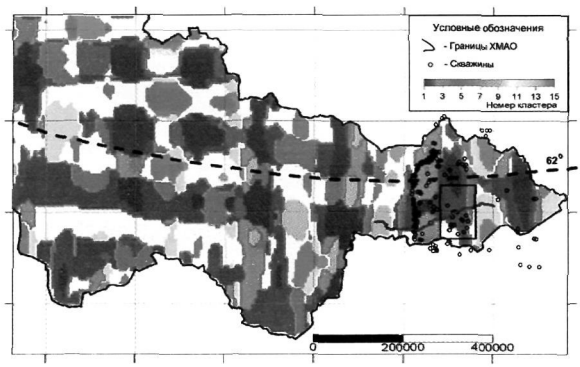

Рис. 4. Интегральная структурная матрица в границах ХМАО

Рис. 5. Организация данных системы AZON

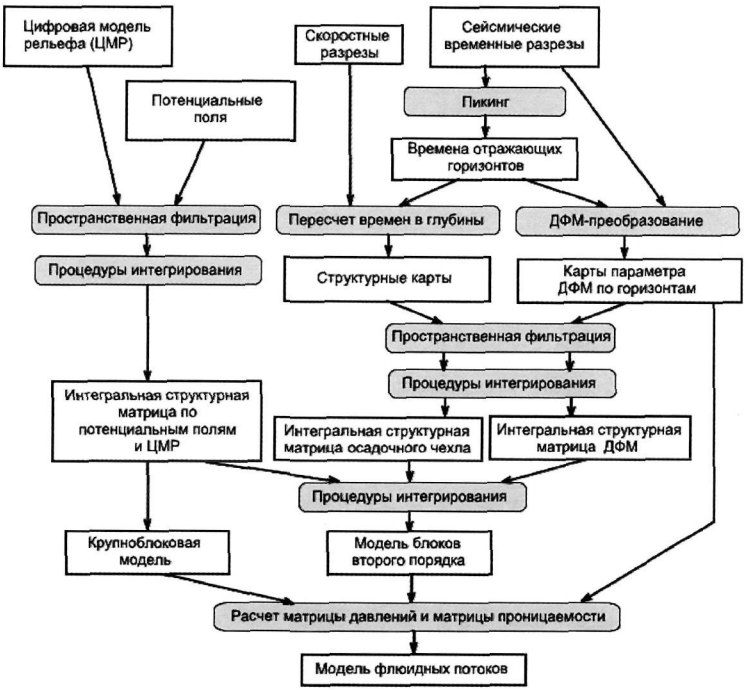

Рис. 6. Структура графа прогноза вещественных и кинематических параметров фундаментной части осадочного бассейна

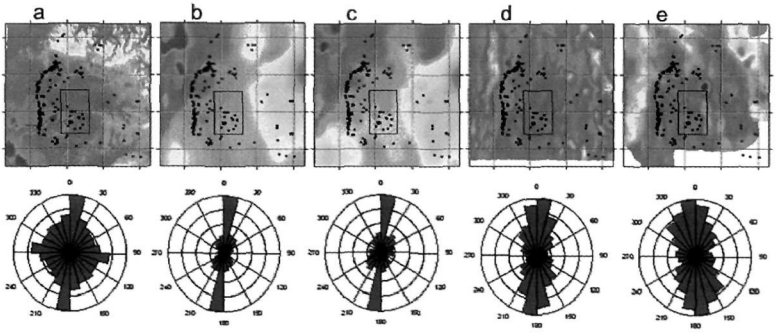

Рис. 7. Параметрический набор на восточную часть ХМАО:
a - рельеф; b – горизонт B; c – горизонт A;
d - магнитное поле; e - гравитационное поле

