

На правах рукописи

МУСА КХАЛАФ



**Геоинформационные исследования закономерностей
геологического развития и перспектив нефтегазоносности
Восточной Сирии**

Специальности:

25.00.35 - геоинформатика

25.00.12 - геология, поиски и разведка горючих ископаемых

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук.

Иркутск 2004

Научные руководители:

доктор геолого-минералогических наук, профессор **В. П. Исаев**,
доктор геолого-минералогических наук, профессор **В.А.Филонюк**

Официальные оппоненты:

Ломтадзе В.В., доктор технических наук, профессор

Орлов В.И. кандидат геолого-минералогических наук

Ведущая организация: Государственное Федеральное Унитарное геологическое предприятие «Иркутскгеофизика»

Защита состоится 25 ноября 2004 г. в 10 час. на заседании диссертационного совета Д.212.073.01 в Иркутском государственном техническом университете по адресу: г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, аудитория Е-301.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Иркутского государственного технического университета.

Автореферат разослан 25 октября 2004 г.

Учёный секретарь диссертационного
совета, профессор

А.А Шиманский

Общая характеристика работы

Актуальность

Сирийская арабская республика (САР) является страной, где добыча нефти и газа занимает ведущее место в экономике и промышленности. Поэтому развитие и укрепление сырьевой базы углеводородов (УВ) является актуальной задачей.

На территории Сирии работало много научно-производственных школ геологов-нефтяников из различных стран, разработаны передовые в своё время технологии прогнозирования, поисков и разведки месторождений УВ. Но на данный момент их возможности в определённой степени исчерпаны. Вместе с этим в последнее время появились новые представления о динамике геологических процессов, а также процессов превращений вещества в недрах, основанные на концепции термодинамической неустойчивости. Эта концепция трактует несколько иную динамику и кинетику геологических процессов (прерывистость, структурная перестройка в режиме самоорганизации и т.д.). Поэтому попытка творчески переосмыслить накопленный объём информации с новых позиций с целью поиска возможного выхода на новые решения прогнозно-поисковых задач является актуальной.

Цель работы:

Выявление закономерностей геологического развития и размещения углеводородов в Восточной Сирии, оценка возможностей открытия новых газонефтяных месторождений на её территории.

Задачи исследований:

1. Обзор и анализ информации о геологическом строении и развитии территории и её нефтегазоносности.
2. Изучение скоростного режима опускания территории при формировании осадочного чехла.
3. Геоинформационные исследования закономерностей пространственного размещения известных месторождений углеводородов.
4. Разработка вероятной историко-генетической модели геологического развития территории.
5. Оценка возможностей открытия ещё невыявленных скоплений углеводородов на основе открытых закономерностей и использования формализованного знания.

Научная новизна:

1) Впервые для территории Сирии выявлена многоуровневая кластерная модель структурной организации углеводородных скоплений в осадочных отложениях чехла.

2) Установлено, что в изученной нефтегазоносной области опускание земной коры было неравномерным. Выделено пять районов с относи-

тельно устойчивым в пространстве и во времени, но крайне неравномерным по скорости погружением.

3) Также впервые получены результаты, свидетельствующие о синергетическом режиме геологического развития территории, наиболее интенсивно проявленном в плиоценовое время. Следствием данного режима является упорядоченное размещение месторождений углеводородов в пространстве, маркирующее внутреннее строение всего осадочного чехла как региональной геологической системы.

Практическая значимость

Установленные структурные закономерности пространственного распределения месторождений углеводородов являются основанием для позитивной оценки перспектив территории и открывают дополнительные возможности для прогнозирования вероятных мест локализации ещё не выявленных промышленных объектов. Прогнозирование с использованием принципа структурной гомологии и геоинформационного подхода позволило определить участки территории, где возможно обнаружение новых газонефтяных месторождений, и дифференцировать их в пределах триас-юрских, меловых и неоген-палеогеновых частей разреза осадочного чехла.

Апробация результатов работы

Полученные результаты и отдельные положения диссертации докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях факультета геологии, геоинформатики, и геоэкологии ИрГТУ "Вопросы прикладной геологии, геофизики и геоэкологии" (Иркутск, 1996), на второй международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых им. академика М. А. Усова "Проблемы геологии и освоения недр" (Томск, 1998).

Публикации

Основное содержание диссертации отражено в 4-х печатных работах.

Базовый материал и личный вклад автора при выполнении исследований

При выполнении исследований использован исходный фактический материал из всех доступных публикаций и неопубликованных материалов из тематических отчётов по геологии нефти и газа Сирии. Личный вклад автора заключается в проведении анализа и творческого переосмысления этих материалов с новых концептуальных позиций (принципов) и с использованием известных (палеотектонический анализ и др.) и новых (пространственно-статистический с элементами таксономического анализа, геоинформационный и др.) методов.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения. Общий объем текста 160 страниц, в том числе рисунков - 26, таблиц - 10. Список использованной литературы включает 96 наименований.

В первой главе рассматриваются общая характеристика территории Сирии, состояние её геологической, геофизической и геохимической изученности.

Вторая глава посвящена анализу территории Сирии как региональной геологической системы. В ней изложены использованные автором методологическая основа и принципы исследования, основанные на идеологиях современной (синергетической) концепции развития природных систем и геоинформационного подхода на основе формализации знания. Также в ней приведены результаты обзора и критического анализа существующих представлений об основных элементах строения и развития территории, вскрыты основные противоречия в сложившихся представлениях о её геологическом строении и развитии.

В третьей главе изложены результаты изучения особенностей режима опускания земной коры на территории Сирии в период формирования осадочного чехла. Здесь приведена методика исследований, показаны особенности системного проявления вертикальных тектонических движений и их количественная характеристика, дана структурная интерпретация последствий мезо-кайнозойского этапа развития территории.

В четвёртой главе помещены результаты изучения закономерностей пространственного размещения углеводородов. В ней даётся методика исследования и характеристика закономерности структурной организации поля концентрации углеводородов в форме мегакластера, маркирующего современное внутреннее строение мезо-кайнозойской части осадочного чехла как региональной геологической системы.

