

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Тюменский государственный нефтегазовый университет»

**И. В. Кислухин, В. И. Кислухин, В. Н. Бородкин**

# **МЕТОДЫ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

*Учебное пособие  
для студентов геологических специальностей  
очного и заочного обучения*

Тюмень  
ТюмГНГУ  
2011

УДК 553.982.23(551.3)

ББК 74.58я73

К 44

Рецензенты:

доктор геолого-минералогических наук, профессор Ю. Я. Большаков  
кандидат геолого-минералогических наук В. С. Бочкарев

**Кислухин, И. В.**

К 44

Методы поисков месторождений углеводородного сырья : учебное пособие / И. В. Кислухин, В. И. Кислухин, В. Н. Бородкин. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. – 52 с.

ISBN 978-5-9961-0312-6

В учебном пособии содержатся сведения по различным методикам и новым методам, внедряемым в практику нефтегазопроисковых работ. Особое внимание уделяется их комплексированию, коэффициенту успешности каждого метода, а также определению возможностей проводимых исследований в районах с отличительными особенностями геологического строения. Изучение студентами материалов, изложенных в учебном пособии, будет способствовать быстрой адаптации их как на производстве, так и при участии в научных исследованиях.

Пособие предназначено для студентов геологических специальностей очной и заочной формы обучения.

УДК 553.982.23(551.3)

ББК 74.58я73

ISBN 978-5-9961-0312-6

© Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тюменский государственный нефтегазовый университет», 2011

## Оглавление

	Введение .....	5
1.	Поиски месторождений углеводородного сырья – цели и задачи исследований .....	5
2.	Этапы поисково-разведочного процесса, их цели и задачи .....	6
2.1.	Поиски скоплений нефти и газа .....	7
2.1.1.	Региональные работы поискового этапа .....	7
2.1.2.	Детальные поисковые работы .....	10
2.2.	Разведка скоплений нефти и газа .....	13
2.2.1.	Предварительная разведка .....	13
2.2.2.	Детальная разведка .....	14
3.	Принципы размещения поисковых и разведочных скважин .....	15
4.	Комплекс исследований и документация при бурении скважин .....	17
5.	Методы сопоставления разрезов глубоких скважин .....	18
6.	Полевые геофизические методы исследований .....	19
7.	Прямые геофизические и геохимические методы поисков нефтяных и газовых месторождений .....	24
7.1.	Геофизические методы исследований .....	24
7.2.	Геохимические методы исследований .....	25
7.3.	Гидрогеологические и гидрогеохимические методы исследований .....	26
7.4.	Буровые работы .....	26
8.	Ресурсы и запасы углеводородного сырья .....	27
9.	Методы прогноза нефтегазоносности при поисках месторождений углеводородного сырья .....	29
9.1.	Прогноз нефтегазоносности земель по космической информации .....	29
9.2.	Геотермические критерии прогноза нефтегазоносности .....	30
9.3.	Гидрогеохимические методы оценки нефтегазоносности осадочного чехла .....	31
9.4.	Использование метода СБС-петля электроразведки для прямых поисков нефти и газа .....	34

9.5.	Геотектонические критерии локального прогноза нефтегазоносности (по методике Т. Ф. Колмакова)	37
	.....	
9.6.	Применение структурно-геоморфологических методов	39
10.	Оптимизация поисково-разведочных работ в районах с высокой степенью освоения ресурсов .....	41
	Вопросы для 1 аттестации .....	48
	Вопросы для 2 аттестации .....	49
	Список литературы .....	50

## **Введение**

Настоящее учебное пособие предназначено в качестве дополнительной литературы для изучения дисциплины «Методы исследований при поисках и разведке месторождений нефти и газа» для студентов старших курсов геологических специальностей. Оно позволяет в доступной форме ознакомиться с целями и задачами поисково-разведочного процесса, основными методиками, используемыми при поисках месторождений нефти и газа. Пособие рассчитано на курс, включающий 17 часов лекций. Практические занятия в объёме 34 часов представлены в отдельном методическом указании. Вопросы для закрепления материалов описываемой дисциплины и проведения аттестаций даются после основного текста.

### **1. Поиски месторождений углеводородного сырья – цели и задачи исследований**

Нефтяная промышленность является одной из основных отраслей народного хозяйства. Трудно переоценить значение нефти в нашей жизни: это бензин, керосин, различные масла, пластмассы и другие материалы без которых мы не мыслим современную жизнь.

Главная цель – ознакомление и изучение существующих методов поисков промышленных скоплений углеводородного сырья, установление закономерностей в размещении нефти и газа в земных недрах, районирование нефтегазоносных территорий по перспективам с обоснованием прогноза гидрогеохимических, электрометрических методов исследования земных недр.

Предметом изучения являются залежи и месторождения

нефти газа, а также различные методики, используемые при их поисках.

До середины XIX столетия в промышленных масштабах нефть не добывалась, поскольку не было технических средств её извлечения на поверхность. Нефть самым примитивным способом вычерпывалась из колодцев, вырытых вблизи её естественных выходов. Первый нефтеперегонный завод в России построен на Кавказе в 1821 году. Главным образом, он производил керосин. Первоначально нефть добывалась лишь в районе Баку и на Северном Кавказе.

Решающую роль в развитии нефтедобывающей промышленности сыграло бурение скважин. Первая скважина была пробурена на Кавказе в 1848 году. Но промышленная нефть стала добываться только с 1871 года. 1872 год – получен первый промышленный приток нефти в районе Ухты. Впервые советские пятилетки была открыта Волго-Уральская нефтегазоносная провинция. На территории Западной Сибири промышленный приток природного газа был в 1953 году (Березовское месторождение). Ознаменовал открытие новой нефтегазоносной провинции, как впоследствии оказалось одной из крупнейших в мире.

## **2. Этапы поисково-разведочного процесса, их цели и задачи**

Многие понятия и процессы в геологии различные исследователи трактуют по-разному или с существенными нюансами.

В основном обобщающий и достаточно аргументированный процесс поисков и разведки месторождений нефти и газа дается в публикациях А.А. Бакирова и В.С. Мелик-Пашаева. Поэтому мы будем придерживаться тех этапов поисково-разведочного про-

цесса, которые выделил А.А. Бакиров, внося лишь некоторые изменения, дополнения и конкретизируя отдельные положения.

Поисково-разведочный процесс на нефть и газ является сложным и длительным. Он объединяет различные взаимосвязанные виды работ, которые должны обеспечить выявление и геолого-экономическую оценку, а также подготовку промышленных запасов к разработке.

Весь поисково-разведочный процесс подразделяется на 2 этапа: поисковый и разведочный.

## **2. 1. Поиски скоплений нефти и газа**

Рассматриваемый этап подразделяется на 2 стадии: региональные (предварительные) и детальные поиски.

### **2.1.1. Региональные работы поискового этапа**

На стадии региональных работ проводятся обширные геологические, геофизические, геохимические, гидрогеологические, буровые, научно-тематические исследования.

Геологические работы. В связи с тем, что территория Западной Сибири покрыта мощной толщей четвертичных отложений, геологическая съемка возможна здесь только в прибортовых районах.

Нередко на территориях Центральных и Южных районов Западно- Сибирской нефтегазоносной провинции хорошие результаты дает геоморфологическая съемка – особенно там, где вечная мерзлота, либо небольшая (до 10-15м) по мощности, либо отсутствует. В северных районах, где мощности вечной мерзлоты достаточно велики, иногда можно проводить довольно успешно геоморфологические исследования с помощью гидросети, которая, несмотря на изменения в современном рельефе во многом

«сохраняет память», огибая крупные приподнятые участки территории, не сохранившиеся в современном рельефе.

Задачи, решаемые вышеназванными исследованиями, заключаются в изучении общих черт геологического строения, стратиграфии и тектоники территории. Совместно с геохимическими и гидрогеологическими исследованиями определяются возможные нефтегазосодержащие комплексы и горизонты по изучению состава и типа подземных вод, исследованию всех нефте-, газо-, битумопроявлений.

В пределах Западной Сибири большое значение имеют геофизические исследования.

Применение КМПВ, МОГТ позволяют детально изучить строение структурных форм фундамента и глубины его залегания, определить мощности и параметры отдельных структурных этажей осадочного чехла.

Для регионального изучения нефтегазоносных территорий в ряде случаев успешно применяется электроразведка, магниторазведка. Они позволяют более детально изучить особенности строения исследуемой территории, служат основой для обоснования заложения параметрических скважин.

В региональный комплекс работ входят бурение опорных и параметрических скважин.

Опорное бурение проводится на территориях ещё не изученных глубоким бурением - это первые скважины, которые закладываются в исследуемом регионе. Его материалы впервые дают возможность увидеть то, что мы лишь предполагали по данным предыдущих геолого-геофизических исследований.

Опорные скважины бурятся на максимально технически возможную глубину с отбором керна до 100%. В их задачу входит: изучение геологического строения исследуемой территории, стратиграфии, тектоники, обоснование потенциальных нефтега-



зоносных комплексов, изучение их коллекторских свойств. Здесь проводят геохимические и гидрогеологические исследования, иногда опорные скважины открывают нефтегазоносные провинции путём открытия скоплений нефти или газа промышленного значения (например, Тазовская опорная скв.1) и дают оценку перспектив нефтегазоносности крупных регионов.

