

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В. П. Ожгибесов

ПАЛЕОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ



Пермь 2019

УДК 551.248.1: 001.8(075.8)

ББК 26.324я7

О45

Ожгибесов В. П.

О45 Палеоструктурный анализ: учеб.-метод. пособие / В. П. Ожгибесов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2019. – 44 с.

Пособие содержит актуальные задачи изучения исторической геотектоники локальных структур. Эти задачи основаны на применении метода мощностей и фациальном анализе осадочных горных пород с учётом фундаментальных представлений о стратиграфии геологического разреза. Рассматриваются возможности и пути совершенствования теоретических основ и практического применения метода треугольников для палеоструктурного анализа локальных структур.

Предназначено студентам геологического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета.

УДК 551.248.1: 001.8(075.8)

ББК 26.324я7

*Издается по решению ученого совета геологического факультета
Пермского государственного национального исследовательского университета*

Составитель: **Ожгибесов Владимир Петрович**

Редактор *Л. А. Богданова,*

Корректор *Н. А. Антонова*

Компьютерная верстка: *В. П. Ожгибесов*

Подписано в печать 07.06.2019. Формат 60×84/8

Усл. печ. л. 5,12. Тираж 100 экз. Заказ ____

Издательский центр
Пермского государственного
национального исследовательского университета.
614990 г. Пермь, ул. Букирева, 15

Типография ПГНИУ
614990 г. Пермь, ул. Букирева, 15

© ПГНИУ, 2019

© Ожгибесов В. П., 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ПРОГРАММА	4
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	5
3. ЗАДАЧИ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И САМОПОДГОТОВКИ	6
3.1. Первый раздел	6
3.2. Второй раздел	7
3.3. Третий раздел	8
4. ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА МЕТОДОМ ТРЕУГОЛЬНИКОВ	10
5. УЧЁТ ФАЦИЙ ПРИ ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА	15
6. ЗАДАЧИ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ	18
7. ПРИЛОЖЕНИЯ К ЗАДАЧАМ ПО ПАЛЕОСТРУКТУРНОМУ АНАЛИЗУ	20
7.1. БАГАЕВСКАЯ ПЛОЩАДЬ	20
7.2. ЕЛХОВСКАЯ ПЛОЩАДЬ	22
7.3. КРАСНОКАМСКАЯ ПЛОЩАДЬ	25
7.4. КУЕДИНСКАЯ ПЛОЩАДЬ	27
7.5. ПОЛАЗНИНСКАЯ ПЛОЩАДЬ	29
7.6. СОКОЛОВСКАЯ ПЛОЩАДЬ	31
8. ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КАРТ МОЩНОСТЕЙ КАК ПАЛЕОСТРУКТУРНЫХ КАРТ	33
9. ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЛОВУШЕК НЕФТИ КУДЫМКАРСКОГО ВАЛА В ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ	35
10. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	39
Приложение 1. International chronostratigraphic chart	40
Приложение 2. Биективная шкала фанерозоя	41
Приложение 3. Геохронологические подразделения общей шкалы (без веков и фаз)	42
Приложение 4. Стратиграфические подразделения общей шкалы (без ярусов и зон)	43
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	44

ВВЕДЕНИЕ

Программа, задачи лабораторного практикума и методические указания предусматривают изучение методов палеотектонического анализа (исторической геотектоники локальных структур осадочного чехла на территории Волго-Уральской нефтегазоносной провинции).

Особое место в программе занимает метод анализа последовательности структурных и палеоструктурных карт по методу треугольников. Применение этого метода связано с необходимостью развития методики тектонического анализа платформенных структур при поисках антиклинальных ловушек и приуроченных к ним месторождений нефти и газа.

В основе метода треугольников лежит решение задач стратиграфического расчленения, стратиграфической корреляции, фашиально-биономического и комплексного палеотектонического анализа.

1. ПРОГРАММА

1.1. Методы палеоструктурного анализа и их место в общей системе геологического знания. Теория и практика

Палеогеология как наука о структуре земной коры и её формировании. Данные для палеогеологических построений. Геологическая и структурная карты. Карта мощностей. Поверхности стратиграфических несогласий. Палеогеологическая карта.

История развития методов палеоструктурного анализа.

Значение палеотектонических, палеогеологических, палеогеографических и прогнозных карт для теории и практики.

1.2. Методология построения фашиальных профилей и фашиальных карт

Карты генетических типов осадков. Определение понятия фация. Карты фаций. Значение изохронных стратиграфических границ при построении структурных карт.

Геофизические реперы по данным каротажа скважин и основной фашиальный закон. Структурные карты и карта мощности стратона.

Учёт палеогеографии и фаций в палеоструктурном анализе и исторической геотектонике. Карты фактического материала, карты изопахит и их интерпретация: анализ фаций в стратиграфической последовательности.

1.3. Структурные и палеоструктурные карты

Метод мощностей для анализа процесса и результатов осадконакопления в результате нисходящих тектонических движений земной коры. Недостатки метода. Механизм формирования мощностей, учёт стратиграфического фактора. Учёт тектонического режима, фаций, погребённого рельефа. Принцип актуализма, принцип неполноты стратиграфической летописи. Методика построения структурных карт; построение карт мощностей и палеоструктурных карт. Интерпретация карты мощности стратона как палеоструктурной карты подошвы стратона на момент формирования кровли стратона.

1.4. Историческая геотектоника локальных платформенных структур

Анализ развития структурных форм по палеоструктурным картам изохронных поверхностей осадконакопления в геологическом прошлом. Палеотектонические и палеоструктурно-геологические карты и методика их построения.

Метод треугольников, его достоинства и недостатки: метод «треугольников тектонических карт» и метод «треугольников профилей».

1.5. Палеотектонические графики

Палеотектонические графики и их разновидности. Хроностратиграфическая шкала и доверительные интервалы оценки изотопного возраста границ стратонов общей стратиграфической шкалы. Методы построения палеотектонических графиков. Анализ характера тектонических движений по палеотектоническим графикам.

1.6. Палеогеологические карты

Палеогеологические карты, методика их построения и анализа. Выбор уровней стратиграфических несогласий для построения палеогеологических карт. Палеогеологическая карта, наложенная на несогласие (карта «глазами червя»). Вычерчивание контуров стратиграфических подразделений. Совмещённые палеогеологические карты и их анализ.

Палинспастический метод.