В пятой главе предлагается вероятная историко-генетическая модель геологического развития территории, основанная на установленных признаках его синергетического режима, рассматривается нелинейный характер эволюции обобщенных качественных и количественных характеристик скоростей опускания территории и даётся причинная интерпретация модели развития.

Шестая глава посвящена обсуждению возможности расширения перспектив промышленной нефтегазоносности территории на основе обобщения полученных результатов исследований с использованием нетрадиционных подходов, включая и геоинформационный.

Работа выполнялась в Иркутском государственном университете (ИГУ) и Иркутском государственном техническом университете (ИрГТУ), в течение 1985-2004 гг. В данный период входит трёхгодичный этап очной аспирантуры под руководством проф. В. П. Исаева, зав. кафедрой геологии нефти и газа ИГУ, которому автор выражает искреннюю

признательность. Автор также искренне благодарен второму руководителю данной работы, зав. кафедрой геологической съёмки, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых ИрГТУ проф. В. А. Филонюку, оказавшему помощь в разработке новой методологической концепции, использованной в работе, новых идей и подходов при решении поставленных задач в период завершения работы над диссертацией, когда автор был прикреплен к кафедре в качестве соискателя. Автор также благодарен за оказанную помощь сотрудникам кафедры геологии нефти и газа ИГУ и кафедры геологической съёмки, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых ИрГТУ.

Концептуальная основа исследований

Традиционные представления о процессах рудообразования и нефтегазообразования основаны на обобщении громадного опыта исследований и практического решения вопросов, связанных с формированием и использованием базы минеральных ресурсов в мире. Научная ценность и эффективность их велика. Однако ни одна из существующих и ранее существовавших концепций в любой из отраслей научного знания, в том числе и в геологических науках, не в состоянии объяснить все без исключения научные факты. Поэтому неслучайно ряд исследователей приходит к выводу о назревающей необходимости коррекции существующих представлений о динамике и режимах геологических процессов и в том числе процессов рудообразования и нефтегазообразования (Савенко, 1979; Филонюк, 1984; Красный, Садовский, 1986; Горяинов, 1986; Артюшков и др., 1987, 2000; Дмитриевский и др., 1993; Страхов, 2000 и др.)

Классические модели развития геологической среды при их качественной и количественной формализации опираются на принцип актуализма, предполагают преобладание равновесного типа физико-химических превращений и полное подчинение энергетических балансов второму закону термодинамики, отводят определяющую роль вмещающей среде в развитии морфоструктурных закономерностей и последовательный рост энтропии ее состояний.

Накопившиеся противоречия дали толчок к формированию новых представлений на основе идеологии термодинамической неустойчивости состояний геологического пространства на отдельных этапах его развития, когда системы совершают фазовые переходы с нарушением симметрии прежнего состояния. В этих случаях второй закон термодинамики не работает, процессы идут с уменьшением энтропии за счет формирования упорядоченных структур (из "хаоса" рождается "порядок"). В этих случаях за счет таких переходов обеспечивается максимальное поглощение свободной энергии геотектонических активизаций, являющейся причиной неустойчивого состояния геологической среды (Эбелинг, 1979; Вихерт, 1982;

Гончаров, 1982,1988; Горьянск, 1986; Шолпо, 1986; Дмитриевский и др.,1993 и др.).

В сфере геологии широко признанной рабочей модели новой концепции пока не существует, хотя ее идеи плодотворно использовались и используются многими исследователями (В.Б. Нейман, Г.Л. Пospelов, В.В. Богацкий, В.А. Филонюк, Р.Л. Бродская, В.М. Мишнин, П.М. Горьянов, А.Н. Дмитриевский, И.А. Володин и др.).

Признаки существования этих процессов, как правило, отображены в скрытых структурах, контролирующих распределение отдельных компонентов геологической среды, как сложной многопризнаковой системы. Такие структуры могут быть выявлены при проведении специальных исследований с использованием системно-структурного и геоинформационного подходов.

Конечно, здесь ни в коей мере нельзя отвергать роль общепризнанных моделей геологических процессов, составляющих основу существующих представлений об этих процессах. Безусловно, они находятся в определенных логических связях с неклассическими моделями и речь должна вестись лишь о возможных их приоритетах на тех или иных этапах развития среды.

Результаты обобщения и анализа материалов о геологическом строении и развитии территории Сири

Данная часть диссертации посвящена обсуждению результатов обзора и анализа доступных опубликованных и неопубликованных материалов за период наиболее интенсивного проведения исследований в данном регионе (Кювиле и др.,1956; Бакиров,1957; Данингтон,1961; Муратов, 1962; Зоненшайн, Поникаров и др.,1966; Казьмин,1965; Казьмин, Кулаков, 1965; Казьмин и др.,1964; Козлов и др., 1965; Крашенинников, 1964; Крашенинников, Поникаров,1964; Крашенинников и др.,1964; Поникаров и др.,1964,1965,1966,1967,1969); Уфлянд,1964,1965 и др.] с учётом дополненной геологической основы, учитывающей все эти данные. В итоге данного этапа исследований был выявлен ряд противоречий в существующих представлениях о геологическом строении и развитии территории, которые заключаются в следующем. Более чем трёхкилометровый разрез терригенно-карбонатных отложений территории представляет в среднем пестрый по составу литологический комплекс без ярко выраженных следов ритмичности, характеризующийся близкой для всех разновидностей пород степенью метаморфизма без каких-либо объективных признаков ее зонального изменения с глубиной залегания пород. С точки зрения существующих представлений такая зональность логична и должна иметь место.

Органическое вещество присутствует практически во всех породах и распределено относительно равномерно в пределах всего изученного про

странства, как по вертикали, так и по латерали, если рассматривать это распределение относительно всей территории в целом. В каждой отдельной части территории или разреза концентрация органического вещества колеблется, создавая неравномерный характер поля его концентрации в пределах всего осадочного чехла. Отмеченное во многом противоречит существующей эволюционной историко-генетической модели геологического развития территории, согласно которой должно наблюдаться плавное повышение степени метаморфизма с глубиной, зональное изменение по вертикали количества и состава органического вещества в породах и т.п. Но эти факты не отмечаются.