Параметрические скважины бурятся на территории изученной глубоким опорным бурением. Они бурятся до полного вскрытия всех возможно нефтегазоносных комплексов с отбором керна 20%.

В задачи параметрических скважин входят: уточнение стратиграфии и тектоники отдельных нефтегазоносных областей и районов, проведение геолого-геофизических, геохимических исследований с целью изучения перспективных в нефтегазоносном отношении горизонтов. Так как параметрические скважины бурятся на перспективных территориях, они иногда открывают скопления нефти и газа промышленного значения. На рассматриваемом этапе поисково-разведочного процесса бурятся также колонковые скважины.

Эффективность региональных работ в значительной степени зависит от качества приведенных научных исследований по анализу и обобщению полученных результатов.

При стратиграфических исследованиях производятся расчленение разреза по ярусам, свитам, горизонтам, устанавливаются угловые несогласия залегания горных пород, определяются перерывы и размывы, выделяются структурные этажи, проводится корреляция разрезов различных районов изучаемой территории.

В процессе тектонических и палеотектонических исследований проводится тектоническое районирование, строятся структурные и тектонические схемы, а также литолого-фациальные и

палеографические карты. Определяются условия образования осадков, развитие коллекторов и покрышек.

Геологические и гидрогеологические исследования помогают нам выделить нефтегазопродуцирующие толщи и проследить их развитие по разрезу и площади.

И, наконец, научные исследования должны определить оценку перспектив нефтегазоносности как по площади, так и по разрезу с указанием высокоперспективных территорий и отдельных локальных участков (СЗ).

### **2.1.2. Детальные поисковые работы**

Детальные поисковые работы проводятся в районах, где в результате региональных работ определены перспективы нефтегазоносности разреза осадочного чехла.

*Основными задачами*, проводимыми на этой стадии работ, являются поиски и определение перспектив отдельных ловушек и локальных поднятий. Бурение поисковых скважин, открытие месторождений и оценка их геологического строения с подсчетом запасов по категориям: С 2, частично, С 1.

Поиски отдельных локальных поднятий осуществляются с помощью структурного бурения и геофизических исследований.

Структурные скважины - неглубокие скважины до нескольких сот метров (обычно не более 400 м), которые бурятся до первого маркирующего горизонта. Построением структурной карты по маркирующему горизонту выявляются локальные поднятия.

Метод структурно-картировочного бурения достаточно дорогой и применяется чаще всего в тех районах, где геофизические исследования не дают однозначных результатов и где толщина четвертичных отложений не превышает 100м.

В Западной Сибири применяется более дешёвый метод поиска структур и подготовки их к глубокому бурению - сейсмо-

разведка. Поэтому картировочное бурение здесь, как правило, не проводится.

В настоящее время высокоточными сейсморазведочными работами выявляются локальные поднятия амплитудой до 20-15м (на глубинах до 2500-3000м).

На подготовленных к глубокому бурению структурах и отдельных структурно-стратиграфических, структурно-литологических и других барьерных ловушках проектируется бурение глубоких поисковых скважин. Для их размещения необходимо иметь структурную карту по кровле продуктивного пласта с нанесённым на неё внешним контуром нефтеносности, а также оценкой ресурсов углеводородов по категории СЗ. Как правило, контур нефтегазоносности проводится по аналогии с соседними месторождениями (например, по схеме изоконтактов или по степени заполнения ловушек).

На рассматриваемой стадии поисково-разведочных работ проводятся геофизические, геохимические и гидрогеологические исследования в более крупных масштабах с целью обоснования заложения глубоких поисковых скважин.

Проектный горизонт поисковых скважин обосновывается на основании геолого-геофизических и других исследований с учетом положения продуктивных пластов на соседних месторождениях.

Если в изучаемом регионе не проводилось глубокое опорное бурение, то одна из скважин проектируется со вскрытием пород доюрского фундамента (для Западной Сибири). Общее количество поисковых скважин зависит от степени сложности вводимой в опоскование структуры. Оно обычно колеблется от 1 до 5 (в среднем бурится 3 поисковые скважины).

Как правило, одна из проектных скважин размещается в присводовой части структуры, две (или более) другие на участ-

ках, где они дают максимально возможную информацию о будущей залежи. Кроме того, эти скважины должны буриться на различных гипсометрических отметках. Поисковые скважины не закладываются вблизи контура нефтегазоносности (на контуре, за контуром) и на крутых крыльях и периклиналях. Заложение каждой из поисковых скважин должно быть детально и обстоятельно обосновано.

1. Приводятся координаты скважины – привязка к отдельным ранее пробуренным скважинам, пересечениям сейсмопрофилей и только в случае крайней необходимости к рельефу, гидросети, топокарте.

2. Дается обоснование выбранного проектного горизонта и проводится расчет необходимого забоя скважины, при этом каждая скважина должна вскрыть подошву пласта, +50 м (до глубины 3000 м) на возможную ошибку сейсморазведки.

3. Обосновываются цели и задачи скважины. Детально расписываются каждая из них.

Бурением и испытанием скважин открывается месторождения, даётся характеристика коллекторских свойств вмещающих залежи пород, проводятся гидрогеологические и геохимические исследования. Изучается геологическое строение месторождения и определяется оценка запасов нефти и газа по категориям  $C_2$ , частично  $C_1$ . Производится оценка экономической эффективности, и даются обоснования и рекомендации по проведению дальнейших поисково-разведочных работ.

В заключении, говоря о геологоразведочном процессе, об этапе поисковых работ, необходимо отметить следующее. Некоторые исследователи признают поисковой лишь ту скважину, которая открыла залежь (т.е. в той скважине, где получен промышленный фонтан нефти или газа), а последующие скважины считают разведочными. Однако по результатам бурения первой

скважины мы не имеем достаточной информации о залежи, для решения вопроса о продолжении работ или их консервации. Можно привести пример со скважиной, пробуренной в непосредственной близости от города Ханты-Мансийска, которая дала мощный фонтан нефти. Минуя все этапы поисково-разведочного процесса, были завезены 10 станков и начато бурение на площади. Однако ни в одной из последующих скважинах притока не получено. Не было бы потрачено и столь большого количества (тогда еще государственных) средств, если бы процесс геологоразведочных работ не нарушался.

И последнее: если на площади, где открыты многочисленные залежи, а скважины закладываются на более глубокие, ещё не опробованные горизонты – категоричность её должна определяться как поисковая.

## **2.2. Разведка скоплений нефти и газа**

*Целью разведочных работ* является изучение выявленных поисковыми работами месторождений нефти и газа для определения их промышленного значения, подсчета запасов по промышленным категориям и подготовка их к разработке. Разведочные работы проводятся только в том случае, если анализ поискового этапа геологоразведочного процесса показал экономическую эффективность дальнейшего проведения работ.

Разведочные работы подразделяются на два этапа: предварительная разведка и детальная разведка (иногда последняя называется доразведкой).

### **2.2.1. Предварительная разведка**

Проводится непосредственно после поискового этапа и заключается в бурении ограниченного числа скважин, размещенных в тех точках, которые помогают нам достаточно уверенно произвести

все геологические построения: геологические разрезы и профили, структурные карты по подошве и кровле пласта, карты подсчетных параметров, изучить литологию, коллекторские свойства вмещающих пород. Обеспечить прирост запасов по промышленным категориям не менее 30% от суммарных запасов. Завершением этапа является геолого-экономический анализ выполнения работ и оценка экономической эффективности дальнейшего проведения поисково-разведочного процесса.

### **2.2.2. Детальная разведка**

Основными задачами рассматриваемого этапа являются:

А) выяснение деталей геологического строения месторождения и закономерностей изменения литологического состава, мощностей, коллекторских свойств вмещающих пород;

Б) изучение продуктивности различных участков залежи и изменения их дебитов в процессе пробной эксплуатации;

В) уточнение фазового состояния, положения контуров и контактов флюидов;

Г) изучение гидрогеологической и гидрогеохимической характеристики продуктивной части разреза;

Д) подсчет запасов нефти и газа по промышленным категориям не менее 80%.

Одним из главнейших принципов проведения разведочных работ должно быть обеспечение максимальной их эффективности, то есть проведение работ с максимальной эффективностью и минимальными затратами. Отсюда понятно - какое значение приобретает рациональное размещение разведочных скважин на месторождении с учетом их геологического строения и характера нефтегазоносности.

### **3. Принципы размещения поисковых и разведочных скважин**

Поисковые скважины размещаются на разных гипсометрических отметках с максимальным охватом площади. Количество скважин зависит от прогнозируемой сложности строения месторождения. Не рекомендуется бурить скважины на крутых крыльях и периклиналях антиклинальной складки и на контуре нефтеносности.

Размещение разведочных скважин на месторождениях проводится обычно по трем основным схемам: треугольной кольцевой и профильной.