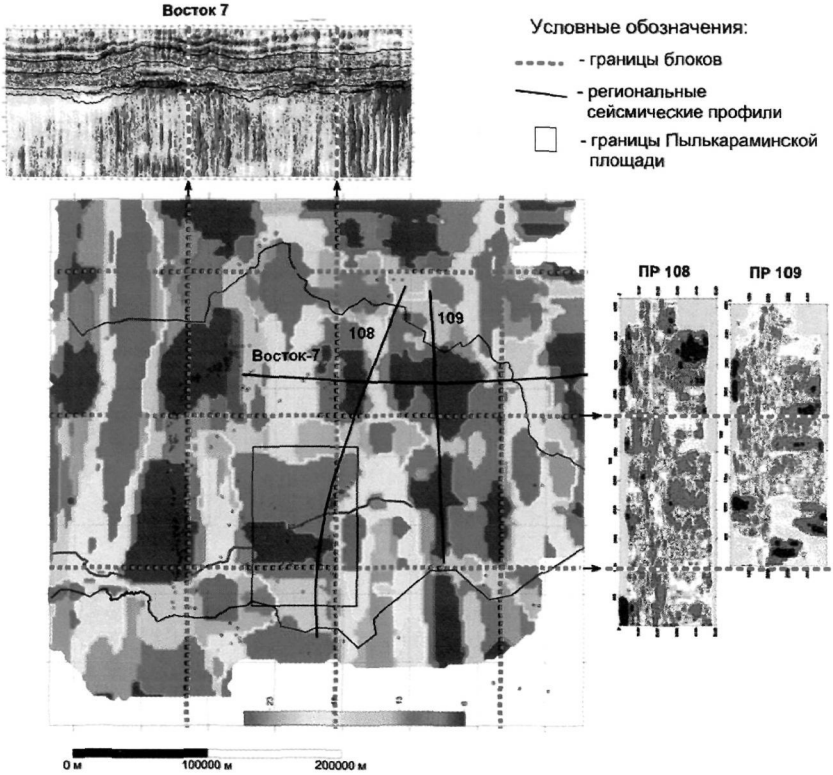

Рис. 8. Структура блоковых процессов восточной части ХМАО

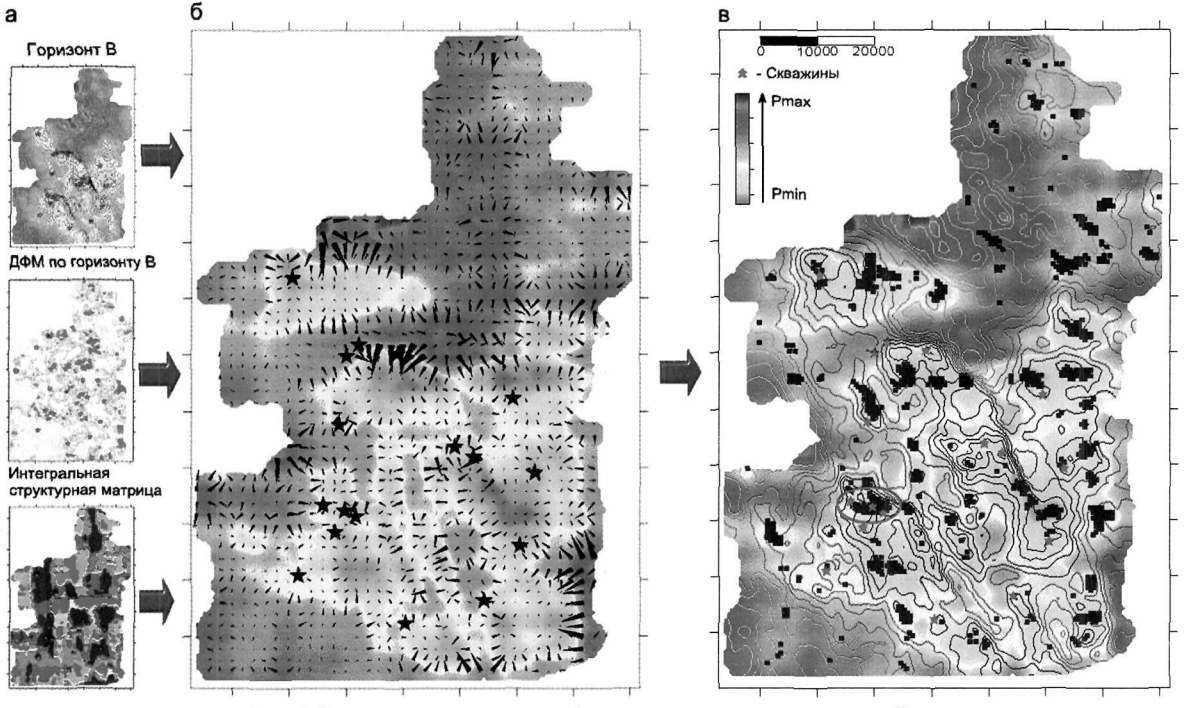

Рис. 9. Результат моделирования флюидных потоков по горизонту В.
Изолиниями показаны глубины, цветом - давление. а - исходные данные для модели;
б - матрица давлений и вектора скоростей потока флюидов; в - моделирование зон скопления флюида

Глава 2. Система обработки и формирования интегрированной базы геолого-геофизической информации AZON с целью прогноза параметров геодинамических и флюидодинамических процессов осадочного бассейна

В первой части главы описаны задачи, решаемые системой AZON, основные принципы построения системы, ее модули и функциональный состав. Во второй части главы приводятся принципиальные схемы алгоритмов решения задач прогноза параметров геодинамических и флюидодинамических моделей.

Система функционировала и дорабатывалась в течение восьми лет, и, по мере развития, добавлялись новые возможности. На данный момент список задач, решаемых системой, включает следующие укрупненные блоки:

- интегрированная обработка и интерпретация геолого-геофизической информации с целью прогноза параметров геодинамических и флюидодинамических процессов осадочного бассейна;
- стандартная обработка сейсморазведочных данных МОГТ;
- обработка и интерпретация сейсморазведочных данных метода преломленных волн (МПВ);
- обработка и интерпретация данных ВСП;
- обработка результатов некоторых видов скважинных геофизических методов;
- обработка сигналов;
- обработка матриц;
- некоторые виды статистической обработки данных;
- моделирование волновых полей;
- моделирование флюидодинамических процессов;
- задачи обучения - система применяется в учебном процессе.