Общие представления о тектоническом строении территории в основном сформированы по данным геофизики с привлечением конкретных данных буровых скважин. Выявлено достаточно много локальных антиклинальных структур по гравиметрическим аномалиям, появление которых связывается с локальными "выступами" фундамента (иначе объяснение подобных аномалий невозможно). Однако при заверке буровыми скважинами большая часть локальных антиклиналей оказались либо ложными, либо пространственно смещенными относительно центров гравиметрических аномалий. Все это ставит под сомнение взятую за основу взаимосвязь антиклинальных структур с геофизическими аномалиями и саму модель тектонического строения территории, сформированную на предположении о существовании такой связи.

Анализ гидрогеологических особенностей территории и петрофизических свойств пород показывает, что с точки зрения проявления дальнедействующих флюидодинамических процессов регион следует рассматривать как неблагоприятный. Об этом свидетельствуют прямые и косвенные факты. К первым необходимо отнести высокую степень неоднородности разреза по пористости, проницаемости и химическому составу подземных вод, что может свидетельствовать о том, что для данного региона в большей мере характерен застойный режим подземных вод и других флюидов. Все эти факты противоречат предположению о возможности дальнедействующей миграции жидких углеводородов из нефтематеринских толщ (мест генерации) в места её локализации. Возможность дальнедействующей миграции нефти по вертикали (например, из палеозойских толщ в мезо-кайнозойские) представляется маловероятной. Для реализации подобного процесса необходима соответствующая тектоническая подготовка. Однако в этих условиях неизбежны процессы окисления нефти и, следовательно, невозможность дальнейшей её миграции.

И, наконец, последнее и наиболее важное противоречие состоит в том, что многоэтапное формирование углеводородов при различных режимах геотектонических процессов (например, в палеозое и мезозое) не согласуется с тем фактом, что химические составы нефтей и газов из ме-

сторождений, локализованных в толщах различных возрастов, практически одинаковы или существенно не отличаются.

Наличие отмеченных противоречий и послужило обоснованием необходимости проведения специальных исследований структуры осадочного чехла через структуру регионального поля концентрации углеводородов, как наиболее представительного маркера этой структуры и геодинамического режима ее развития. На основе результатов этих исследований в диссертации обосновывается три научных положения.

Первое защищаемое положение:

Опускание земной коры при формировании осадочного чехла на территории Сирии носило неравномерный характер, выраженный в дискретном и упорядоченном расположении районов с максимальными амплитудами и, соответственно, с максимальными скоростями погружения дна морского бассейна в период осадконакопления. Существует, по крайней мере, пять таких районов с устойчивым во времени (от палеозоя до кайнозоя включительно), но неравномерным по скорости погружением, которые расположены относительно равномерно в пределах исследованной территории.

Исследование палеотектонических условий с вовлечением суммарной мощности меловых, палеогеновых и неогеновых отложений, позволило выделить пять районов с неравномерной скоростью погружения (рис. 1). Скорость меняется как между системами, так и между ярусами.

В этих районах, отмечены продуктивные горизонты на нефть и газ, которые имеют благоприятные перекрывающие слои, способствующие сохранности скоплений углеводородов. Это глинистые и песчано-глинистые горизонты в нижнемеловых отложениях, кремнистые известняки и фосфатизированные глинистые породы в верхнемеловых отложениях и глинистые известняки, фосфатизированные глинистые породы и глины в неогеновых отложениях.

Установлено дискретное (прерывистое) размещение участков (районов) наибольшего погружения территории в определенные временные интервалы. Приведенный анализ закономерностей вертикальных движений в пределах территории Сирии показал, что области максимального погружения, начиная с нижнего мела и до четвертичного периода, сохранили свое пространственное положение и только отличались по величине скорости опускания в различные интервалы времени (см. рис. 1).

Установлено, что скорость погружения в нижне- и среднемеловое время меняется с 5,4 м в 1 млн. лет в районе III до 10,8 м/млн. лет в районе V. Наибольшая скорость погружения территории отмечалась в Иордании (юго-западная Сирия).

В верхнемеловое время скорость погружения меняется с 10,5 м/млн. лет в районе II до 111,0 м/млн. лет в районе IV.

В палеоцене, нижнем эоцене и олигоцене, если рассматривать их как единый временной интервал, направление фронта волны увеличения скорости опускания территории приобретает субширотное направление.

В нижнемiocеновое время скорость погружения меняется с 20,7 м в 1 млн. лет в районах I, II до 27,7 м в 1 млн. лет в районе IV.

В верхнемiocеновое время скорость погружения меняется с 31,2 м в 1 млн. лет в районе III до 93,7 м в 1 млн. лет в районе IV.

Проведённый анализ особенностей геологического строения и вертикальных тектонических движений на исследуемой территории в течение мезо-кайнозойского периода её развития приводит практически к однозначному выводу о том, что формирование региональной геологической структуры, которую исследователи зафиксировали на территории Сирии (именно в данный период её развития), связано преимущественно с вертикальными движениями фундамента.

На изученной площади предшественниками выявлено 9 поднятий и 10 впадин, которые расщедоточены на площади достаточно системно (см. рис.3). Среднее расстояние между центрами однопорядковых положительных структур (поднятий, валов и др.) и центрами отрицательных структур (впадин, мелких прогибов) колеблется в пределах 60-80 км или они удалены друг от друга на расстояние, кратное этой величине. При этом проявляется, хотя и не достаточно чётко, тенденция к яченстому распределению этих структур. Как видно, Баестиский выступ, поднятия Курд-Даг, Бишру, Антиливана, Ансария, Джераблосский вал как бы закольцованы, а внутри кольца ячея заполнена дискретно расщедоточенными впадинами и прогибами: Джаббуль, Идлибско-Аафринский, Эль-Габ(грабен), Нахр-Эль-Кебир, Хомская.

Выявленные нами районы, наиболее мобильные с точки зрения проявления вертикальных движений фундамента, также расщедоточены системно с равным удалением друг относительно друга в пределах 220 - 260 км.