1.7. Прогнозные карты полезных ископаемых

Содержание прогнозных карт, их масштабы и методика построения. Особенности геологического строения с учётом геофизических, стратиграфических, фациальных и историко-геологических исследований. Понятие об оценке перспектив на поиски месторождений нефти и газа с учётом данных палеоструктурного анализа.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Лабораторные занятия (и лекционно-семинарские занятия) включают изучение различных типов палеогеологических, палеотектонических, палеогеографических, прогнозных и других разновидностей карт, их анализ, а также построение палеотектонических профилей через локальные структуры осадочного чехла Восточно-Европейской платформы.

Одна из основных лабораторных работ посвящена применению «метода треугольников» для поэтапного историко-геологического палеотектонического анализа развития локальных структур осадочного чехла Восточно-Европейской платформы в условиях компенсированного осадконакопления.

Построение карт может быть выполнено либо вручную, либо с применением компьютерных технологий трёхмерного моделирования рельефа поверхности кровли и подошвы стратонов.

Идеология и методика построения ручного варианта карты и его компьютерного аналога, в принципе, должны различаться лишь скоростью построения и степенью

наглядности (если заранее заготовить электронную базу данных и не тратить время на создание электронных таблиц и освоение пакетов программного обеспечения). Однако практика показывает целесообразность построения карт вручную, а потом – машинными методами с последующим сравнением результатов построений.

Первую задачу каждого раздела рекомендуется прежде всего решать способом ручных построений, без применения компьютера. Это поможет оценивать возможности, преимущества и недостатки компьютерных построений, находить ошибки в программировании и результатах построений при сбое в работе программы.

3. ЗАДАЧИ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И САМОПОДГОТОВКИ

Задачи делятся на три раздела по нарастающей степени сложности.

3.1. Первый раздел

Включает три типа задач, которые решаются на лабораторных занятиях по палеоструктурному анализу.

Задачи первого типа

Выполнить стратиграфическое расчленение геологического разреза осадочного чехла в одной отдельно взятой буровой скважине на региональные стратиграфические подразделения (горизонты) и стратоны общей шкалы (ярусы, отделы и системы).

Пронумеровать стратиграфические реперы снизу вверх и начертить схему положения пронумерованных реперов в вертикальном разрезе скважин, указать стратиграфическую привязку реперов; нарисовать схему соотношения реперов в скважине.

Определить направления вертикальных тектонических движений земной коры в течение каждого геохронологического интервала с учётом «метода мощностей» и метода «стратиграфических перерывов» в осадконакоплении.

Задачи второго типа посвящены не только стратиграфическому расчленению разреза, но и фациальному анализу горных пород, а также определению тех интервалов разреза, в которых встречены горные породы рифогенного характера, доказывающие наличие органогенных построек, образование которых сопровождается перекомпенсированным осадконакоплением.

Задачи третьего типа нацеливают на стратиграфическое расчленение геологического разреза и изучение фаций осадочного чехла. Необходимо сделать вывод о направлении тектонических движений земной коры в каждой отдельно взятой буровой скважине в течение каждого геохронологического интервала.

Особенность заданий состоит в том, что в них рекомендовано определить не только направление, но и амплитуду тектонических движений в каждой скважине и в каждый из установленных интервалов геологического времени.

Для решения этих задач следует все карты мощности стратонов (и карты суммарных мощностей нескольких стратонов) интерпретировать как палеоструктурные карты одной и той же поверхности.

Например:

- Карту мощности **среднего отдела** девонской системы (при выполнении всех постулатов метода мощности) можно интерпретировать как палеоструктурную карту **подшвы среднего отдела** девонской системы на момент окончания средней эпохи девонского периода.
- Суммарную карту мощности **среднего и верхнего отделов** девонской системы (при выполнении всех критериев метода мощности) можно интерпретировать как палеоструктурную карту **подшвы среднего отдела** девонской системы на момент окончания девонского периода.
- Важно не только анализировать предложенные задачи, но и самостоятельно составлять аналогичные задачи. Студенты задают вопросы друг другу и отвечают на эти вопросы.

Задачи второго и третьего разделов предназначены для решения методом треугольников

3.2. Второй раздел

Задачи второго раздела связаны с палеотектоническим анализом геологического профиля.

Геохронологический палеотектонический анализ выполняется для последовательности стратонов на площади проведения буровых работ.

ИЗУЧЕНИЕ ИСТОРИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РАЙОНА ПО ДАННЫМ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Цель работы:

- выявление общих закономерностей истории тектонического развития всех маркирующих поверхностей (от самых древних – до самых молодых);
- выявление всех особенностей тектонического развития территории на каждом участке профиля в каждый момент геологического времени;
- выявление геологического строения и особенностей геологического развития региона в любой момент геологического времени.

Задачи работы: ПОСТРОИТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ И НЕСКОЛЬКО ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ «ПРОФИЛЕЙ ВЫРАВНИВАНИЯ», ВЫПОЛНИТЬ ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭТИХ ПРОФИЛЕЙ. ДЛЯ ЭТОГО:

- построить таблицу фактического материала с данными об условных координатах территориального расположения пронумерованных буровых скважин;
- построить таблицу фактического материала с данными об абсолютных отметках альтитуды скважин;
- построить таблицу фактического материала с данными о глубинах залегания изохронных границ между всеми установленными стратиграфическими подразделениями;

- вычислить абсолютные отметки глубин залегания изохронных границ между всеми установленными реперами;
- вычислить мощности всех установленных стратиграфических интервалов;
- изучить фациальный состав горных пород на изучаемой площади;
- сделать вывод о возможности применения «метода мощностей» для палеотектонического анализа каждого участка территории в каждый момент геологического времени;
- выбрать «геологический профиль» по скважинам изучаемой площади бурения;
- построить палеотектонические «профили выравнивания» всех стратонов;
- сгруппировать построенные профили для осуществления их анализа по методу треугольников (см. рис. 1 – 5);
- построить недостающие «карты суммарных мощностей»;
- выполнить поэтапный исторический палеотектонический анализ всех изохронных маркирующих поверхностей;
- сделать вывод об интервале времени формирования всех тектонических структур всех стратиграфических реперов;
- написать заключение о результатах палеотектонического анализа геологического разреза;
- принять участие в учебно-практической конференции с целью обоснования и защиты полученных выводов.

Примечание. Сначала нужно построить треугольник палеотектонических профилей по заданным линиям скважин (см. рис. 1–6).

После анализа профилей рекомендуется построить треугольник палеотектонических карт по всем скважинам выбранной площади бурения вручную и с помощью программ Excel на персональном компьютере.