Система размещения скважин – это рациональное распределение минимального количества скважин для определения всех подсчетных параметров при подсчете запасов углеводородного сырья.

1. Треугольная система. Скважины размещаются в вершинах равностороннего треугольника. Каждая последующая скважина бурится только после получения результатов по предыдущей. Используется для разведки сложно построенных залежей. При треугольной схеме осуществляется высокая степень изученности месторождения, достигается низкое количество непродуктивных скважин (рис. 1.А).

2. Кольцевая система. Скважины размещаются «по кольцу» на одинаковых гипсометрических отметках. Используется для разведки простых по строению месторождений и при наличии потребителя. При этой схеме достигается высокая скорость разведки, так как одно кольцо можно бурить одновременно, а скважины использовать, как эксплуатационные. При обводнении наружного кольца скважин, их можно использовать как нагнетательные для поддержания пластового давления (рис. 1.Б).

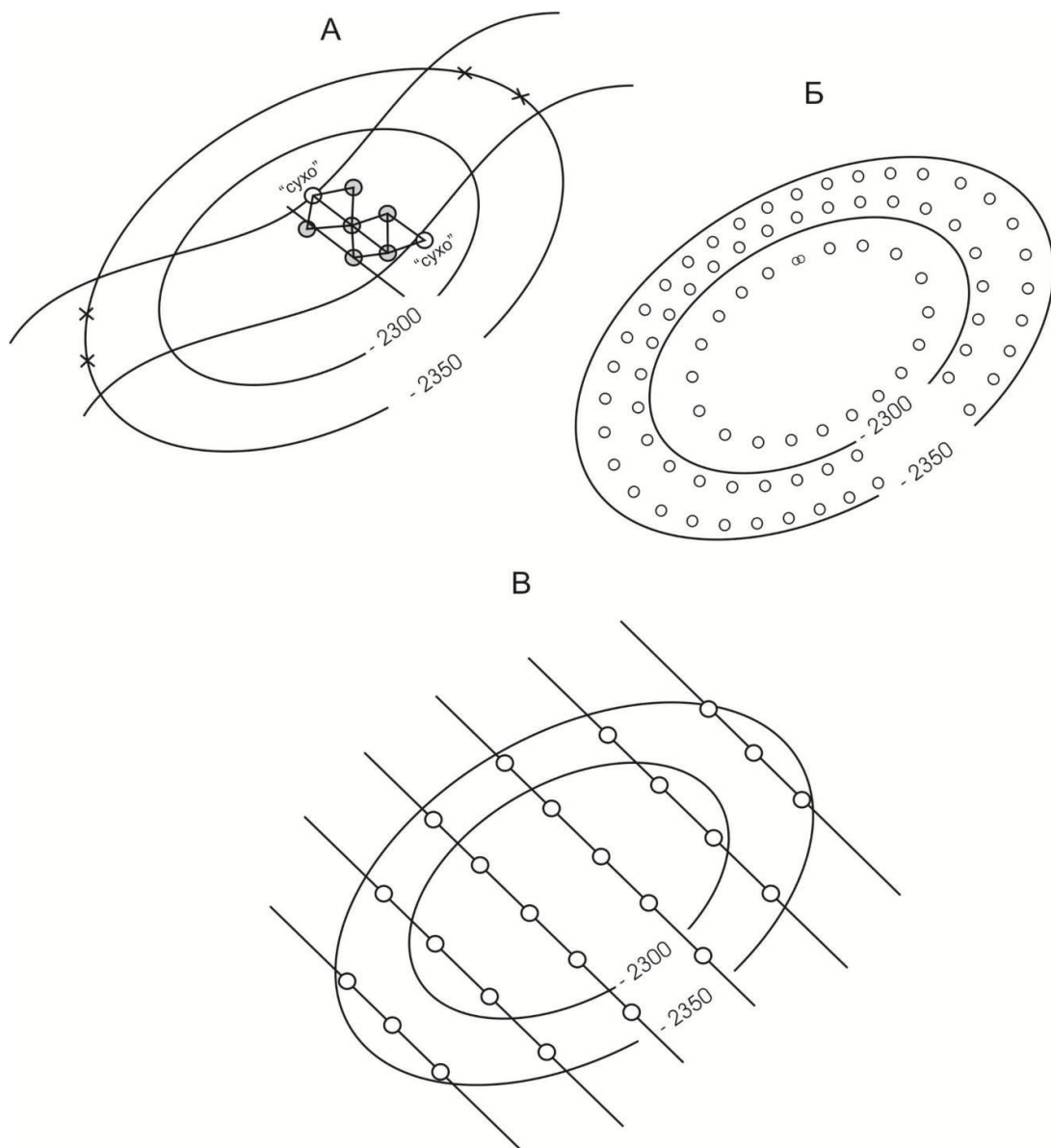


РИС. 1. СХЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН

3. Профильная система. Скважины размещаются по профилям – в крест простирания структуры. Используется на большинстве месторождений Западной Сибири. При усложнении строения месторождения можно бурить дополнительные скважины в профилях, либо дополнительные профили скважин, не нарушая при этом выбранную систему разведки. При этом достигается высокая степень изученности месторождения (рис. 1.В).



Иногда применяется также смешанная схема размещения скважин. Она используется при возникновении сложностей в изучении месторождения.

#### **4. Комплекс исследований и документация при бурении скважин**

При бурении и испытании скважин должен быть проведен комплекс геолого-геофизических и гидрогеологических исследований, обеспечивающий изучение нефтегазоносности, геологического строения, подсчета запасов и проектирования системы разработки.

- Отбор керна производится колонковым долотом для изучения литологии, физических свойств коллекторов, определения нефтегазонасыщенных толщин, положений ГНК и ВНК, пористости, проницаемости и других параметров. Производится также отбор шлама и образцов боковым грунтоносом.

- Геофизические исследования: электрометрия: это стандартный каротаж и боковое каротажное зондирование, которые позволяют дифференцировать разрез, выделить продуктивные горизонты, определить уровень ВНК и т.д.

- Микрозондирование используется для детального расчленения разреза, выделения коллекторов. Кроме этого большое значение имеют индукционный, боковой, радиоактивный каротажи.

- Инклинометрия – устанавливается отклонения ствола скважины от вертикали.

- Электротермометрия служит для определения величин геометрического градиента.

- Кавернометрия фиксирует измерение диаметра скважины. Используется для корреляции и определения проницаемых разностей пород.

- Газовый каротаж (разновидность ОПН) для определения продуктивности в скважине.

- Отбор глубинных проб на различные виды анализов. Измеряются пластовые давления и температуры. Производится опробование пласта для определения его продуктивности.

Горная выработка или скважина обсаживается колонной (это металлические трубы, чуть меньше диаметра скважины). Пространство между колонной и стенкой скважины заполняется цементом. Вскрытие производится с использованием кумулятивной или гидropескоструйной перфорации. Для интенсификации притока из скважины применяют: торпедирование, гидроразрыв, саляноокислотную обработку и т.д.

После обобщения всех данных строятся структурные карты: по кровле и подошве пласта, эффективных нефтенасыщенных мощностей, пористости, проницаемости, уточняется положение ВНК и ГНК.

Геологом ведется буровой журнал, где фиксируется весь процесс бурения, осложнения при проводке скважин, параметры бурового раствора (удельный вес, водоотдача).

## **5. Методы сопоставления разрезов глубоких скважин**

Сопоставления разрезов глубоких скважин это основополагающий момент во всей нефтяной геологии. Если корреляция выполнена неверно, то все дальнейшие построения будут заведомо несостоятельными. Существуют следующие основные методы корреляций разрезов:

1. Палеонтологический (по фауне, микрофауне, споре и пыльце).
2. Литологический (по элементному составу).
3. Геофизический (по данным промысловой геофизики).

4. Профилеметрический (по диаметру скважины).
5. Механический (по скорости проходки).
6. Геохимический (по углеродному коэффициенту, по карбонатности, по РО (рассеянному органическому веществу), соотношение редких элементов, спектральный анализ). Комплексное использование этих методов во многом повышает достоверность корреляционных схем.

## **6. Полевые геофизические методы исследований**

На всех стадиях поисково-разведочных работ важнейшее значение имеют полевые геофизические исследования, задача которых - изучение геоструктурных особенностей крупных территорий, выявление тектонических элементов различного порядка, детализация строения.

К региональным геофизическим исследованиям относятся мелкомасштабные магнитометрические и гравиметрические исследования, электроразведка и сейсморазведка.

Магниторазведка. Метод основан на изучении особенностей магнитного поля, связанного с магнитными свойствами горных пород. Различие этих магнитных свойств и формах залегания магнитных тел создает различные формы аномалий, т.е. отклонение его от геомагнитного поля, данного района. Магниторазведка широко применяется при региональных исследованиях для изучения тектоники, определения толщины осадочного чехла, для выявления и трассирования зон региональных разрывных нарушений, в отдельных районах для поисков локальных структур и соляных куполов.