Наконец, есть полные основания говорить и о длинноволновой периодичности в распределении наиболее крупных структур, связанных с вертикальными движениями фундамента. Примером отрицательной структуры данного масштаба является Месопотамский краевой прогиб. Центр этой структуры уходит за пределы территории Сирии на северо-восток. Если принять выступ относительно устойчивой части склона платформы с относительно неглубоким залеганием преимущественно докембрийского фундамента (он расположен у южной границы территории Сирии) за положительную структуру, непосредственно сопряжённую с Месопотамским прогибом, то величина полупериода появления структур подобного типа составит не менее 600 км.

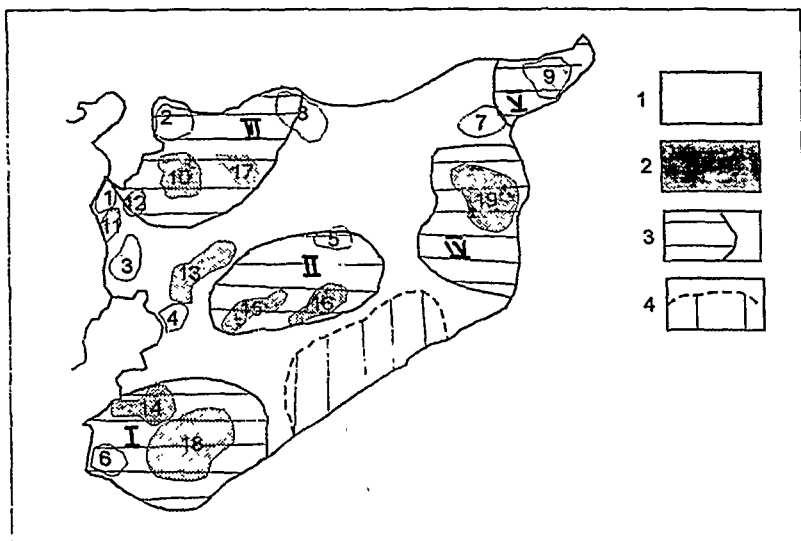


Рис.1 Схема пространственного размещения основных структурных элементов мезо-кайнозойского периода развития территории.

1 - поднятия (1 - Баестиский выступ, 2 - Курд-Даг, 3 - Ансария, 4 - Антиливан, 5 - Бишру, 6 - Иорданское, 7 - Тулябско-Синжарский краевой вал, 8 - Джераблосский вал, 9 - Камышлы-Карачокский вал);

2 - впадины (10 - Идлибско-Аафринский прогиб, 11 - Нахр-Эль-Кебир, 12 - Эль-Габ грабен, 13 - Хомская, 14 - Дамасская, 15 - Эд-Дау, 16 - Сабхет нау, 17 - Джаббуль, 18 - Друзский прогиб, 19 - Дейр-Эз-Зорская);

3 - участки наиболее интенсивного проявления вертикальных тектонических движений;

4 - участки относительно замедленных вертикальных движений фундамента.

Существуют структуры более высокого порядка, которые слабо выражены (весьма пологие поднятия и прогибы). Они практически не опознаются геофизическими методами, так как не чувствительны к изменениям поверхности фундамента.

В итоге сделан вывод о том, что геодинамический режим развития территории был неоднородным. Выявленные пять районов с наиболее из-

менчивой скоростью опусканий свидетельствуют о том, что процесс геотектонического развития был дискретным. Это выразилось в том, что на фоне относительно плавных вертикальных движений земная кора испытывала более интенсивные тектонические движения в отдельных разоб- щенных районах. Это явный признак системного характера этих движений в условиях неустойчивости геологической среды.

Второе защищаемое положение:

Все известные газонефтяные месторождения исследуемой территории локализованы в виде последовательно входящих друг в друга скоп- лений, формирующих в целом многоуровневый мегакластер. Он обладает характерными свойствами: дискретность и упорядоченность, масштаб- ное подобие или фрактальность, структурная автономия, нелиней- ность.

Изучение закономерностей структурной организации поля концен- трации углеводородов (ПКУ) на территории Сирии проведено с использо- ванием известного опыта системно-структурного анализа в полном соот- ветствии с методологическими принципами, которые были использованы при изучении рудных месторождений (Филонюк, 1986, 1994).

Высокая степень изученности территории, наличие информации по 65 месторождениям углеводородов, сконцентрированных на площади 80 тыс. кв. км предопределяет возможность получения вполне объектив- ных результатов исследования. В качестве основного метода изучения использовано конкретное пространственное картирование и таксономиро- вание распределения месторождений углеводородов как самостоятельной признаковой подсистемы геологической среды с целью получения разно- масштабных информационных моделей (схем) их размещения. Теоретиче- ская основа метода представлена в многочисленных публикациях (Драгу- нов, 1971; Иерархия геологических тел: Тематический справочник), 1978; Басков, Васильев, Драгунов и др., 1971; Власов, Лукьянов и др., 1975; Фи- лонюк, 1994 и др.). Путём объединения в таксоны (или скопления) наибо- лее близко-расположенных месторождений, и точно такого же формиро- вания скоплений или таксонов следующего, более крупного порядка была получена многоуровневая информационная модель структурной организа- ции поля концентраций углеводородов (ПКУ) в литофациях конкретных возрастных подразделений. Критерием близости расположения объектов, принадлежащих одному таксону является расположение их на минималь- ном как по вертикали, так и по горизонтали, но примерно одинаковом рас- стоянии друг от друга.

Для решения задачи по выявлению данных структурных закономер- ностей более важным является не столько точное выявление границ так- сона, сколько выявление пространственного положения его «эпицентра», с тем, чтобы впоследствии объективно отфиксировать геометрические па-

параметры установленной модели структурной организации изучаемой подсистемы.