3.3. Третий раздел

ИЗУЧЕНИЕ ИСТОРИИ ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РАЙОНА БУРЕНИЯ СКВАЖИН ИЗУЧАЕМОЙ ПЛОЩАДИ

Цель работы:

- а) выявление общих закономерностей истории тектонического развития всех маркирующих поверхностей (от самых древних — до самых молодых стратиграфических подразделений);
- б) выявление всех особенностей тектонического развития территории на каждом участке изучаемой территории в каждый момент геологического времени;
- в) выявление дополнительных перспектив применения историко-геологического анализа для выявления геологического строения и особен-

ностей геологического развития региона в любой момент геологического времени (например, креативного палеотектонического анализа).

Примечание. Для успешного решения палеотектонических задач существует ряд либо ограничений, либо непреодолимых препятствий, которые обусловлены фациальными и стратиграфическими закономерностями.

ФАКТОРЫ, НАКЛАДЫВАЮЩИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ СТРАТИГРАФИЧЕСКИМИ ЗАКОНОМЕРНОСТЯМИ:

- фундаментальные особенности природы геологического времени;
- соотношение подразделений стратиграфической, геохронологической и хроностратиграфической шкал;
- детальность стратиграфического расчленения разреза в каждой точке наблюдения;
- достоверность стратиграфического расчленения каждого из разрезов скважин;
- достоверность стратиграфической корреляции разрезов скважин.

ОГРАНИЧЕНИЯ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЯМИ, ВОЗМОЖНОСТЯМИ И ДОСТОВЕРНОСТЬЮ ВЫВОДОВ НА ОСНОВЕ ФАЦИАЛЬНОГО АНАЛИЗА:

- практическая реализация принципа компенсированного осадконакопления не всегда соответствует теоретической;
- соотношение амплитуды нисходящих тектонических движений поверхности осадконакопления и мощностей горных пород соответствующих стратонамов;
- фактор уплотнения первичного осадка (в общем случае – любого изменения его мощности) на разных стадиях превращения древнего осадка в современную горную породу;
- особенности анализа мощностей разрезов с рифогенными горными породами;
- учёт рельефа поверхности осадконакопления.

Задачи третьего раздела работы:

ПОСТРОИТЬ НЕСКОЛЬКО СТРУКТУРНЫХ КАРТ И КАРТ МОЩНОСТИ, ВЫПОЛНИТЬ ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭТИХ КАРТ. ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДЛЯ АНАЛИЗА СХЕМУ РАСПОЛОЖЕНИЯ РЕПЕРОВ В ВЕРТИКАЛЬНОМ РАЗРЕЗЕ СКВАЖИНЫ (рис. 1 и 2).

В соответствии с задачами этой части работы необходимо построить таблицу фактического материала, используя данные об условных координатах буровых скважин, об абсолютных отметках альтируды скважин, о глубинах залегания реперов изо-

хронных границ между всеми установленными стратиграфическими подразделениями. Для этого:

- определить абсолютные отметки глубин залегания изохронных границ реперов между всеми установленными стратиграфическими подразделениями;
- вычислить мощности всех изохронных стратиграфических подразделений;
- изучить фациальный состав горных пород на изучаемой площади;
- сделать вывод о возможности применения «метода мощностей» для палеотектонического анализа территории в каждый момент геологического времени;
- построить структурные карты по установленным реперам во всех скважинах на изучаемой площади бурения;
- построить карты мощности стратонов;
- сгруппировать построенные карты мощности для их анализа по методу треугольников;
- построить карты суммарной мощности;
- выполнить поэтапный исторический палеотектонический анализ изменения всех реперов (изохронных маркирующих поверхностей);
- написать заключение о результатах палеотектонического анализа территории;
- принять участие в учебно-практической конференции с целью обоснования и защиты полученных выводов.

4. ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА МЕТОДОМ ТРЕУГОЛЬНИКОВ

- Для решения любой задачи палеотектонического анализа разреза рекомендуется сначала сделать вручную схематичный **рисунок положения реперов в вертикальном разрезе** скважины;
- после выполнения рисунка положения реперов в вертикальном разрезе скважины нужно вручную построить треугольник палеотектонических **карт**;
- треугольник палеотектонических карт можно построить также с помощью компьютерных программ; интересно сравнить ручной и машинный варианты построения структурных карт и карт мощностей (карт изопахит).

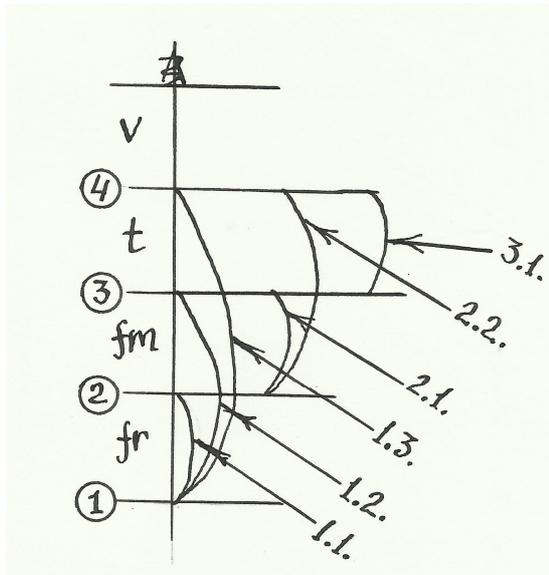


Рис. 1. Схема расположения стратиграфических реперов для выполнения комплексного палеотектонического анализа структуры по подошвам франского, фаменского и турнейского ярусов

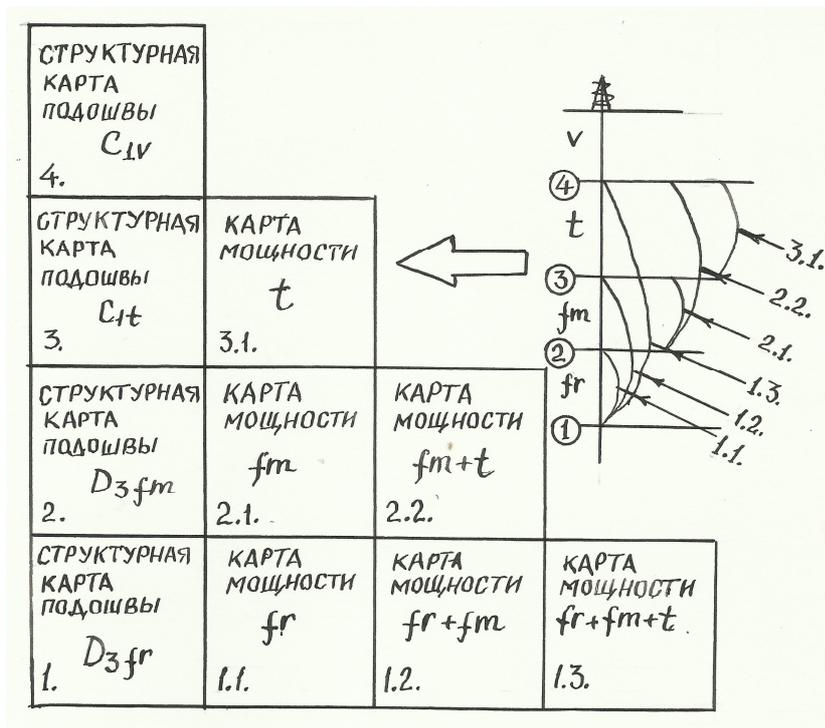


Рис. 2. Расположение карт по методу треугольников в соответствии со схемой расположения стратиграфических реперов