Магнитное поле древних платформ обуславливается рельефом и составом кристаллического фундамента. Большое влияние на магнитное поле оказывает петрографическая неоднородность

фундамента. Четкими магнитными аномалиями обособляются интрузии изверженных пород основного состава (габбро-диабазы, амфиболиты и другие).

Характер магнитных аномалий дает возможность проследить погребенные продолжения структур складчатого обрамления платформенных областей, выделить блоки консолидации. Горизонтальные сдвиги на участках погребенного фундамента можно определить по смещению полос магнитных аномалий в плане.

В настоящее время аэромагнитные исследования нашли широкое применение при проведении геофизических исследований в морских условиях, в частности для изучения геомагнитного поля в Каспийском, Аральском, Охотском и других морях.

В некоторых платформенных районах при благоприятных геологических условиях магниторазведка используется для поисков зон поднятий.

Конечно, наиболее успешно магниторазведка применяется в области развития соляной тектоники для поисков соляных куполов (Днепровско-Донецкая впадина). Это должно быть понятно исходя из диамагнитных свойств соли, однако в отдельных регионах (в той же Днепровско-Донецкой впадине) соляные купола выносят с собой множественные обломки диабазов, породы высокомагнитной, что фиксируются положительными аномалиями.

Наибольший эффект достигается в комплексировании магниторазведки с гравиразведкой.

Гравиразведка. Метод основан на изучении естественного поля силы тяжести на земной поверхности, что позволяет выявлять аномалии гравитационного поля обусловленного изменением плотности.

Гравиразведка применяется при региональных и детальных нефтегазопроисловых работах. Она используется для изучения ре-

гионального геологического строения недр, геотектонического районирования строения складчатого фундамента и изучение его крупных структурных элементов, поисков крупных структур, рифов, солянокупольных структур, выявления и трассирования региональных разрывных нарушений. Высокоточная гравиразведка может быть использована для поисков локальных структур, иногда для прямых поисков скоплений нефти и газа. Особенно широко описываемый вид геофизических исследований используется в настоящее время в пределах акваторий морей и океанов: замеры производятся с борта корабля или донными гравиметрами.

Гравитационное поле, как правило, отражает глубинную тектонику: крупным положительным структурам соответствуют относительные максимумы (иногда наоборот). Это объясняется различием петрографического состава и глубинного строения фундамента. Отрицательные гравитационные аномалии соответствуют гранитным интрузиям. Положительные значения  $\Delta g$  связаны с породами фундамента, представленными гнейсами, габброидами, амфиболитами и другими плотными породами.

Как видно из вышеизложенного интерпретацию гравиметрической съемки нужно проводить в комплексе с сейсморазведкой, параметрическим и опорным бурением.

Геологическая эффективность гравиметрических работ в районах с различным геологическим строением неодинакова. Для обработки гравиметрических аномалий применяют методические приемы, которые снимают региональный фон, после чего аномалии, выраженные в сгущении линий, либо разряжении изаномал принимают более выраженный понятный для использования вид. Большое практическое значение имеет выделение на платформах по гравитационным аномалиям зон развития флексур, в которые обычно трансформируются глубинные разломы и ограничивают отдельные его блоки.

Лучшие результаты описываемый метод геофизических исследований зафиксированы в складчатых областях. Краевые прогибы характеризуются глубоким залеганием фундамента, выделяются обычно большими отрицательными аномалиями силы тяжести.

Крупные региональные минимумы характерны так же для межгорных впадин (например, Ферганской) в этих областях гравиразведка применяется для выявления различных структурных зон. Большинство поднятий выражается максимумами  $\Delta g$ .

Высокая эффективность гравиразведки при поисках солянокупольных структур (Днепровско-Донецкая впадина, Прикаспийская и др.)

Соляные купола определяются аномальными минимумами силы тяжести. В комплексе с электроразведкой успешно ведутся поиски рифовых массивов.

Электроразведка. Метод основан на изучении естественных и искусственных электромагнитных полей возникающих в земле под действием электрического тока. Электроразведка применяется для решения задач структурной геологии при поисках месторождений нефти и газа. Используется электроразведка и при региональных исследованиях для изучения общих черт изучаемой территории. Проводятся съемки методами ТТ – теллурических токов; ВЭЗ – вертикально электрического зондирования; ЭП – электрического профилирования.

Метод ТТ – основан на изучении естественных электрических полей, может применяться в исследуемом районе достаточно интенсивных вариаций теллурических токов. Этот метод используется тектонического районирования, иногда для поисков локальных поднятий, по относительно повышенным напряжением.

Методы зондирования и профилирования основаны на изучении искусственно создаваемых электрических полей в породах с помощью постоянного тока. Метод ВЭЗ позволяет изучать геологический разрез в различных точках исследуемой территории и определять глубины залегания выбранного опорного электрического горизонта, что достигается измерением на поверхности земли кажущихся удельных сопротивлений пород при помощи установки последовательно изменяющейся длины, т.е. при постепенном увеличении расстояния между питающими электродами. Этот метод дает наилучшие результаты в районах развития пологой складчатости при наличии в разрезе опорных электрических горизонтов. Метод ВЭЗ показал высокую эффективность при структурном картировании в районах Русской платформы, Предкавказья, Средней Азии, Сибири, в Предуральском прогибе.

Метод профилирования применяется при более крутых углах падения пластов и наличии разрывной тектоники. С его помощью производится измерение на некоторой средней глубине кажущихся сопротивлений. Исследования производятся с постоянной установки, при постоянном разносе электродов. В результате строится карта равных сопротивлений, которая позволяет судить об особенностях геологического строения района на определенной глубине, соответствующей размерам установки.

На электропрофилях и картах удельных сопротивлений над антиклинальными складками наблюдается увеличение кажущихся сопротивлений, если структура сложена породами высокого сопротивления. Метод электропрофилирования применяется как в платформенных, так и в складчатых областях.

Для Западной Сибири наиболее эффективный способ полевых геофизических исследований – это сейсморазведка (не называйте сейсмика – гравика это вульгарно, так же не говорите никогда баженровка, ачимовка (о баженковской свите и ачимовской

толще), правильное произношение этих слов будет говорить о вашей культуре – культуре специалиста).

## **7. Прямые геофизические и геохимические методы поисков нефтяных и газовых месторождений**

### **7.1. Геофизические методы исследований**

Радиоактивные методы: измерение гамма – активности почв или образцов пород. Зона пониженного естественного  $\gamma$  – поля в общих чертах совпадают с конфигурацией и размерами залежей. Разница контурной и законтурной частей составляет обычно до 15%.

Сейсмический метод: Обычно залежи нефти поглощают сейсмические волны, а граница раздела нефть – вода является отражающей границей.

Однако необходимо отметить, что нужны достаточно высокоточные исследования для определения залежей нефти в разрезе.

В Западной Сибири хорошие результаты получены при картировании сеноманских газовых залежей на Харасавэйском, Крузенштернском (полуостров Ямал) и ряде структур в Карском море (Ленинградская, Русановская).

Гравиметрический метод: Породы, насыщенные нефтью и водой имеют разные плотности. Эти разности картируются высокоточной гравиметрической съёмкой. Однако необходимо отметить, что для этого нужно иметь мощную толщу нефтегазонасыщенных пород (не менее 200 м.).

Электрометрический метод: используется только в условиях постоянного состава нефти и вод, и минерализации пластовых вод.



В настоящее время используются разработки некоторых других методов прямых поисков нефти и газа, однако, ввиду дороговизны и низкой эффективности широкого внедрения они не получают.

## **7.2. Геохимические методы исследований**

Они основаны на регистрации и изучении факторов миграции углеводородов из залежи к поверхности, которая может происходить по разрывным нарушениям в свободном виде, растворённом в воде, путем фильтрации (эффузия) через пористые и трещиноватые породы, а также диффузии.

Косвенные методы: Присутствие сернистых соединений и обнаружение бактерий разрушающих углеводородов.

Используются следующие методы:

А) Газовая съёмка: Суть её в определении самыми различными способами микроконцентраций углеводородов (в том числе исследовании керна).

Б) Битумно – люминисцентная съёмка: Определяет содержание и состав битумов в породах. Суть метода в том, что различные битумы имеют различные спектры люминисценции, которые фиксируются при исследовании пород ультрафиолетовым облучением. Над залежами картируется обычно повышенное значение битумосодержания. Чаще этот метод используется и при региональных исследованиях для поисков нефтегазоносных толщ и пород, но иногда и при детальном исследовании.

В) Бактериальная съёмка. Обнаружение бактерий разрушающих углеводороды. Используются грунтово – бактериальные и водно – бактериальные съёмки.

Г) Газовый каротаж: выполняется в скважине и в лаборатории по керну. Фиксируется наличие даже микроконцентрации углеводородов.

### **7.3. Гидрогеологические и гидрогеохимические методы исследований**

Опробуются водоносные скважины, водные источники, колодцы и т.д. При этом изучается:

Химический состав вод;

Давление насыщения и состав растворенных газов;

Гидродинамика, геотермия и палеогидрогеологические условия.

Природные воды (по Сулину) подразделяются по типу на:

А) хлоркальциевый;

Б) хлормагниевого;

В) гидрокарбонатно-натриевый;

Г) сульфатно-натриевый.