Из приведённой таблицы (табл. 2), где дана стратиграфическая привязка всех известных нефтегазовых месторождений данной территории, видно лишь, что они неравномерно рассредоточены по всему разрезу палеозойской, мезозойской и кайнозойской части осадочного чехла. В результате проведённых исследований было установлено, что обобщённая модель их пространственного размещения, как самостоятельной углеводородной (т.е. монопризнаковой) подсистемы, представляет собой мегакластер (рис.2, табл. 1). Это является ярким свидетельством наличия определенного порядка в распределении месторождений, заданного мотивом плоской "кристаллической решётки" (Филонюк, Кхалаф, 2002).

Таблица 1

Показатели структурной организации мегакластера

Уровни организации	I	II	III	IV	V
Показатели организации					
Параметр ячейки структурной матрицы в плане, км	7 6-9	16 10-20	40 31-50	96 64-128	240 224-256
Скейлинговый коэффициент	2,3		2,3	2,4	2,5

Примечание: числитель - среднее значение, знаменатель - пределы изменения значений (min - max). Точность измерения соответствует масштабу карты 1: 100000.

Размеры установленной части этой структуры на горизонтальной проекции составляют 400 км по простиранию и около 200 км вкрест простирания и локализована она в толще терригенно-карбонатных пород суммарной мощностью более 3-х км (верхний палеозой-триас-неоген включительно). Всего установлено 7 наиболее крупных элементов (узлов) этого кластера (1 - в палеоген-неогеновой части разреза, 3 - в меловой, 2 - в триас-юрской и 1 - в палеозойской). Каждый из этих элементов в плане представляет пространственно изолированный плоский диск (линзу), входящий в более крупный диск или слегка вытянутую в СВ или СЗ направлениях линзу. В основе такого деления - дискретно расположенные скопления месторождений и отдельных залежей (см. рис. 2).

Метрические характеристики разноуровневых матриц, контролирующих пространственное положение эпицентров скоплений выделенного нами мегакластера, свидетельствуют о том, что мы имеем дело с единой многоуровневой системой, обладающей свойствами дискретности и упорядоченности, масштабного подобия (скейлинга), структурной автономии

(система имеет свою независимую структуру) и нелинейности (см. табл.1, рис 2).

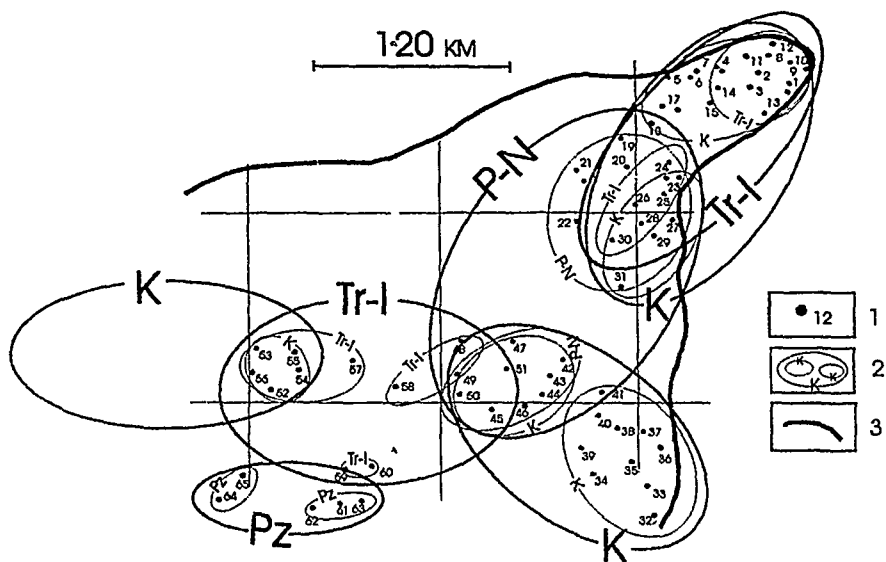


Рис. 2 Геометрическая модель углеводородного мегакластера (горизонтальная проекция).

1 - месторождение и его номер; 2 - последовательно входящие друг в друга скопления углеводородных месторождений (таксоны) различных масштабных уровней; и их положение в разрезе осадочной толщи (палеозой - Pz, триас - юра - T-J, мел - K, палеоген - неоген P-N); 3 - северо-восточный контур государственной границы

Выдержанный характер скейлингового коэффициента и близость его значения к величине универсального показателя для природных нелинейных систем, установленного Фейгенбаумом (Фейгенбаум, 1983) свидетельствует о том, что данный мегакластер может быть отнесён к классу природных нелинейных систем, формирующихся в условиях неустойчивого состояния среды. Выявленный факт свидетельствует, скорее всего, об одноступенчатом формировании этой структуры.

Третье защищаемое положение:

Особенности формирования и геологического развития осадочного чехла территории связаны с неравномерным её опусканием в синергетическом режиме. Самая высокая интенсивность проявления данного режима имела место в плиоценовое время. Выявленные закономерности позволяют прогнозировать местоположение новых месторождений углеводородов в Восточной Сирии. Технологически такой прогноз целесообразно проводить с помощью методов геоинформационного анализа – прежде всего на основе формализации знаний с использованием картографической геологической информации.

Согласно классической научной версии углеводороды на территории Сирии локализованы, в основном, в осадочной толще мезозоя и кайнозоя. В мезозое нефтегазоносными являются кремнистые известняки, мергели и аргиллиты меловой системы, а в кайнозое палеоген-неогеновые мергели, карбонатные и терригенные породы с относительно высоким содержанием органики (Сорг до 15%). В породах палеозойской системы на данной территории месторождений УВ не обнаружено, но они рассматриваются в числе возможных источников УВ (осадочные формации Tanf и Markada). Версия предполагает последовательную этапность процессов формирования и пространственного распределения углеводородов с постепенным расширением очагов их проявления от мелового периода до среднего миоцена, когда вся Сирийская территория представляла единый очаг образования и распределения УВ в пространстве (Поникаров, Казьмин, 1969).

В результате специальных исследований геодинамического режима, этой территории на протяжении последних 144 млн. лет нами получены данные о характере изменчивости скорости опускания по пяти ранее выявленным участкам наиболее активного и неравномерного проявления этого процесса как фактора, с которым связано продуцирование углеводородов (Кхалаф, 1996).