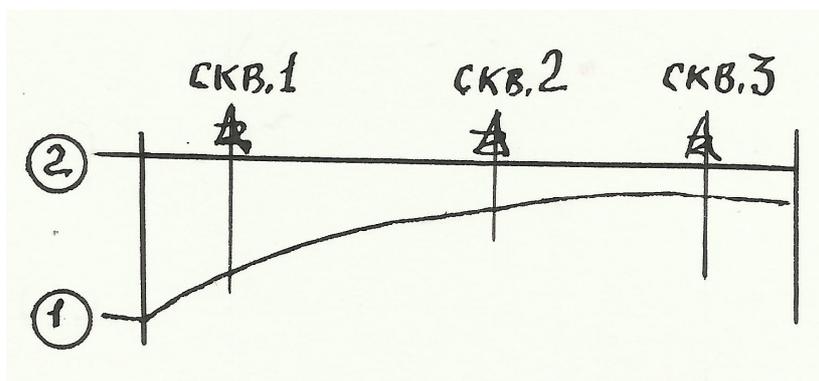


Рис. 3. Профиль через карту мощности 1.1 (рис. 2).
 В течение франского века формируется западное крыло антиклинали по подошве франского яруса (репер 1) в районе скважины 1

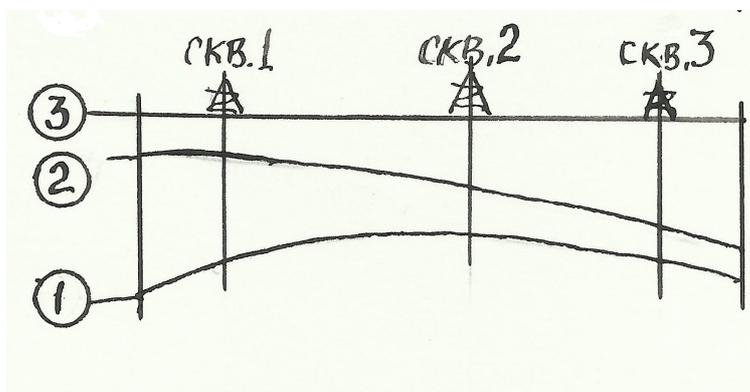


Рис. 4. Профиль через карту мощности 1.2. В течение фаменского века формируется сводовая часть антиклинали по подошве франского яруса (репер 1) в районе скв. 2

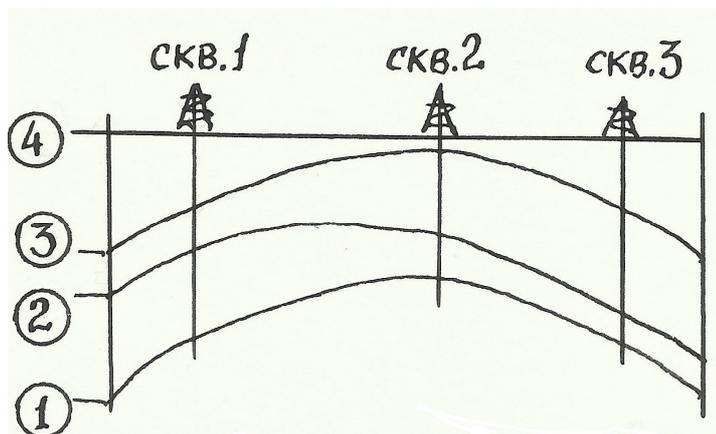


Рис. 5. Профиль через карту мощности 1.3. В течение турнейского века продолжает формироваться сводовая часть антиклинали по реперам 1 и 3 в районе скв. 2;
 в турнейский век нисходящие тектонические движения преобладают в районе скважин 1 и 3 на западном и восточном крыле структуры

Расположение карт в треугольнике позволяет описать и проанализировать закономерности изменения структуры поверхностей, построенных по реперам №1–4, на различные моменты геологической истории формирования локальных структур осадочного чехла платформы, а также выявить направления и время миграции нефти под влиянием тектонических движений.

Карты мощности				Структурные карты
на момент окончания ранней эпохи каменноугольного периода	на момент окончания средней эпохи каменноугольного периода	на момент окончания поздней эпохи каменноугольного периода	на момент окончания пермского периода	на современный момент
				№5: структурная карта кровли пермской системы (репер №5)
—	—	—	№4.1: карта мощностей пермской системы P	№4: структурная карта подошвы пермской системы, P (репер №4)
—	—	№3.1: карта мощности верхнего карбона C₃	№3.2: суммарная карта мощности C₃+P	№3: структурная карта подошвы C₃ (репер №3)
—	№2.1: карта мощности среднего карбона C₂	№2.2: суммарная карта мощности C₂+C₃	№2.3: суммарная карта мощности C₂+C₃+P	№2: структурная карта подошвы C₂ (репер №2)
№1.1: карта мощности нижнего карбона C₁	№1.2: суммарная карта мощности C₁+C₂	№1.3: суммарная карта мощности C₁+C₂+C₃	№1.4: суммарная карта мощности C₁+C₂+C₃+P	№1: структурная карта подошвы C₁ (репер №1)

Рис. 6. Вариант расположения карт мощности, карт суммарной мощности и палеоструктурных и структурных карт по методу треугольников для реперов № 1 (по подошве нижнего отдела каменноугольной системы), № 2 (по подошве среднего карбона), № 3 (по подошве верхнего отдела каменноугольной системы), № 4 (по подошве пермской системы или по кровле каменноугольной системы)

При изучении закономерностей преобразования структуры реперных стратиграфических поверхностей в различные моменты геологической истории выполняются работы по палеоструктурному анализу осадочного чехла древней платформы. Для этого в геологическом разрезе выявляется несколько стратиграфических реперов. В последовательном ряду структурных карт, карт мощности и палеоструктурных карт выявляются закономерности преобразования реперных поверхностей стратонтов в различные моменты геологической истории, устанавливаются геохронологические интервалы, в течение которых формировались антиклинальные ловушки углеводородов, а также дальнейшая геологическая история преобразования структурного плана этих ловушек по методу треугольников. Для решения этих задач необходимо построить несколько карт мощности и несколько структурных карт. Общее количество карт можно вычислить по формуле

$$(1) \quad S_n = 0.5 \cdot (n+1) \cdot n,$$

где S_n – общее количество карт, предусмотренных схемой построения по методу треугольников;

n – количество стратиграфических реперов, необходимых для анализа вертикального геологического разреза.