Представленный круг задач вполне обеспечивает полный граф обработки и интерпретации данных от полевого уровня до конечного продукта как по направлению прогноза геодинамических и флюидодинамических процессов в рассматриваемом направлении (нефть и газ), так и прогнозов аналогичных моделей по решению ряда инженерных проблем, в которых нуждаются горно-техническая и строительная отрасли.

При проектировании системы учтены основные принципы, на которых построены известные системы обработки и интерпретации геолого-геофизических данных: 1) модульное построение системы; 2) расширяемый набор алгоритмов обработки данных; 3) использование языка пакетной обработки; 4) применение интерактивного режима для решения специальных задач; 5) использование реляционной базы данных 6) исходные и промежуточные данные, а также последовательности процедур обработки с параметрами организованы в проекты.

Модульное строение системы позволило: во-первых, обеспечить расширяемость системы, во-вторых, разделить функции системы на

отдельные независимые блоки по типам решаемых задач. По способу взаимодействия с пользователем модули подразделяются на две категории: интерактивные и пакетные. Пакетные модули представляют собой набор пакетов–заданий. К этой категории относятся два модуля: «*Обработка*» и «*Матрицы*». Каждый проект может содержать неограниченное количество заданий.

Основные модули системы.

Обработка (менеджер заданий) - модуль подготовки, редактирования и выполнения пакетных заданий. Он содержит большую часть процедур системы – более 220.

Геометрия служит для описания геометрии системы наблюдений в базе данных проекта.

Модуль *управления таблицами* позволяет создавать, редактировать и удалять таблицы базы данных. Таблицы служат для хранения скоростных законов, годографов, горизонтов и т.д.

Скважины - для работы с данными различных скважинных геофизических методов.