Результаты исследований сконцентрированы на совмещённых графиках (рис.3). Как видно, изменение средней скорости опускания территории носит периодический характер, причём на исследуемом отрезке времени отмечается периодичность двух порядков. Более высокочастотная имеет тенденцию, хотя и не очень чётко проявленную, к некоторому повышению частоты в неогеновое время, т.е. средняя скорость опускания меняется в ускоренном режиме. Периодичность более низкого порядка фиксируется в чётко проявленных максимумах в верхнем мелу, палеогене и формирующемся максимуме на этапе современного развития территории.

Наиболее объективную количественную информацию о характере режима опускания даёт показатель изменчивости средних значений скоростей - среднеквадратическое отклонение в абсолютном выражении или его

значение, нормированное по среднему (коэффициент вариации). Особенно информативны сглаженные графики этих показателей, которые свидетельствуют о резком повышении интенсивности изменения скорости опускания начиная с нижнего миоцена. Величина стандартного отклонения начинает превышать значение среднего, резко снижая статистическую устойчивость этой величины, что может быть проинтерпретировано как отображение динамической неустойчивости режима опускания на этом временном отрезке развития, максимально проявленной в плиоцене.

Небольшой «всплеск» неустойчивости режима опускания фиксируется на границе нижнего и верхнего мела, однако его интенсивность и продолжительность по времени значительно уступают миоцен-плиоценовому максимуму и, вероятнее всего, его «мощность» не достигла критической отметки, чтобы спровоцировать полномасштабный синергетический режим продуцирования и пространственного размещения углеводородов.

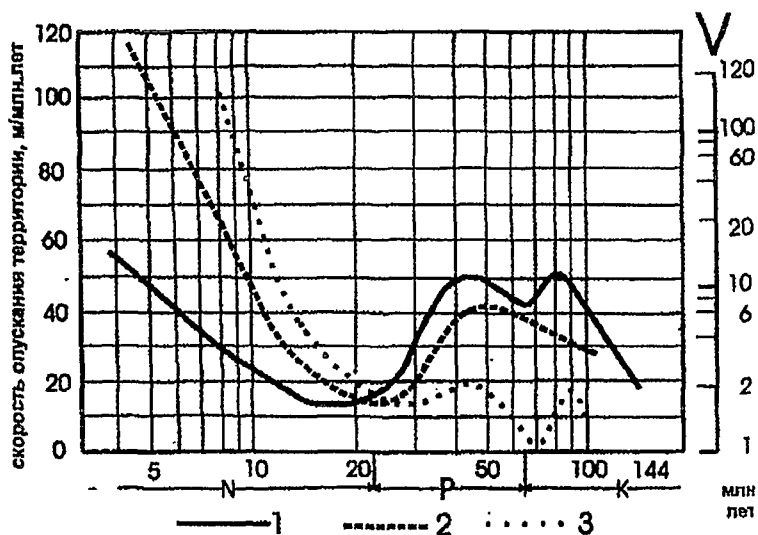


Рис.3 Динамика изменений статистических характеристик процесса опускания северо-восточной части территории Сири в мезо-кайнозой по пяти наиболее мобильным участкам, выделенным по данным палеотектонического анализа.

(N - неоген, P - палеоген, K - мел; сглаженные кривые: 1 - средних значений скоростей опускания; 2 - абсолютных значений стандартных отклонений от средних скоростей; 3 - относительных величин V последовательного изменения коэффициентов вариации скоростей опускания).

Дополнительным аргументом в пользу такой интерпретации является график, отображающий характер поведения градиентов изменения значений коэффициента вариации во времени. Здесь также зафиксирован периодический характер этой величины с нелинейно возрастающей амплитудой периодов от мела к неогену (график относительного ускорения V), причем интенсивность нижнемиоценового максимума на два порядка превышает интенсивность мелового. Если их рассматривать как факты фиксации некоторого причинного воздействия на данную территорию, которые могли привести ее в состояние неустойчивого геологического развития, то они косвенно подтверждают предполагаемую нами научную версию о синергетическом режиме развития территории.

Таким образом, полученные данные позволяют заключить, что формирование выявленного углеводородного мегакластера может быть проинтерпретировано как результат синергетического режима геологического развития территории. Его критическая фаза была проявлена на всей её площади в плиоценовое время. В данной неустойчивой обстановке и возник прецедент единого во времени кооперативного взаимодействия процессов формирования структуры осадочного чехла, продуцирования и размещения в пространстве углеводородов и создания условий для их сохранности.

Формирование подобных структур пространственного размещения газонефтяных месторождений в условиях неоднородной с точки зрения флюидопроницаемости геологической среды в процессе многоэтапной эволюции, как это следует из сложившихся представлений, весьма проблематично. По классической версии выявленная структура пространственного распределения углеводородов могла возникнуть только в условиях тектонически подготовленной геологической среды с упорядоченным распределением мест их возможной локализации при реальности процесса их свободной миграции в любых направлениях пространства. Но такое предположение, основанное на приоритете флюидной динамики, для такой достаточно обширной территории явно не реально.

С нашей точки зрения выявленную ситуацию можно проинтерпретировать следующим образом. Учитывая признаки синергетического режима геологического развития территории и эволюцию скоростного режима вертикальных движений земной коры на данной территории в мезокайнозой можно рассматривать современное геологическое строение её как следствие одноактного тектонического процесса, произошедшего, вероятнее всего, в плиоцене в период самой высокой (критической) степени термодинамической неустойчивости геологической среды в данном регионе. На фоне всевозможных структурно-вещественных превращений, сопровождавших такой процесс, реально предположить массовое формирование метана. Не вдаваясь детально в проблему его источника (органи-