Некоторые результаты сопоставления n и S_n приведены в таблице.

n	3	4	5	6	7	8	9	10
S_n	6	10	15	21	28	36	45	55

Результаты вычислений по формуле (1) позволяют планировать объём работ с учётом количества необходимых карт.

Сначала выявляется наличие современной антиклинальной структуры по подошве франского яруса верхнего отдела девонской системы.

После этого изучаются фации франского яруса и, при условии что все требования «метода мощностей» выполняются, строится карта мощности франского яруса. Карта мощности франского яруса интерпретируется как палеоструктурная карта подошвы франского яруса на момент формирования кровли франского яруса, т.е. на момент окончания франского века поздней эпохи девонского периода. Таким образом, результат первого этапа палеоструктурного анализа подошвы франского яруса указывает на то, какую структуру имела поверхность подошвы франского яруса в конце франского века.

После этого строится суммарная карта мощности франского и фаменского ярусов. Эта карта интерпретируется как палеоструктурная карта (той же самой поверхности!) подошвы франского яруса на момент окончания фаменского века позднего девона.

Все карты сравниваются в упорядоченной последовательности реперов от древних – к молодым. Так выявляются изменения в структуре подошвы франского яруса, происшедшие в фаменский век. По аналогии определяются изменения в структуре подошвы франского яруса, происшедшие в турнейский век.

Палеоструктурный анализ позволяет уточнить направление поисков антиклинальных нефтегазоносных структур в разрезе осадочного чехла платформы.

5. УЧЁТ ФАЦИЙ ПРИ ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

Палеотектонический анализ формирования локальных антиклинальных структур всегда сопровождается анализом стратиграфии и фациальных обстановок формирования геологического разреза.

Рассмотрим два типичных случая на примере морских фаций кунгурского яруса нижнего (приуральского) отдела пермской системы для территории сочленения Русской плиты и Сылвинской впадины Предуральяского краевого прогиба.

Первый случай. На рис. 7 представлен геологический разрез с горизонтально-слоистыми известняками саранинского горизонта кунгурского яруса нижнего (приуральского) отдела пермской системы.

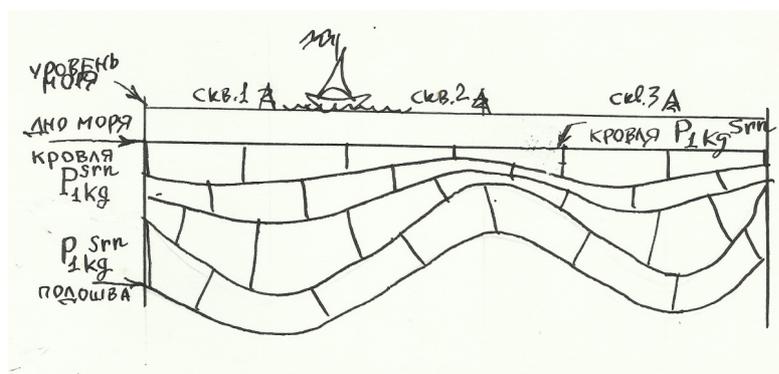


Рис. 7. Геологический разрез с нормально-слоистыми морскими известняками саранинского горизонта кунгурского яруса

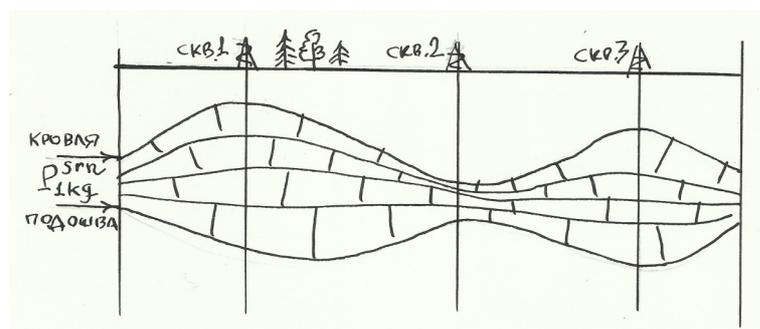


Рис. 8. Палеогеологический профиль на палеогеоморфологической основе с нормально-слоистыми морскими известняками саранинского горизонта кунгурского яруса, построенный для момента окончания саранинского времени кунгурского века раннепермской приуральской эпохи пермского периода

На участках скважин № 1 и 3 мощности саранинского горизонта увеличены. В скважине № 2 мощность стратона меньше, чем в скважинах № 1 и № 3. Фациальный анализ горных пород в составе саранинского горизонта всех трёх скважин показал, что эти разрезы представлены нормально-слоистыми неглинистыми известняками, накопившимися в одинаковых морских фациальных обстановках верхненеритовых глубин. По всему разрезу встречается бентосная стеногалинная фауна фузулинид, колониальных кораллов и замковых брахиопод. Формирование всех участков разреза проходило в условиях компенсированного осадконакопления. Это обстоятельство позволяет применять метод мощностей для анализа амплитуды нисходящих тектонических движений в течение саранинского времени кунгурского века ранней приуральской эпохи пермского периода и определить в какое время образовалась антиклиналь по подошве саранинского горизонта.

На рис. 8 представлен палеотектонический профиль, построенный на палеогеоморфологической основе с учётом одинаковой глубины накопления осадка. Он показывает положение кровли саранинского горизонта, кунгурского яруса нижнего (приуральского) отдела пермской системы. На рисунке видно, что в районе скважины № 2 расположен свод антиклинальной структуры по подошве саранинского горизонта для геологического времени, которое приходится на момент окончания саранинского времени кунгурского века.

Таким образом, в районе скважины №2 формируется сводовая часть антиклинальной структуры по подошве саранинского горизонта кунгурского яруса в момент окончания саранинского времени кунгурского века раннепермской (приуральской) эпохи пермского периода. При этом карту мощностей саранинского горизонта кунгурского яруса нижнего приуральского отдела пермской системы можно интерпретировать как палеоструктурную карту. Это палеоструктурная карта подошвы саранинского горизонта кунгурского яруса нижнего приуральского отдела пермской системы для момента окончания саранинского времени кунгурского века ранней приуральской эпохи пермского периода, т.е. времени формирования нормально-морских слоистых осадков кровли саранинского горизонта. Если в саранинское время по подошве саранинского горизонта формируется антиклиналь, то это позволяет предполагать формирование антиклинали (а при соответствующих условиях – антиклинальной ловушки нефти) по более глубоким горизонтам. Эту методику используют при интерпретации карт мощностей, построенных по данным структурного бурения, когда можно провести фациальный анализ горных пород по керну скважин.