Первый и третий типы - это воды нефтяных месторождений, второй тип – месторождения могут быть, присутствие же сульфатов в пластовых водах – отрицательный фактор.

### **7.4. Буровые работы**

Бурение скважин является основным и наиболее трудоёмким способом изучения недр, но без бурения нельзя открыть скопления нефти и газа.

Скважина это горная выработка, диаметр которой несравнимо меньше ее глубины (длины). Ниже приводятся типы скважин, бурение которых осуществляется в следующей последовательности.

Колонковые скважины: это не глубокие (до 300 м) горные выработки, которые изучают геологическое строение, геоморфологию, тектонику приповерхностной части осадочного чехла.

Опорные скважины: бурятся для изучения геологического разреза крупных регионов и оценки перспектив их нефтегазоносности. Выделяются все перспективные в нефтегазоносном отно-

шении комплексы. Здесь отбирается большое количество керна 80% - 100%. Бурятся они до максимально технически возможных глубин. Сейчас в Западной Сибири на пробурено две сверхглубокие опорные скважины СГ6 (Тюменская) и СГ7 (Ен-Яхинская).

Параметрические скважины: бурятся для изучения глубинного строения разреза, изучения строения комплексов и для сравнительной оценки нефтегазоносности различных областей. Керн отбирается 20% от глубины скважины, которая проектируется до вскрытия всех перспективных горизонтов, определенным опорным бурением.

Структурно-картировочные скважины: это не глубокие скважины, которые вскрывают первый маркирующий горизонт. Они используются для поисков структур и подготовки их к глубокому бурению.

В Западной Сибири не применяются, так как хорошие результаты даёт сейсморазведка, а структурные скважины достаточно дорогие.

Поисковые скважины: это глубокие горные выработки. Бурятся на структурах и ловушках, подготовленных к глубокому бурению. Задача этих скважин – открытие месторождений и их предварительная геолого-экономическая оценка.

Разведочные скважины: бурятся в большом количестве. Они должны обеспечить детальное изучение строения месторождения, обоснование всех подсчетных параметров и подготовку запасов углеводородного сырья к разработке.

## **8. Ресурсы и запасы углеводородного сырья**

Существует принятая классификация запасов и ресурсов углеводородов по категориям: А, В, С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub>, Д<sub>1</sub>, Д<sub>2</sub>.

$D_2$  – прогнозные ресурсы в слабоизученных регионах. Основной для подсчёта служат хорошо изученные соседние регионы, палеогеографические, палеотектонические, и другие построения. Расчетные параметры определяются по соседним, схожим по строению, регионам.

$D_1$  – перспективные ресурсы определяются на территориях, изученных параметрическим и опорным бурением и геолого–геофизическими исследованиями на региональном уровне. Расчетные параметры определяются по единичным месторождениям.

$C_3$  – локальные ресурсы, которые подсчитываются на структурах подготовленных к глубокому бурению.

$A$ ,  $B$ ,  $C_1$  – промышленные запасы,  $C_2$  – непромышленные запасы.

$C_2$  – определяются по аналогии с соседними хорошо изученными глубоким бурением месторождениям, при благоприятных геологических условиях прогнозируемой площади, или на основании бурения единичных скважин (данные опробования или показания промысловой геофизики) и разведочной геофизики.

$C_1$  – определяется по данным опробования скважин и разведочной геофизики на определённое расстояние от скважины.

$B$  – определяется после проведения пробной эксплуатации на некоторой части месторождения.

$A$  – рассчитывается объёмным методом после извлечения части запасов, т.е. в процессе эксплуатации.

Запасы подразделяются на балансовые и забалансовые. Первые – разработка которых экономически целесообразна в настоящее время. Забалансовые запасы временно консервируются.

Основной метод подсчета запасов – ОБЪЕМНЫЙ. Сущность его в точности определения строения залежи. Выявляется геометрия залежи, неоднородности геологического строения, эф-

фективные нефтенасыщенные толщины, высоты залежей, давления, температуры, коэффициенты извлечения нефти и другие параметры.

## **9. Методы прогноза нефтегазоносности при поисках месторождений углеводородного сырья**

### **9.1. Прогноз нефтегазоносности земель по космической фотоинформации**

Над залежью нефти и газа в зоне потока углеводородов на дневную поверхность происходят изменения состава и свойств горных пород, элементарный состав в почвах, подземных водах, а также в приземной атмосфере. А за счет микробиологического и химического окисления мигрирующих углеводородов генерируется тепло. Все это приводит к образованию ландшафтных и своеобразных геоботанических ореолов, отображаемых фототональными различиями на космических снимках.

1. Аномалии тепловых потоков и термоаномалии картируются в тепловом и ближнем к нему оптико-фотографическом диапазоне спектра электромагнитных колебаний.

2. Аномалиями электрического, акустического и магнитного полей определяются по спектральным характеристикам собственного и отраженного электромагнитного излучения природных объектов.

3. Физико-химические изменения определяются плотностью тона на снимке.

Интерпретация полученных материалов проводится в лабораторных условиях опытными специалистами. Все выявленные аномалии выносятся на структурную карту. Они могут охватывать отдельные площади и участки, а также характеризовать перспективы нефтегазоносности больших территорий.

Чаще всего рассмотренная выше методика используется в комплексе с другими исследованиями оценки перспектив нефтегазоносности различных по площади и сложности геологического строения территорий.

Более детально с изложенной методикой можно ознакомиться в многочисленных публикациях А. Л. Клопова.

## **9.2. Геотермические критерии прогноза нефтегазоносности**

При детальном изучении теплового поля Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции А.Р.Курчиков установил закономерность, выраженную в усилении теплового потока над положительными структурами первого и второго порядков и уменьшение его над седловинами и впадинами.

Несмотря на небольшую разность - 1-2 градуса, эта закономерность четко прослеживается. Его неоднородность связывается, обычно, связывается с неустановившимся тепловым полем (например, в результате интенсивных тектонических движений, или неравномерным остыванием и других процессов). Безусловно, большое влияние на описываемые процессы оказывает вещественный состав пород фундамента, глубинные разломы, интрузивные тела и т. д. На фоне увеличения теплового потока над залежами отмечаются еще более высокие аномалии на 3-5 градусов превышающие фоновые значения. Как правило, это явление объясняется разуплотнением пород над залежами и проникновением теплового потока из нижележащих отложений. Совмещение описываемых аномалий со структурной картой наряду с другими критериями нефтегазоносности может служить надежными признаками продуктивности зональных и локальных объектов.

### **9.3. Гидрогеохимические методы оценки нефтегазоносности осадочного чехла**

С использованием широкого комплекса геохимических исследований в Западно-Сибирском нефтегазоносном бассейне выявлен процесс рассеивания газообразной и жидкой фаз, составляющих залежь, во вмещающие породы и пластовые воды как в вертикальном, так и латеральном направлениях и образующих ореолы восстановления пород, характеризующихся разложением алюмосиликатов, аутогенным образованием новых минералов и наличием углеводородных соединений, присутствующих ранее в залежи.

Гидрогеологический метод поисков скоплений нефти и газа основан на изучении ореолов рассеивания и концентрации в них микроэлементов, ароматических и алифатических углеводородов (бензол, толуол, пара-, мета-, ортоксилы, гексан, этилбензол, октан, нонан, декан, легкие углеводороды и др.). а также органических кислот и комплекса микроэлементов (титан, марганец, цинк, вольфрам, никель, кобальт, хром, медь, селен, кадмий, алюминий и другие).

Результаты анализов однозначно свидетельствуют о генетическом единстве углеводородов залежи и подземных вод, так как для моноароматических и алифатических соединений отсутствуют фоновые концентрации в подземных водах. Количество моноароматических соединений в нефти и конденсате увеличивается с глубиной и в северном направлении. Эта же закономерность отмечается и в составе углеводородов пластовых вод. Это позволяет прогнозировать скопления углеводородного сырья в пласте на определенном расстоянии от места взятия пробы, а также дает возможность предопределить состав и удельный вес нефти в залежи. Достоверность и точность метода возрастают при наличии двух проб из пласта по двум поисковым скважинам. Это обеспе-

чивается высокая степень корреляции ароматических углеводородов в ореоле рассеивания.

Как правило, одно или несколько углеводородных соединений в малых количествах говорят о наличии залежи не ближе 1-2 км от места взятия пробы. Если концентрация хотя бы одного компонента достаточно велика, то скопления углеводородов могут находиться на расстоянии 100-200 м.

Широкий спектр углеводородных компонентов в подземных водах, а также их значительное содержание интерпретируются как зона ВНК или ГВК.

Для полной характеристики подземных вод, отобранных из поисковых объектов, автором методики Прокопьевой Р.Г., проводились определения кислородосодержащих органических соединений (кислоты, спирты). Исследовался также спектр микроэлементов (титан, марганец, цинк, вольфрам, никель, кобальт, хром, медь, селен, кадмий, алюминий и др.), которыми обогащены асфальто-смолистые соединения нефти.