ческое его происхождение или поступление из глубины как неорганического вещества) можно предположить, что именно метан мог явиться реальным «рабочим телом», который в данных условиях, благодаря своей более высокой проницаемости в сравнении с другими флюидами, выполнял структурообразующую роль для всей толщи в целом. Неоднородность вмещающей среды по проницаемости в вертикальном направлении создавала благоприятные условия для резкого увеличения пластовых давлений газа в отдельных, наиболее проницаемых для газа, слоях и горизонтах. В условиях повышенной пластичности разреза газ сам создавал системы упорядоченных ловушек в виде антиклинальных структур и экранированных полостей, где он в условиях, благоприятных для его локализации и длительной сохранности, подвергался консервации. Впоследствии по мере изменения термодинамических условий могла происходить полимеризация метана в более тяжёлые жидкие и твердые углеводороды, которыми и представлены современные месторождения и заражён практически весь разрез осадочных отложений. Там, где покрышки оказались менее надёжными в силу неблагоприятных физико-механических свойств пород или их тектонической нарушенности после локализации в них газа, метан постепенно рассеивался, а созданная им ловушка оставалась. Высокая степень заражения осадочного чехла твёрдыми углеводородами (битумы, парафины и т.д.) может быть следствием полимеризации рассеянного метана. Этим также можно объяснить и тот факт, что многие антиклинальные структуры после заверки бурением не содержали углеводородов. Данное предположение требует проведения специальных исследований с целью его подтверждения или опровержения.

Полученные результаты хорошо согласуются с научной версией Артюшкова Е.В. и Безра М.А. о генетической связи скоростных процессов опускания территорий и формирования месторождений углеводородов (Артюшков, Безра, 1987; Артюшков, 2000). Действительно на примере нефтегазовых провинций Западно-Сибирской плиты и Русской платформы они показали, что формирование скоплений углеводородов связано с этапами скоростных погружений территорий.

Перспективы открытия новых месторождений углеводородов

Установленные закономерности пространственного распределения углеводородов на территории с высокой степенью изученности открывают возможность использования нетрадиционного подхода к оценке перспектив нефтегазоносности как в пределах, так и за пределами изученной площади. В работе использованы два подхода.

Основу первого составляет принцип структурной гомологии, т.е. принцип, исходящий из свойства структурной упорядоченности в распределении прогнозируемых объектов. Этот принцип предусматривает трансляцию формы и размеров ячеек структурной матрицы, контролирующей

пространственное положение в нашем случае отдельных залежей внутри их скоплений (месторождений), месторождений внутри нефтегазоносных зон, самих зон внутри нефтегазоносных районов и т.д., за пределы изученного пространства. Целью такой трансляции является определение вероятного местоположения "вакансий", т.е. мест вероятной локализации ещё не выявленных объектов. При этом пределы трансляции структурных матриц на каждом иерархическом уровне определяются вероятными размерами элемента неоднородности смежного верхнего надуровня. Например, структурную матрицу, контролирующую распределение нефтегазовых залежей внутри месторождения, можно транслировать только в пределах контуров месторождения, вероятные средние размеры которого должны быть известны.

Скейлинговая основа принципа даёт право его использования на любых масштабных уровнях объекта и оперировать при этом как горизонтальными, так и вертикальными связями между структурно организованными элементами монопризнаковой подсистемы, локализованной внутри этого объекта.

Анализ выявленных структурных закономерностей показывает, что перспективы нефтегазоносности на территории Месопотамского прогиба далеко не исчерпаны. В пределах предполагаемых границ элемента VI уровня мегакластера, локализованного, в основном, на территории Сирии и являвшегося основным объектом наших исследований, имеются "вакантные" узлы, где могут быть локализованы ещё не обнаруженные элементы V-го уровня. Использование данного принципа может помочь выявить также неустановленные элементы более детальных уровней организации углеводородного мегакластера. При этом поиск таких элементов необходимо осуществлять в пределах продуктивных частей разреза осадочного чехла, не забывая при этом тенденцию к минимальной взаимной экранировке элементов мегакластера по вертикали. Это значит, что если в одном из продуктивных частей разреза установлены скопления углеводородов, то в других смежных выше и ниже лежащих продуктивных горизонтах такие скопления при изображении всей этой ситуации на горизонтальной проекции, вероятнее всего, могут быть установлены в промежутках между скоплениями углеводородов основного горизонта. Таким образом, элементарной ячейкой структурной матрицы, контролирующей размещение скопления углеводородов в трёхмерном пространстве на каждом масштабном уровне, является элементарный, упрощённый по вертикали тетраэдр.

Выявленные закономерности распределения углеводородов в пространстве дают основу для использования нетрадиционного подхода к прогнозированию нефтегазоносности в пределах территорий, положительные перспективы которых уже давно установлены и не вызывают сомнений. К таким территориям относится Месопотамский прогиб. По самым оптимистическим оценкам перспективы данной нефтегазовой провинции

могут быть удвоены за счёт выявления ещё не установленных мест скоплений углеводородов. Но для этого необходимо разработать нетрадиционную систему поисков, максимально адаптированную к условиям открытых закономерностей. Это значит, что традиционные методические решения и рекомендации в этом направлении должны быть соответственно уточнены или переработаны.

Прогнозирование на основе **геоинформационного подхода** предполагает анализ геоданных, в форме картографических геологических объектов, описываемых идентификатором (сокращенное обозначение класса геологических объектов) (Ломтадзе, 1996, 2001). В нашем случае рассмотрено два класса выявленных нами участков наиболее интенсивного проявления локальных прогибов в меловое и палеоген-неогеновое время, зафиксированных в соответствующих координатах. Основываясь на предположении о том, что месторождения углеводородов и проявления локальных прогибов генетически каким-то образом связаны, была реализована попытка на основе геоинформационного анализа спрогнозировать участки наиболее вероятного расположения ещё не выявленных месторождений углеводородов. При таком прогнозе использована технология формализации отношений соседства и вложенности (Марченко, 1988), основанная на расчёте вторичных картографических признаков и знания, для формализации которых удобно использовать условные вероятности.

На территорию как бы "набрасывается" квадратная сеть, и для каждого узла сети рассчитывается расстояние до ближайшего картографического объекта каждого класса. Если узел сети находится внутри объекта (в нашем случае внутри локального прогиба определённого класса), то значение вторичного картографического признака изменит свой знак - так формализуется отношение вложенности. Если узел сети находится поблизости от границы прогиба во внешней его зоне, то значение вторичного картографического признака будет небольшим - так формализуется отношение соседства.