Второй случай. На рис. 9 представлен геологический разрез, на котором в районе скважин №4 и 6 представлены биогермные ядра ископаемых рифов.



Рис. 9. Геологический разрез с ископаемыми рифами саранинского горизонта кунгурского яруса нижнего приуральского отдела пермской системы

Такие разрезы вскрыты многочисленными скважинами структурного бурения в зоне сочленения Русской плиты и Сылвинской впадины Предуральского краевого прогиба. обнажения рифогенных известняков и межрифовых фаций выходят в долине Сылвы в Кунгурско-Кишертском районе Пермского края. К таким органогенным постройкам относятся Камень Ермак, Чикали, Коронка и др. Биогермные ядра этих разрезов сложены брахиоподово-мшанково-водорослевыми массивными известняками с каркасной структурой, крустификационными корочками кальцита. Каркас центральной части органогенной постройки образован взаимно обрастающими сетчатыми мшанками родов *Polypora* и *Polyporella* и трубчатыми водорослями *Tubiphytes*.

Для таких толщ характерно перекомпенсированное осадконакопление, которое в контурах линии границ подошвы и кровли саранинского горизонта кунгурского яруса (рис. 9) очень напоминает контуры соответствующих границ в нормально-слоистом геологическом разрезе (рис. 7).

Однако палеотектонический профиль для условий формирования рифогенного разреза, построенный на геоморфологической основе с учётом глубины вершин подводных холмов в рифах, требует интерпретации, выводы которой принципиально отличаются от изложенного здесь первого случая для компенсированного осадконакопления.

Перекомпенсация осадконакопления в скважинах №4 и 6 (рис. 9) приводит к образованию сложного холмистого подводного рельефа кровли сылвинских органогенных построек для кровли саранинского горизонта. Подошва саранинского горизонта остаётся горизонтальной. Антиклиналь по подошве саранинского горизонта кунгурского яруса не образуется. Это необходимо учитывать при решении задач палеоструктурного анализа при поисках антиклинальных ловушек нефти.

На рис. 9 в районе скважины №5 расположена сводовая часть антиклинали по подошве саранинского горизонта. Однако в отличие от нормально-слоистого разреза на рис. 7 и 8 формирование этой антиклинали (рис. 9) происходит только в послесаранинское время. В отличие от разреза на рис. 7, в котором сводовая часть в районе

скважины 5 формируется как в течение саранинского, так и послесаранинского времени.

Рассмотренные случаи фациального и палеоструктурного анализа геологических разрезов с целью поиска антиклинальных ловушек нефти принципиально различаются.

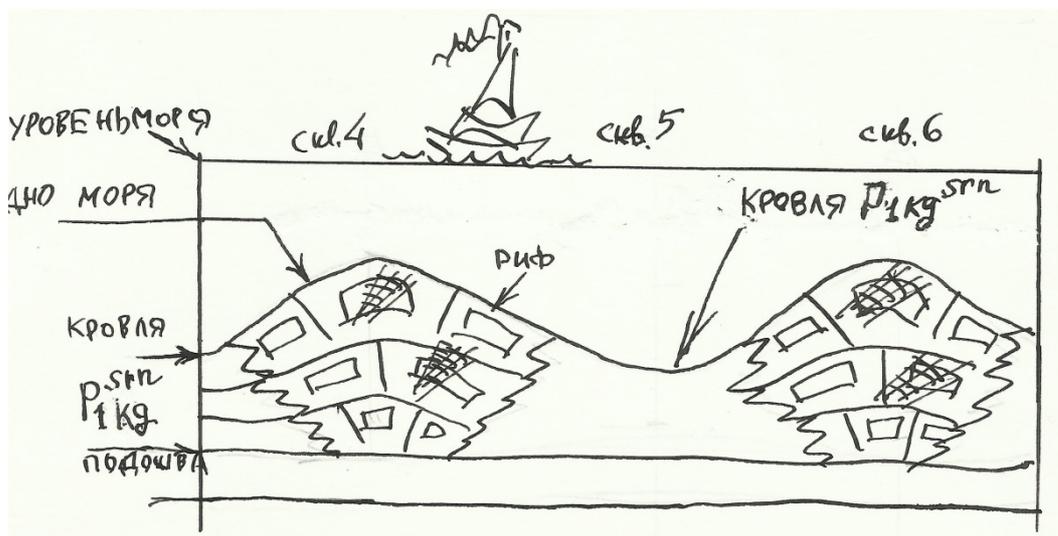


Рис. 10. Палеогеологический профиль на палеогеоморфологической основе с рифогенными морскими известняками саранинского горизонта кунгурского яруса. Профиль построен для момента окончания саранинского времени кунгурского века раннепермской приуральской эпохи пермского периода. Рельеф дна — холмистый, обусловленный формированием рифов в условиях перекомпенсированного осадконакопления

Если в районе скважины 5 в течение саранинского времени антиклиналь не формируется по подошве саранинского горизонта (рис. 10), то в течение какого интервала геологического времени (рис. 9) это происходит?

6. ЗАДАЧИ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ

Задача 1

Выполнить палеотектонический анализ (по методу треугольников) всех поверхностей маркирующих горизонтов на **Багаевской** площади, предполагая, что в течение всего времени формирования геологического разреза осадконакопление имело компенсированный характер.

Задача 2

Выполнить палеотектонический анализ (по методу треугольников) всех поверхностей маркирующих горизонтов на **Елховской** площади, предполагая, что в течение всего времени формирования геологического разреза осадконакопление имело компенсированный характер.

Задача 3

Выполнить палеотектонический анализ (по методу треугольников) всех поверхностей маркирующих горизонтов на **Краснокамской** площади, предполагая, что в течение всего времени формирования геологического разреза осадконакопление имело компенсированный характер.

Задача 4

Выполнить палеотектонический анализ (по методу треугольников) всех поверхностей маркирующих горизонтов на **Куединской** площади, предполагая, что в течение всего времени формирования геологического разреза осадконакопление имело компенсированный характер.

Задача 5

Выполнить палеотектонический анализ (по методу треугольников) всех поверхностей маркирующих горизонтов на **Полазнинской** площади, предполагая, что в течение всего времени формирования геологического разреза осадконакопление имело компенсированный характер.