Анализ скоростей - для создания и редактирования скоростных законов, а также редактирования времен мьютинга.

Первые волны - для прослеживания и обработки первых вступлений.

Матрицы - для обработки одно-, двух- и трехмерных матриц.

Главный модуль - для настроек и администрирования системы AZON, управления проектами и другими модулями системы. Это – главное окно системы.

Основные обрабатывающие модули содержат набор процедур, каждая из которых выполняет отдельный алгоритм обработки данных или управления графом обработки. Процедуры по их назначению и исходным данным можно условно объединить в несколько категорий. Основные категории приведены в таблице.

Из отдельных процедур системы AZON собираются пакетные и интерактивные задания, которые в совокупности образуют граф прогноза вещественных и кинематических параметров по исследуемой площади.

Данные в системе AZON разделены на две части: общие данные системы и данные проектов (рис. 5). Проект – это набор данных и процедур обработки по конкретному объекту (например, по исследуемой площади или по ее части). Для каждого проекта создается база данных, доступная для всех модулей системы.

Общие данные доступны для всех проектов и включают: 1) параметры и настройки для всей системы в целом; 2) справочную информацию, описание модулей и процедур, параметров, используемых в каждой процедуре,

примеров применения процедур обработки; 3) список процедур и их параметров; 4) список доступных проектов; 5) документацию по всем проектам.

Функциональный состав системы. Основные категории процедур.

Категория процедур	Назначение	Количество процедур
Системные процедуры	Управление графом обработки	18
Ввод - вывод	Чтение/запись файлов с различных форматов	25
Таблицы БД	Управление таблицами базы данных	19
Геометрия и заголовки трасс	Описание геометрии системы наблюдений, работа с заголовками трасс	26
Визуализация	Визуализация трасс, прослеживание годографов и горизонтов, визуализация картографической информации	15
Фильтры	1D и 2D фильтрация, различные виды деконволюции, сглаживание, медианный фильтр и др.	17
Регулировка амплитуд и редактирование трасс	Автоматическая и программная регулировка амплитуд, компенсация геометрического расхождения волн, мьютинг и др.	7
Стат. и кинемат. поправки	Расчет и ввод статические и кинематические поправок, редуцирование сейсмограмм	6
Сортировка, суммирование	Сортировка и выборка трасс, суммирование сейсмограмм МОГТ, суммотрассы ВСП	7
Преобразования и спектры	Преобразования Фурье, Радона, Гильберта, ДФМ-преобразование, спектры скоростей, миграция и др.	27
Математические и статистические операции	Свертка, интегрирование и дифференцирование, нахождение средних, дисперсии, медианы, гистограммы распределения и др.	32
Обработка 3С данных	Обработка трехкомпонентных сигналов: поляризационные фильтры, ориентация трехкомпонентных трасс	6
Моделирование	Расчет синтетических трасс, моделирование волновых полей, моделирование флюидодинамики	9
Обработка годографов	Расчет скоростных разрезов по годографам первых волн, построение границ, обработка годографов ВСП и др.	7

Данные каждого проекта отделены от общих данных системы и от данных других проектов. В каждом проекте хранятся исходная геолого-геофизическая информация и результаты ее обработки, а также служебная информация, необходимая для работы системы.

Граф прогноза вещественных и кинематических параметров интервала фундамента осадочного бассейна

Построение флюидодинамической модели (ДФМ) состоит из трех последовательных этапов: прогноза модели блоковой структуры, модели НДС и модели флюидных потоков. Этим этапам предшествует вспомогательная процедура предварительной подготовки исходных данных.

На рис. 6 приведена структура графа прогноза вещественных и кинематических параметров фундаментой части осадочного бассейна. В каждом конкретном случае, в зависимости от полноты исходного набора данных, их форматов и особенностей исследуемой площади, состав обрабатывающих процедур и их параметры могут меняться, что обеспечивается соответствующим менеджером. При этом существует возможность передать часть процедур другим внешним системам: стандартные системы обработки сейсмических данных МОГТ (OMEGA, LANDMARK, PROMAX и др.), расчет компонент НДС (система Plaxis 2-3D и т.п.), расчет флюидных потоков (Plaxis Fluid Flow и др.), окончательное оформление отчетных графических материалов (GEOGRAPHIX и т.п.).