Это позволяет прогнозировать нефтяные или газоконденсатные залежи как по комплексам, так и по поисковым объектам. Воды газоконденсатных залежей содержат максимальное количество ароматических и алифатических углеводородов (до 8 мг/л), органических кислот (300-1600 мг/л) и минимальное количество микроэлементов (титан, марганец, цинк, вольфрам, никель, кобальт, хром, медь, селен, кадмий, алюминий и др.). В водах нефтяных месторождений снижено количество органических кислот и углеводородных соединений, но увеличивается концентрация микроэлементов. Причем залежи тяжелой нефти сопровождаются более контрастными ореолами.

Использование гидрогеохимических показателей позволяет осуществлять не только прогноз, но и нефтегеологическое районирование территории, так как распределение микроэлементов в



подземных водах согласуется с зональностью нефтегазоносности и изменением качества нефти. Максимальные концентрации в неокомском комплексе титана (более 5000 мкг/л) и марганца (более 1500 мкг/л) отмечены в пластовых водах Сургутского района. На север и юго-восток происходит их уменьшение, одновременно снижается плотность и сернистость нефтей. Органические кислоты уменьшаются с запада на восток от 1000 мг/л до 10 мг/л, на севере их содержание колеблется от 300 до 1067 мг/л. Это достаточно высокое содержание.

Для опосредованного поиска газоносных территорий вышеописанные методы малоэффективны из-за слабой контрастности ореолов рассеивания. Здесь более эффективными оказываются вариации состава водорастворенного газа.

Обращает на себя внимание и тот факт, что вблизи многих скоплений углеводородов происходит аномальное увеличение ртутных полей. Повышенные концентрации ртутных полей в приконтурных водах газоконденсатных месторождений (от 37 мкг/л) существенно отличается от анализов вод, отобранных в непосредственной близости от границы нефтяных месторождений нефтяных (не более 28 мкг/л). Необходимо также отметить, что вышеописанная методика имеет очень высокую степень достоверности (более 90 %). Зафиксировано также, что в каждом из районов ореолы рассеивания щелочных и редкоземельных элементов также имеют свои особенности.

Однако, для более точного дифференцированного прогноза нефтегазоносности локальных поднятий, ловушек и отдельных интервалов осадочного чехла нужно иметь всю совокупность гидрогеохимических показателей.

Из всего изложенного выше становится очевидным значимость описанной методики прогноза нефтегазоносности малоизученных районов на основе гидрогеохимических исследований.

Ведь результат можно получить при небольших затратах, но скважина должна быть расположена не более чем в 3 км от контура нефтегазоносности. Становится также понятной важность изучения водоносных горизонтов в разрезах скважин.

#### **9.4. Использование метода СБС-петля электроразведки для прямых поисков нефти и газа**

Электрические поля возникают в земной коре при следующих процессах:

1. Окислительно-восстановительных;
2. Фильтрации флюидов сквозь породы;
3. На границах контактов ионов адсорбции и флюидов, а также химических, биологических и термоэлектрических процессов.

Переменное во времени естественное электрическое поле является частью электромагнитного поля земли и называется полем теллурических токов (ТТ). Величина вектора напряженности определяет приращение потенциала между двумя точками, удаленными друг от друга на единицу длины и измеряется в милливольт на км. Принцип применения поля ТТ зависит от строения территории: токи концентрируются в хорошо проводящих объектах, а плохопроводящие – обтекают. Нефтяные скопления, как известно, диэлектрики и картируются именно по этому признаку.

#### **ИСКУССТВЕННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОЛЯ**

Наиболее важным показателем электрических свойств горных пород является удельное электрическое сопротивление. Оно складывается из сопротивления пород. Оно складывается из сопротивления пород (их состава, кристаллической решетки, пористости и состава заполняющих их флюидов).

Существует много методов поисков полезных ископаемых с использованием искусственных электрических полей. Наиболее эффективный в районах Западной Сибири разработан А.Н.Дмитриев. Этот метод запатентован и успешно внедрился в практику поисково-разведочных работ. Он получил название: метод зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗСБ).

Он основан на фиксировании эффекта, связанного непосредственно с залежами нефти.

Геологическая эффективность метода ЗСБ значительно повышается за счет поляризации залежей углеводородов. Для этого линия АВ погружается в проводящую среду с активным сопротивлением и индуктивностью. В зависимости от размеров замкнутых через АВ контуров токовых линий на  $L_0$  (катушки индуктивности) накапливается энергия магнитного поля ( $W_H$ ).

В режиме выключения часть энергии электромагнитного поля уходит в воздушное пространство, а часть просачивается в проводящую среду в виде плоской волны. В то же время накопленная энергия не может исчезнуть мгновенно. Она исчезает постепенно по всему контуру области напряженности. Над нефтяными залежами, расположенными в хорошо проводящих породах наблюдаются значительные аномалии естественных и вызванных электрических потенциалов, что указывает на их поляризованное состояние. Также известна высокая поляризация нефтенасыщенных пород на контакте с водонасыщенными. Поэтому рассматриваемая методика позволяет картировать площади залежей. Исследования показывают, что каждый из параметров разреза и залежи углеводородного сырья по особому влияет на форму и амплитуду сигнала  $E(t)$ . При этом разность сигналов разреза без залежи весьма существенно отличается от разрезов с залежью, при этом имеется возможность вычленять индукционный и поляризационный эффекты суммарного сигнала, регистрируемого уста-

новкой АВ-петля. (Необходимо отметить что демонстрационная графика для всех разделов учебного пособия сосредоточена в специальном альбоме). Как правило, обработка проводится на ЭВМ, где по величине поляризационного эффекта прогнозируется присутствие или отсутствие скоплений углеводородного сырья в разрезе.

По оценкам специалистов процент удачи рассмотренной методики – 80%.

При этом интерпретация эталонных участков показала, что интенсивность аномалий прямопропорционально связана с продуктивностью скважин, пробуренных на этих аномалиях. Более слабые аномалии дают низкие притоки нефти (до 10 м<sup>3</sup>/сут.), средние (10-50 м<sup>3</sup>/сут.) и яркие аномалии – более 50 м<sup>3</sup>/сут. Размеры аномалий, их четкость и совпадение с залежами во многом зависят от силы источника тока. В конце прошлого века в одном из районов Широтного Приобья проведен эксперимент, когда в качестве источника тока использовалась мощная генераторная установка, которая была разработана для создания помех для нейтрализации американкой СОИ.

По устному сообщению автора методики эффект был потрясающим. Степень поляризации залежи нефти была настолько велика, что являлась одним из главных сигналов. Она была закартирована и сопоставлена с залежью, контуры которых полностью совпали. К сожалению, из-за высокой стоимости проведение таких работ признано экономически не целесообразно.

Рассмотренная выше методика может быть применена как в комплексе с другими, а, в ряде случаев, как самостоятельная для прямых поисков месторождений углеводородного сырья.

## **9.5. Геотектонические критерии локального прогноза нефтегазоносности (по методике Т. Ф. Колмакова)**

В данном разделе рассматриваются разработки Трифона Филипповича Колмакова, которые охватывают седиментационные процессы и вопросы формирования антиклинальных поднятий, выделение зон развития улучшенных коллекторов по данным сейсморазведки.

Применение его научных разработок на практике показало высокую эффективность и дало большой экономический эффект. Характерно, что его взгляды не разделяли многие ученые, а в настоящее время его исследования не только принимают, но и говорят о них как о само собой разумеющихся вещах, к сожалению, не вспоминая при этом автора.

Колмаков считает, что в течение триас-неогенового времени Западная Сибирь испытывала только погружение, с некоторой стабилизацией в отдельные периоды. Но заметного тектонического влияния на осадочный чехол не оказывалось. Уплотнение осадков с глубиной постепенно росло. С неогенового времени происходил подъем территории Западной Сибири с нарастающей активностью этого процесса. Отсутствие части третичных и четвертичных осадков говорят о преимущественном подъеме меридионального центра бассейна. До подъема не существовало ни ярко выраженных структур, ни коллекторов ниже глубины 1000 метров. Подъем территории сопровождался преимущественным сжатием периферийных частей и формированием положительных структур различного порядка. Жесткое ограничение Западно-Сибирского бассейна Уральской складчатой системой с запада и Сибирским нагорьем с востока обусловило преимущественно субмеридиональное простирание структур. При росте локальных структур наибольший подъем проявлялся в центральных частях поднятий (условно этот процесс автор сравнивает с диапиризм-

мом). Описываемый процесс приводит к эффекту Y-образного проседания слоев горных пород в сводовых частях структур и некоторое вдавливание к сводам близ лежащих склоновых частей структур (демонстрируются сейсмопрофили). Графические приложения наглядно демонстрируют, что корни структур находятся в различных по возрасту отложениях. Это происходит потому, что различные участки земной коры не выдерживают встречных напряжений и рвутся по латерали, выжимаясь вверх. По рассмотренному принципу диапиризма или под его воздействием идут все горообразовательные процессы, обеспечивающие относительную стабильность земной коре. Обобщая все вышеизложенное можно рассматривать Западную Сибирь как территорию неоген-четвертичного тектогенеза.