Задача 6

Выполнить палеотектонический анализ (по методу треугольников) всех поверхностей маркирующих горизонтов на **Соколовской** площади, предполагая, что в течение всего времени формирования геологического разреза осадконакопление имело компенсированный характер.

Задача 7

Изучить примеры палеоструктурного анализа, рассмотренные в статье сборника «Проблемы геологии Пермского Урала и Приуралья» (Перм. ун-т, 1998. С. 99–108). По приведённым картам составить таблицу исходных данных, а затем выполнить палеотектонический анализ в соответствии со схемой на рис. 1 с применением компьютерных технологий.

7. ПРИЛОЖЕНИЯ К ЗАДАЧАМ ПО ПАЛЕОСТРУКТУРНОМУ АНАЛИЗУ

7.1. БАГАЕВСКАЯ ПЛОЩАДЬ

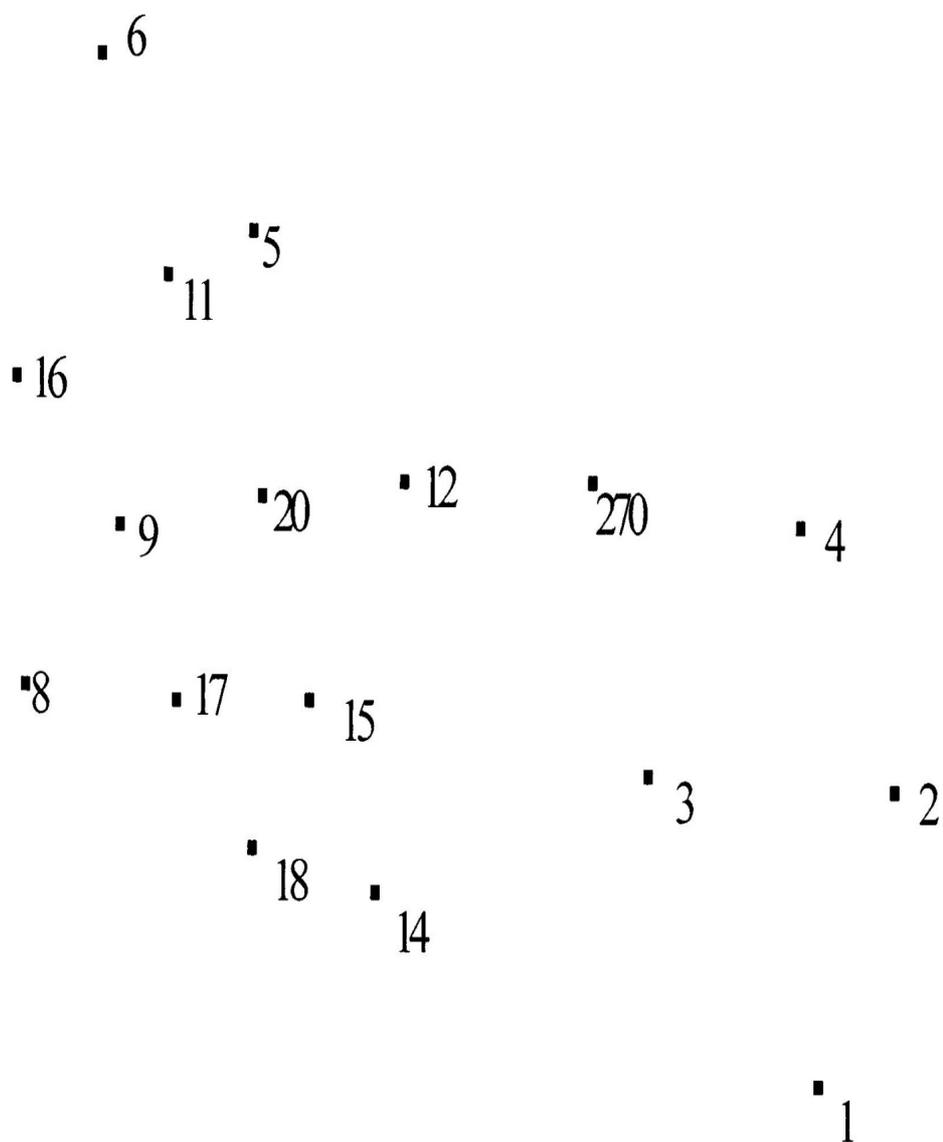


Схема расположения буровых скважин
М: 1:50 000

БАГАЕВСКАЯ ПЛОЩАДЬ
 Абсолютные отметки кровли стратонов

№ сква- жины	Кровля батского яруса (подошва келловей- ского)	Кровля палеозоя (подошва мезозоя)	Кровля москов- ского яруса (подошва касимов- ского)	Подошва серпухов- ского яруса	Подошва визе (кровля турне)	Кровля девона (подошва турне)	Подошва верхнего девона
1	-252	-406	-874	-1376	-1500	-2156	-2417
2	-268	-415	-887	-1373	-1494	-2149	-2387
3	-263	-392	-860	-1356	-1482	-2130	-2370
4	-265	-396	-867	-1362	-1482		
5	-307	-439	-855	-1348	-1464	-2091	-2311
6	-336	-465	-869	-1352	-1470	-2087	-2310
7	-274	-407	-835	-1322	-1451		
8	-282	-418	-861	-1347	-1471	-2107	-2338
9			-836	-1324	-1450	-2089	-2317
10	-277	-408	-854	-1346	-1463	-2105	-2345
11	-305	-435	-855	-1342	-1459	-2090	-2293
12	-277	-410	-839	-1324	-1454	-2097	-2325
13	-244	-382	-838	-1327			
14	-257	-389	-823	-1314			
15	-315	-445	-860	-1349	-1475	-2103	-2320
16			-812	-1301			
17	-248	-382	-820	-1310	-1438	-2095	-2330
18							
19	-278	-409	-836	-1327			