Глава 3. Модель флюидодинамических процессов осадочного чехла на согласованных масштабных уровнях для районов ХМАО с неразведанными углеводородными ресурсами

Предложенная методика и технология интерпретации на основе системы AZON в полной мере использованы в проекте исследований на территории ХМАО - Югра на региональном уровне, на территориальном в границах восточной части округа и на локальном уровне разведки в пределах Пылькараминской площади (7 лицензионных участков).

Исследования, в порядке последовательного укрупнения масштаба, были разделены на три этапа: 1) оценка пространственного положения глобальных разделительных элементов литосферы ЗСП в границах ХМАО - Югра на уровне масштаба 1:1000000 – 1:500000; 2) конкретизация и детализация блоковой схемы в ее восточной части на уровне масштаба 1:200000; 3) прогноз параметров модели флюидодинамических процессов осадочного чехла в пределах Пылькараминской площади в масштабе 1:100000.

Этап 1. Исходными данными для интегрированного анализа ряда независимых физических параметров на этом масштабном уровне послужили параметрический набор матриц в следующем составе: цифровая модель рельефа дневной поверхности (1:200000), структурные карты по отражающим горизонтам А и Б (1:200000 - 1:500000), гравитационное и магнитное поля (1:200000 - 1:500000). На рис. 2 приводится исходный параметрический набор на территорию ХМАО.

Для каждой матрицы было рассчитано статистическое распределение по направлениям пространственных элементов. Круговые гистограммы распределений, представленные на том же рисунке, свидетельствуют о том, что преобладающими в рельефе дневной поверхности являются субширотные направления, в рельефе отражающих горизонтов – субмеридиональные и субширотные, тогда как потенциальные поля содержат в основном субмеридиональные направления.

По этим исходным данным рассчитаны структурные матрицы рельефа дневной поверхности и потенциальных полей. В результате после

применения пространственной фильтрации с помощью кластерного анализа была получена интегральная структурная матрица (см. рис. 4), анализ которой свидетельствует в пользу принципа регулярного блокового разделения литосферы ЗСП в рассматриваемых границах по регматической схеме с устойчивым размером блоков порядка 120 км;

Таким образом, матрица, изображенная на рис. 4, может быть принята за основу разработки модели блоковой флюидодинамики литосферы в границах всего округа ХМАО - Югра на уровне масштаба 1:1000000 – 1:500000.

Этап 2. На втором этапе, конкретизируется и детализируется полученная схема в ее восточной части на уровне масштаба 1:500000 – 1:200000 с привлечением системы региональных сейсмических профилей. На этом уровне в параметрический набор масштаба 1:200000 вошли: цифровая модель рельефа, структурные карты по сейсмическим горизонтам А и В и карты потенциальных полей (рис. 7).

Для объективного выбора характеристик направленности пространственных фильтров применялся статистический анализ исходных данных. По результатам анализа круговых гистограмм распределения аспектов каждого параметра (рис. 7) можно сделать вывод о том, что имеется главное направление с азимутом 0 градусов (с Севера на Юг) и второе направление – с азимутом около 90 градусов (с Запада на Восток). Эти азимуты совпадают с направлениями границ блоковых структур.

После применения фильтров, каждый из исходных параметров раскладывается на ряд пространственно-частотных компонент. В результате совместной обработки этих компонент вычисляется интегральная структурная матрица, показанная на рис. 8. В качестве процедуры интегрирования применялся кластерный анализ, который позволяет исследовать множество разнородных данных в их совокупности.

Сопоставление полученных данных по блоковой конструкции литосферы с геологическими и геофизическими данными по восточной части ХМАО позволило выделить 3 главных системы разломов.