Выполненные прогнозные построения показали непротиворечивость результатов обоих подходов. Участки вероятного размещения предполагаемых залежей углеводородов, установленные на основе геоинформационного подхода, распределились в промежутках между участками локальных скоростных прогибов (рис 4). Данный результат подтверждает выявленную закономерность кооперативного поведения (принцип синергизма) двух генетически взаимосвязанных самостоятельных подсистем - подсистемы дискретно рассредоточенных прогибов и подсистемы скоплений месторождений углеводородов, которые друг друга не унаследуют.

Таким образом, применённый системно-модельный подход с формализацией знаний на основе задания условных (интуитивных) вероятностей, кроме непосредственного прогноза, приближает исследователей ещё и к пониманию изучаемого явления.

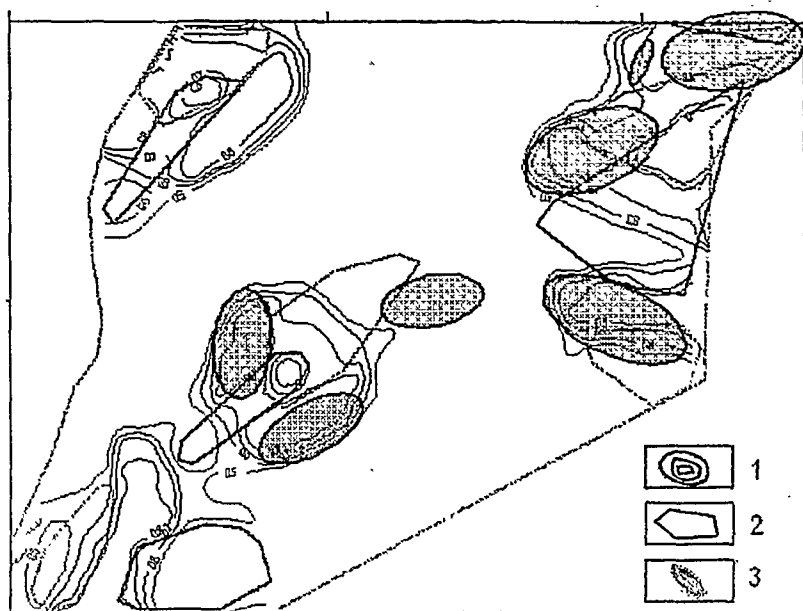


Рис. 4. Карта – схема прогноза нефтегазоносности Восточной Сирии, построенная на основе формализации знаний

- 1-изолинии апостериорных вероятностей распределения продуктивных площадей;
- 2-контуры прогибов мелового и неоген-палеогенового возраста;
- 3-известные участки локализации месторождений углеводородов.

Заключение

В данной работе приведены результаты, полученные на основе критического анализа накопленной информации за годы интенсивного проведения геологических исследований на территории Сирии и дополнительного изучения особенностей внутреннего строения её как региональной геологической системы с привлечением в качестве научной основы синергетической концепции развития природных систем. Кроме этого, исследованы особенности режима геодинамических процессов. В результате установлен динамически неравномерный характер опускания территории в различных её частях и нелинейный рост неустойчивости скоростного режима этого процесса от нижнемелового периода до плиоцена. Дан анализ опубликованных данных относительно генерационных возможностей нефтегазоматеринских пород и проведено исследование закономерностей

пространственного размещения углеводородов. Впервые для углеводородных подсистем геологической среды выявлен многоуровневый дискретный и упорядоченный (структурно организованный) характер пространственного распределения их элементов неоднородности на каждом масштабном уровне. Геометрическая модель этой подсистемы представляется в виде плоского мегакластера, обладающего свойством масштабного подобия (самоподобие мотива порядка на всех уровнях структурной организации подсистемы), свойством структурной независимости (автономии) и свойством нелинейности изменения геометрических параметров структуры при последовательном переходе от одного масштабного уровня к другому (смежному с ним). Все эти свойства обычно маркируют синергетический режим развития природных монопризнаковых подсистем.

На этой основе разработана вероятная историко-генетическая модель геологического развития территории, базирующаяся на новых представлениях о формировании структуры геологической среды в условиях высокой степени её неустойчивости. Полученные результаты позволили проинтерпретировать эту модель как следствие одноактного (одновременного) процесса формирования структуры региональной геологической системы, генерации и пространственного распределения углеводородов и создания условий для их консервации и сохранности, имевших место вероятнее всего в плиоцене.

На основе установленных закономерностей предложен нетрадиционный вариант прогнозирования не выявленных зон нефтегазонакапления в Месопотамском прогибе с использованием принципа структурной томологии и геоинформационного подхода. Дана позитивная оценка потенциальной возможности обнаружения не выявленных залежей, месторождений, их скоплений и нефтегазоносных районов.

Публикации по теме диссертации:

1. Муса Кхалаф. Геодинамические условия формирования и особенности пространственного размещения углеводородов на территории Сирии. //Вопросы прикладной геологии, геофизики и геоэкологии. Иркутск: ИПИ. 1996. с.23-27.
2. Муса Кхалаф. Геология Восточной Сирии и перспективы нефтегазоносности Месопотамского прогиба. //Проблемы геологии и освоения недр. Мат-лы Второй Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных им. академика М.А. Усова. Ч. 2. Томск: из-во Научно-технической литературы. 1998. С. 41-42.
3. Муса Кхалаф. О перспективах нефтегазоносности Сирии. //Известия вузов Сибири. Выпуск 2-3. Иркутск: из-во ИрГТУ. 1998. С. 104-107.
4. Филонюк В.А., Муса Кхалаф. Мегакластерные углеводородные системы в геологической среде и их вероятная природа.//Вестник ИрГТУ, №12. 2002. С. 24-30.

РНБ Русский фонд

2007-4

13543

Формат 60x84 1/16.
Бумага типографская. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1С.
Уч.-изд. л. 10 Тираж 100 экз. Зак. 442

ИД № 06506 от 26.12.2001
Иркутский государственный технический университет
664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83

03 АСБ 2004