Еще к одному из неясных вопросов можно отнести привязку сейсмоотражающих горизонтов. Среди исследователей нет единого мнения по этому вопросу. Так у одних авторов опорные сейсмоотражающие горизонты приурочены к кровле какой-либо толщи, у других – к подошве. Это характерно в основном для нижних горизонтов осадочного чехла.

Т.Ф.Колмаков считает, что все отражения идут от поверхностей скольжения, которые образуются при сжатии и горизонтальном, а также вертикальном движении толщ горных пород. При изучении каменного материала отмечается большое количество зеркал скольжения в кровельной части баженовской свиты, где определяется опорный сейсмогоризонт «Б».

Основоположники сейсморазведки вышли из теоретической механики. Они доказывали, что отраженные волны образуются на скоростных или плоских границах, а введение понятия «жесткость» и «жесткие границы» усугубило это классическое заблуждение своей немислимой размерностью «как масса, разделенная на время и площадь» Тем не менее, этой размерностью

широко пользуются при прогнозировании геологического разреза. Появление многих методик, определяющих «АТЗ-аномалии типа залежи, которые не имеют под собой достоверной основы и, естественно, не нашли своего практического подтверждения. Впервые И.И.Гурович подошел к мысли о возможности получения колебаний от сверхтонких слоев. Но дальнейшего развития его мысли не получили и эта идея не была подтверждена экспериментальными и практическими исследованиями. Необходимо также отметить: так как отражающей поверхностью является плоскость (которая не имеет толщины) то говорить о сейсмофациях и связывать отражения с литологией чаще всего не является обоснованным. Скорее всего, на отражения оказывает влияние физическое состояние этих поверхностей (чаще всего поверхностей скольжения). В практике нефтегазопроисковых работ существуют такие понятия, как «яркие и темные пятна», «напряженная зона» и другие. Чаще всего их физический смысл не ясен, а уж связывать их с наличием залежей вообще не корректно, так как практикой нефтегазопроисковых работ это не подтверждается.

Т.Ф.Колмаков первым высказал положение о том, что коллектора должны поглощать энергию сейсмических волн. Совершенно непонятно как такая абсолютно логичная и здравая мысль не была поддержана другими исследователями. Практика подтвердила правильность, высказанного Т.Ф.Колмаковым положения о развитии коллекторов в разрезе осадочного чехла. Руководством Главтюменьгеологии он был награжден крупной денежной премией за получение большого экономического эффекта от внедрения научных разработок.

## **9.6. Применение структурно-геоморфологических методов**

Применение геоморфологических методов основано на поисках локальных поднятий, отраженных в рельефе, так как мно-

гие структурные формы носят унаследованный характер. Иногда недифференцированный рельеф в Западной Сибири, наличие вечной мерзлоты затрудняют геоморфологические исследования, что вызывает необходимость использовать более тонкие методы.

### ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

А) Анализ фаций и мощностей аллювиальных отложений.

Основу его составляет анализ аллювиальных отложений пойменных террас.

Над поднятиями отмечается уменьшение аллювия или (при условии Затруднительного изучения этих отложений) показателем дефицита мощностей аллювиальных отложений приподнятое положение контакта русловых и пойменных фаций над уровнем реки, а также выходом цоколя аллювия на дневную поверхность.

Б) Анализ процентного содержания тяжелой фракции минералов русловых отложений.

Над поднятиями происходит усиление процессов эрозии, что приводит к выносу тонкодисперсных фракции и аккумуляции грубозернистого материала (до 12-15%).

### ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

А) Анализ топографических карт.

Он включает в себя изучение гипсометрии, орографии и ландшафта всей исследуемой территории. Используются крупномасштабные топографические карты с сечением не более 20 метров. Снимается фон мелких эрозионных врезов. Строятся карты морфоизогипс, что позволяет исключить процессы эрозии поднятий.

Б) Изучение гидросети.

Гидрогеологическая сеть-это индикатор тектонических движений. Прямолинейные участки рек часто совпадают с крупными разломами, огибают поднятия, сильно меандрируют в зо-



нах опусканий. На основании изучения всех вышеперечисленных параметров строят карты интенсивности эрозионной расчлененности исследуемого района. Анализ аэрофотоматериалов сводится к их дешифрированию. Например, изменение меандрирования на спрямленный участок и сужение долины реки говорит о воздымании со времени формирования долины до нашего времени. Бифуркация водотока (раздваивание на несколько рукавов, иногда с отмиранием некоторых из них) наблюдается над поднятиями.

Интерпретация материалов при геоморфологических исследованиях позволяет выделять приподнятые участки и определить площади для подготовки структур к глубокому бурению.

Большой вклад в изучение изложенных в данном разделе вопросов внес коллектив исследователей под руководством Ю.Н.Никитина (ЗапСибНИГНИ).

## **10. Оптимизация поисково-разведочных работ в районах с высокой степенью освоения ресурсов**

В районах нефтедобычи, где высокий уровень освоения начальных потенциальных ресурсов углеводородов отмечается значительное сокращение фонда крупных и средних по размеру ловушек. Оставшиеся объекты поисков – это малоамплитудные структуры и ловушки, в том числе и неантиклинальные. В этих условиях основные вопросы оптимизации поисково-разведочного процесса небольших месторождений нефти заключаются в следующем. На поисковом этапе они связаны с повышением качества подготовки объекта к поисковому бурению, сокращением числа поисковых скважин, чаще всего до одной. А на разведочном этапе скважины должны использоваться как для подсчета запасов, так и для извлечения углеводородов на дневную поверх-

ность. При этом задачи второго этапа можно решать в процессе пробной эксплуатации залежи.

## ПОИСКОВЫЙ ЭТАП

С целью повышения качества подготовки объекта под глубокое бурение следует использовать следующие критерии подготовки структур сейсморазведкой.

1) Амплитуды временных аномалий должны не менее чем вдвое превышать вероятными величинами систематических погрешностей статистических поправок, и составлять не менее 10 мс.

2) Значение амплитуды критического крыла должно превышать предел точности метода подготовки.

3) Необходима надежная прослеживаемость отражений, в том числе поправочного отражения от верхнего опорного горизонта (отдельные ухудшения прослеживаемости допустимы при условии корреляционной увязки по замкнутым полигонам).

4) Отсутствие в толще, перекрывающей структуру (ловушку) неучтенных неоднородностей, выделяющихся по особенностям записи на временных разрезах, которые могли бы обусловить наличие ложного антиклинального перегиба по картируемому горизонту.

5) Плотность профилей должна быть не ниже 2-2,5 км/км<sup>2</sup>.

6) Необходимо также иметь экспертное заключение о кондиционности и подтверждаемости объекта под глубокое бурение.

Решение о передаче объекта под поисковое бурение можно принимать лишь после того, как получены следующие данные.

А) Параметры структуры и оценка перспективных ресурсов по категории С<sub>3</sub>.

Б) Заключение о достоверности структурных построений по каждому целевому горизонту с использованием материалов детальной сейсморазведки.

В) Данные о глубине освещенности сейсморазведкой.

Г) Соотношение структурных планов по пластам, содержащим залежи углеводородов и отражающих сейсмических горизонтов.

Д) Сведения о географо-экономическом положении района.

При этом для каждого района следует установить минимальные параметры рентабельности объекта, вероятность наличия структуры и положения ее свода, а также положение ее свода, вероятность присутствия промышленных скоплений углеводородного сырья (по пакету оценки достоверности построения карт), оценку ресурсов по категории  $C_3$ .

Если один из этих параметров на реальном объекте будет меньше установленного для данного района, то этот объект не может быть признан очередным. Параллельно с этим необходимо определить максимальную площадь и ресурсы объекта, чтобы установить необходимое количество независимых скважин. При бурении на структуре трех скважин обычно возникает затруднение в оценке ее подтверждаемости. При бурении двух независимых скважин, первая должна закладываться в своде, вторая на критическом направлении (пологом раскрытом крыле). Главная цель закладки второй скважины - прирост и подтверждение запасов углеводородного сырья, а не проверка гипсометрии структуры, как нередко отвечают студенты. В обеих скважинах обязательно проводится глубинное сейсмическое торпедирование. Структура считается подтвержденной, если по изучаемому горизонту первая скважина является продуктивной или находится гипсометрически выше ранее пробуренной, которая подтвердила или не подтвердила наличие поднятия.

На каждом объекте с ресурсами не более 0,5 млн. т. нужно бурить только одну поисковую скважину. Соответственно резко возрастают требования к выбору места ее заложения. Оптималь-

ный вариант следует выбирать на основании данных о кинематическом сейсмическом разрезе, динамических аномалиях волнового поля и поля вероятностей. Смещение скважины не допустимо, исключен также снос ее относительно сейсмического профиля – она должна закладываться и буриться только там, где имеется геологическая информация о разрезе.