Наиболее древняя из них - это субмеридиональные разломы, разграничивающие структурно-формационные зоны. Эти разломы имеют весьма длительную историю формирования, одним из главных эпизодов которой явилась позднепалеозойская коллизия. Подновлены они были при раннетриасовом растяжении: таким образом, по этим разломам происходили знакопеременные, достаточно интенсивные движения, которые в целом, по всей видимости, не могли не ослабить литосферу и соответственно повысить ее проницаемость. Именно поэтому значительная часть современных субмеридиональных линеаментов наследуют эту систему разломов.

Более молодые разломы северо-западного простирания не столь мощные, но многочисленные. Они были сформированы в основном в

послераннетриасовое время (рассекают триасовые грабены) и, вероятно, неоднократно подновлялись.

Самой молодой системой разломов являются субширотные зоны геодинамической активности (границы мобильных поясов). Они частично наследуют более древние зоны в фундаменте.

В целом ряд тектонических границ геологической карты близко совпадает с плоскостями инверсии НДС различного типа, что может прояснить или уточнить их генезис и геометрию. Некоторые элементы геологической карты с помощью предложенной модели современных геологических процессов могут быть пересмотрены с помощью такой надежной физической фактуры, как интегральная структурная матрица, так как в отсутствие достаточного количества разведочных скважин опора на качественный анализ гравиметрических и магнитных данных не всегда корректна.

Таким образом, схема современных блоковых процессов литосферы восточной части округа согласуется с целым рядом прямых, косвенных и качественных критериев и, следовательно, может быть принята за основу прогноза флюидодинамической модели.

Этап 3. На следующем уровне детализации (1:100000) рассматривается Пылькараминская площадь, на которой из шестнадцати разведочных скважин в двух (скв. 7 и 8 "Боровая") получен приток нефти из отложений Ю1. Участок детализации геологического строения осадочного чехла и фундамента в восточной части округа расположен в пределах Пылькараминского мегантиклинория и обеспечен на настоящий момент базой данных по разведочной сети 2D сейсмических наблюдений. В данном разделе приводятся результаты прогноза параметров флюидодинамической модели в масштабе 1:100000, основанной на специализированной интерпретации сейсмических данных по методу ДФМ и комплексном анализе всей имеющейся параметрической информации.

На этом этапе к матрицам рельефа дневной поверхности и потенциальным полям добавляются структурные карты по сейсмическим горизонтам А, В, С, М масштаба 1:100000. Кроме того, в параметрический набор входят карты ДФМ (относительные оценки напряженного состояния) по каждому из этих горизонтов.

Комплект карт ДФМ-параметра совместно со схемой блоковой структуры является исходной моделью флюидодинамических параметров. На основе этих данных представляется возможным построить различные варианты миграционных процессов флюида в заданных интервалах осадочного чехла и реализовать ту или иную стратегию следующих этапов разведки территории Пылькараминского участка.

Качественный анализ представленного комплекта карт позволяет сделать основной вывод: распределение аномальных значений

относительных оценок давлений по основным горизонтам и интервалам осадочного чехла и фундамента объективно удовлетворяет структуре блоковых процессов.

Кроме качественной оценки флюидодинамических процессов были рассчитаны градиенты флюидного давления, после чего было выполнено имитационное двумерное моделирование флюидных потоков.

В основе расчета параметров флюидодинамической модели принято уравнение Дарси, которое определяет скорость флюидного потока V в зависимости от тензора проницаемости k, вязкости флюида η и градиента давления P:

$$\bar{V} = \frac{k}{\eta} grad(P) = \frac{k}{\eta} grad(P_0 + P_d).$$

Значения проницаемости при моделировании определялись по интегральной структурной матрице. Значения давления в каждой точке определялись как сумма литостатической составляющей давления P_0 и динамической составляющей P_d. Для оценки P_0 использовалась матрица глубин (структурная карта) по соответствующим горизонтам, а в качестве P_d – матрица ДФМ.

Результаты моделирования флюидных потоков показаны на рис. 9. Как видно, в зону скопления флюида попали лишь две скважины, именно в этих скважинах и получен приток нефти. Остальные 14 скважин в той или иной мере не соответствуют положению зон наиболее вероятного накопления флюида. Благоприятными зонами аккумуляции нефти является область нулевого градиента флюидного давления в сочетании с контуром стечения флюидного потока (зона "застоя"). Данная карта принята за основу планирования разведочных работ на этой площади.

Заключение

В соответствии с поставленными задачами разработана методика и технология интегрированной обработки и интерпретации геолого-геофизических данных с целью прогноза флюидодинамической модели осадочного чехла и фундамента на согласованных масштабных уровнях. Основные научные выводы и практические результаты заключаются в следующем:

1. Предложена модель современных геодинамических процессов литосферы в пределах ХМАО - Югра, которая аппроксимируется иерархической блоковой структурой, подтверждающей состоятельность идеи регмагенеза. Впервые такая модель для данного региона получена объективными (формализованными) средствами.

2. Разработана и реализована система обработки и формирования интегрированной базы геолого-геофизической информации AZON с целью

прогноза параметров геодинамических и флюидодинамических процессов осадочного бассейна на согласованных масштабных уровнях литосферы.

3. Разработана серия моделей флюидодинамических процессов осадочного чехла и фундамента для районов ХМАО с неразведанными углеводородными ресурсами.

Публикации по теме диссертации:

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах, определенных Высшей аттестационной комиссией:

1. Зудилин А.Э. Оценка параметров геофизических моделей геологического разреза в компьютерной технологии AZON // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2010. - №4. - С. 56-60.
2. Силина Т.С., Писецкий В.Б., Зудилин А.Э. Перспективы взаимовыгодного сотрудничества в недропользовании на основе использования информационно-коммуникационных технологий // Дистанционное и виртуальное обучение. - 2009. - №12. - С. 73-79.
3. Силина Т.С., Зудилин А.Э. Реализация поддержки процессов недропользователей и взаимовыгодное сотрудничество на основе использования информационно-коммуникационного пространства // Естественные и технические науки. – 2010. - №1. - С. 236-240.

Работы, опубликованные в других изданиях:

4. ДФМ–преобразование на основе коррекции сейсмического разреза по VSP с целью детального прогноза флюидодинамических параметров резервуара / В.Б. Писецкий, В.И. Самсонов, А.Э. Зудилин, Ю.В. Патрушев // Материалы 74–й ежегодной международной конференции и выставки: SEG. Даллас, США. - 2003. - С. 4.
5. Pennington W.D., Pisetski V.B., Sudilin A.E. and e.t.c., Calibration of Seismic Attributes for Reservoir Characterization. Final Technical Report for D.O.E. USA, Michigan Technological University, - 2003. pp.134-185.
6. Силина Т.С., Писецкий В.Б., Зудилин А.Э. ИКТ в недропользовании // Телематика 2009: материалы XVI Всероссийской научно-методической конференции, 24-27 июня, 2009 г., г. С-Петербург. – СПб.: С-Петербургский ин-т оптики и механики, 2009. – С. 42-43.
7. Геодинамические и инженерно-геологические процессы в границах территории города Ханты-Мансийска / В.Б. Писецкий, И.В. Абатурова, А.Э.Зудилин [и др.] // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала Ханты-Мансийского автономного округа – Югры: 13-я научно-практическая конференция. - Ханты-Мансийск, 2010. – Том.1. - С. 327-332.
8. Оценка флюидодинамических параметров в активной системе "осадочный чехол - фундамент" по сейсмическим данным с применением поляризационных схем в скважинах и тоннелях / В.Б. Писецкий, А.Э. Зудилин, С.В. Власов, Ю.В. Патрушев // Материалы конференции: Гальперинские чтения. – М. -2010.

Подписано в печать 25.03.11. Бумага офсетная.
Формат 60x84 1/16. Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 14.
Отпечатано с оригинал-макета в лаборатории
множительной техники издательства УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»