Для повышения точности сейсмических построений в области свода структуры необходимо отработать как минимум два ортогональных сейсмических профиля, максимально приближенных к своду структуры. Только при высоком качестве подготовки поднятий в случае отрицательных результатов бурения первой скважины можно обоснованно принять решения о дальнейших работах на этом объекте. Необходимо отметить, что в первой пробуренной скважине необходимо провести глубинное сейсмическое торпедирование (ГСТ). Подтверждаемость объекта основывается на данных сейсморазведки, бурения скважины и ГСТ. В случае блокового строения объекта обоснование проводится для каждого блока или свода отдельно.

Та же работа проводится для каждого горизонта в случае смещения по ним сводовых частей поднятий. Часто небольшие структуры выводятся из глубокого бурения после проходки одной скважины. Это не верно, так как в данном случае мы имеем дело с недоразведкой объекта.

Во избежание указанных ошибочных решений, и, как следствие, сокращения числа поисковых объектов с неопределенными результатами бурения предлагаются следующие критерии подтверждаемости структуры при бурении одной скважины:

- 1) Структура считается подтвержденной, (если в скважине получен отрицательный результат) в случае если вероятность наличия структуры и положение ее свода определено по пакету программ достоверности построения карт. При этом следует счи-

тать, что поднятие существует, но не содержит скоплений углеводородов. Дальнейшие работы здесь прекращаются. Такой же вывод делается, если скважина вскрыла маркирующий горизонт на более высоких гипсометрических отметках по сравнению с ранее пробуренными скважинами, находящимися в непосредственной близости от структуры и сдвинутой в сторону регионального восстания слоев.

2) При отсутствии в скважине притоков углеводородов поднятие считается не подтвердившимся, если данные ВСП, ГСТ или АК сейсмический репер, по которому подготовлено поднятие, не установлен, либо вероятность его по пакету программ менее 0,5.

Опыт работ проведенные исследования в районах Западной Сибири и Волго-Уральской нефтегазоносной провинции показывают, что небольшие по размерам объекты с малыми ресурсами располагаются группами. Поэтому необходима концентрация сейсморазведочных работ на достаточно крупных массивах и их опережающее проведение по отношению к глубокому бурению. Проводить глубокое бурение в зоне развития небольших объектов является вполне обоснованным.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТ НА РАЗВЕДОЧНОМ ЭТАПЕ

Анализ разведки месторождений, связанных с малоамплитудными поднятиями с небольшими запасами, показывает, что они в ряде случаев характеризуются переразведкой. Часть скважин, которые бурятся после скважины первооткрывательницы, оказываются за контуром залежи или в водонефтяной зоне, которая содержит незначительную часть залежи запасов всей залежи. При снижении величины общих запасов залежи абсолютное значение запасов нефти остается небольшим, хотя для приконтурных зон возрастает. Например, для месторождений или залежей с

извлекаемыми запасами 0,5 млн. тонн в интервалах толщин запасы составляют: до 1м-2,5; 1-2м-8,5; 2-3м-10,5; и 3-4м-14,5%.

Так как запасы нефти в приконтурных зонах мадоамплитудных поднятий незначительны, то эти зоны должны считаться самостоятельным объектом разведки и изучаться эксплуатационным бурением.

Анализ материалов по различным районам России показывает, что объекты с небольшими запасами, на которых осуществляются поиски и разведка месторождений не единичны. Они располагаются группами в пределах определенных структурных зон, нефтегазоносность которых связана с единым литолого-стратиграфическим комплексом. Общие условия формирования залежей, близкие по значению коллекторские свойства продуктивных горизонтов и физико-химической характеристике нефтей позволяют использовать усредненные параметры при подсчете запасов углеводородов по категории  $C_1$  новых месторождений. При разведке малоамплитудных поднятий с небольшими запасами задачей первой стадии разведочного этапа является оценка выявленной залежи. Она может быть решена с использованием указанных выше данных, а также сведений о соседних продуктивных площадях.

При решении второй стадии этапа – подготовки залежи к разработке – можно использовать результаты опытной эксплуатации, которая благодаря обустройству старых районов не вызовет трудностей.

Положительную роль в повышении эффективности поисковых и разведочных работ могут сыграть старые добывающие скважины, использование которых для открытия и разведки мелких залежей связано с их углублением, или возврата на пропущенные горизонты.

В методическом плане использование добывающих скважин для разведки залежей, находящихся ниже основного объекта эксплуатации должно базироваться на анализе сетки добывающих скважин основного объекта и выбор из нее скважин, расположенных в оптимальных условиях по отношению к предполагаемому нижележащему продуктивному объекту.

Выбранные скважины можно в процессе их проводки углубить до нового объекта и получить необходимую информацию.

Разведку основного объекта добывающими скважинами (опережающими и оценочными) чтобы уменьшить риск бурения непродуктивных скважин, необходимо проводить изучение залежи последовательно от зоны с максимальной концентрацией запасов углеводородного сырья к периферийным частям залежи.

При необходимости ознакомиться более подробно с некоторыми темами, изложенными в учебном пособии, необходимо воспользоваться указанной фамилией автора рассмотренной методики. В библиотечном каталоге Вы легко найдете всю имеющуюся литературу по интересующему вопросу.

## **Вопросы для 1 аттестации**

1. Цели и задачи каждого из этапов поисково-разведочного процесса.
  2. Методы и оценка их рентабельности на предварительной стадии поисков скоплений нефти и газа.
  3. Обоснование достоверности выполненных исследований поискового этапа.
  4. Планирование и проведение предварительных поисковых работ.
  5. Планирование и проведение детальных поисковых работ.
  6. Методы и оценка их рентабельности на предварительной стадии разведки скоплений нефти и газа.
  7. Обоснование достоверности выполненных исследований разведочного этапа.
  8. Планирование и проведение предварительных разведочных работ.
  9. Планирование и проведение детальных разведочных работ.
  10. Обоснование размещения разведочных скважин.
  11. Анализ комплексирования исследований и документации при бурении скважин.
  12. Методические основы сопоставления разрезов скважин.
  13. Интерпретация полевых геофизических методов исследований.
  14. Прямые геофизические и геохимические методы поисков нефтяных и газовых месторождений.
  15. Буровые работы.
  16. Оценка ресурсов и запасов нефти и газа.
- Максимальная сумма баллов первой аттестации-35.



## Вопросы для 2 аттестации

1. Прогноз нефтегазоносности земель по космическим снимкам и их анализ.

2. Использование геотермических критериев прогноза нефтегазоносности.

3. Гидрогеохимические методы оценки нефтегазоносности осадочного чехла.

4. Использование электроразведки (метод СБС-петля) для прямых поисков нефти и газа.

5. Геотектонические критерии локального прогноза (по методике Т. Ф. Колмакова). Анализ выявленных признаков нефтегазоносности разреза.

6. Применение структурно-геоморфологических методов.

7. Оптимизация поисково-разведочных работ в районах с высокой степенью освоения ресурсов.

Максимальная сумма баллов второй аттестации - 35.

**Третья аттестация** проводится по выполненным лабораторным работам.

Используется комплекс лабораторных работ, разработанный ведущими сотрудниками кафедры геологии нефти и газа.

Максимальная сумма баллов третьей аттестации - 30.

## **Список литературы**

### **Основная литература**

1. Бородкин В.Н., Кислухин В.И. Сейсмогеофизическое моделирование ачимовского нефтегазоносного комплекса Западной Сибири. ТГНГУ. 2009. Тюмень. 88 С.
2. Бочкарев В.С., Брехунцов А.М., Кислухин В.И. Будущее геологии Западной Сибири – за погребенными структурами и ловушками. //Горные ведомости. №9.2005.С 18-24.
3. Кислухин И.В., Кислухин В.И., Бородкин В.Н. Геология нефти и газа. ТГНГУ. 2008. Тюмень. 48 С.

### **Дополнительная литература**

4. Бакиров А.А., Бакиров В.А., Мелик-Пашаев В.С. Теоретические основы и методы поисков и разведки месторождений нефти и газа. Высшая школа. 1968. 427 С.
5. Габриэлянц Г.А., Проскурин В.И., Сорокин Ю.В. Методика поисков и разведки залежей нефти и газа. М. Недра. 1985. 304 С.
6. Жданов М.А. Нефтепромысловая геология и подсчет запасов нефти и газа. М. Недра. 1981. 488 С.
7. Нестеров И.И. критерии прогноза нефтегазоносности. М. Недра. 1969. 340 С.
8. Нестеров И.И., Шпильман В.И. Теория нефтегазонакопления. М. Недра. 1987. 316 С.
9. Проничева М.В., Саввинова Г.Н. Палеогеоморфологический анализ нефтегазоносных областей СССР. М. Недра. 1980. 135 С.

*Для заметок*

*Учебное издание*

**Кислухин Иван Владимирович**  
**Кислухин Владимир Иванович**  
**Бородкин Владимир Николаевич**

**МЕТОДЫ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

*В авторской редакции*

Подписано в печать 04.02.2011. Формат 60x90 1/16. Усл. печ. л. 3,25.  
Тираж 70 экз. Заказ № 14.

Библиотечно-издательский комплекс  
государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Тюменский государственный нефтегазовый университет».  
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательского комплекса.  
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.