7.2. ЕЛХОВСКАЯ ПЛОЩАДЬ

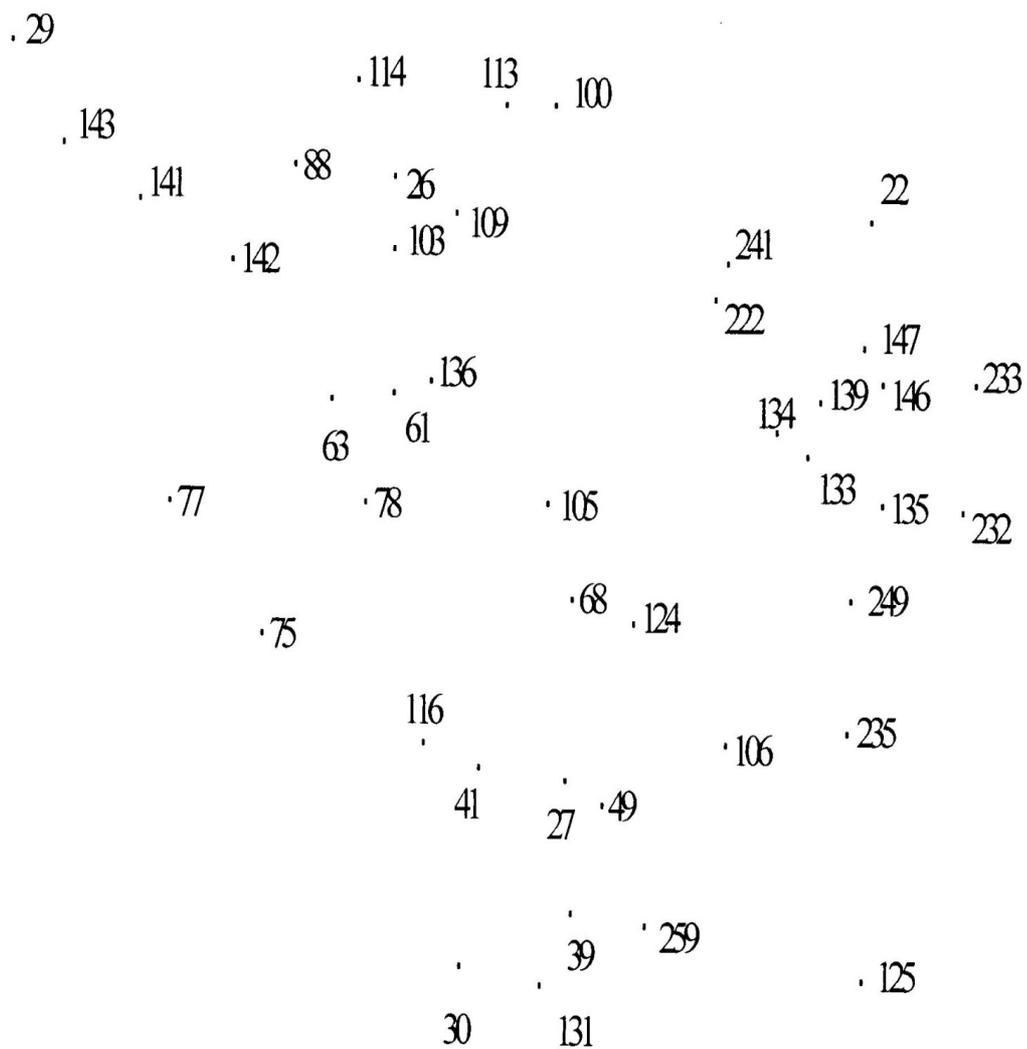


Схема расположения буровых скважин
М: 1:50 000

ЕЛХОВСКАЯ ПЛОЩАДЬ
 Абсолютные отметки кровли стратонов (начало)

№ сква- жины	Кровля палеозоя	Кровля мос- ковского яруса	Кровля визейского яруса	Кровля турнейского яруса	Кровля девона	Кровля среднего девона
20	-37	-263	-718			
22	-94	-339	-790	-883	-1650	-2016
26	-21	-253	-713			
27	42	-197	-683	-784	-1531	-1910
29	-71	-292				
30	55	-220	-698			
35	6	-237	-696			
36	24	-214	-682			
39	48	-195	-675			
43	25	-231	-704			
46	-35	-238	-699			
49	59	-183	-662	-761		
53	-11	-236	-703			
61	7	-231	-693			
63	-3	-235	-696			
68	43	-202	-679			
69	-2	-237	-692			
75	-54	-306	-777	-884	-1574	-1942
76	-2	-234	-697	-798	-1527	-1894
77	-62	-303	-769	-880	-1576	-1935
78		-243	-707	-816	-1543	-1913
79	-96	-337	-800	-902	-1563	-1896
86	2	-238				
100	-74	-306	-763			
103	2	-235	-696	-798	-1537	-1904
105	-10	-217	-679	-784	-1540	-1918
109	-38	-258	-720			
113	-77	-295				
114	-63	-293				
115	-120	-349				
116	14	-247	-725			
120		-277	-726			
122	-37	-265	-720			
124	38	-196	-669	-774	-1547	-1910

ЕЛХОВСКАЯ ПЛОЩАДЬ
 Абсолютные отметки кровли стратонов (окончание)

№ сква- жины	Кровля палеозоя	Кровля мос- ковского яруса	Кровля визейского яруса	Кровля турнейского яруса	Кровля девона	Кровля среднего девона
125	-90	-385	-860	-949	-1656	-2095
131	23	-224	-695			
132	15	-231	-696			
133	-18	-239	-687	-783	-1528	-1882
134	-36	-238	-687	-782	-1543	-1903
135		-238	-687	-780	-1554	-1887
136	12	-223	-693			
139	-24	-245	-690	-785	-1533	-1895
140	-11	-230	-685	-776	-1511	-1866
141	-15	-249	-701	-807	-1510	-1877
142	0	-243	-707	-805	-1519	-1885
143	-39	-258	-716	-822	-1513	-1879
146	-44	-264	-711	-803	-1567	-1985
147	-37	-265	-713	-806	-1579	
213	-5	-246	-711			
220	-16	-249	-706			
222	-33	-253	-711			
228	-41	-270	-719			
229	-77	-320	-769			
232	-139	-370	-824			
233	-120	-374	-826			
235	-25	-288	-753			
237		-266	-727			
241		-266	-725			
246		-233	-695			
249		-250	-698			
253		-250	-713			
259		-243	-715			

КРАСНОКАМСКАЯ ПЛОЩАДЬ
 Абсолютные отметки кровли стратонов

№ сква- жины	Кровля эйфельского яруса	Кровля турнейского яруса	Кровля московского яруса	Кровля кунгурского яруса
1				-20
4				-71,7
10	-1602,3	-1136,5	-792	30,3
14				-15,1
15	-1731	-1215	-863	-60,4
16		-1185	-831	-8,5
17				-15,1
18		-1136,5	-797	23,9
19	-1646	-1174,2	-836	-47,7
20	-1643	-1173,5	-825	-9,4
20,1				-9,4
36	-1752,5	-1253	-890	-41,1
38		-1127		
45		-1131,4		
55	-1605	-1134		
66		-1197	-853	-47,7
69			-845	-31
82			-791,2	40,7
104	-1615		-797	
107		-1210,5	-857	-16,1
135		-1143		
144	-1650		-841	
157	-1606	-1142		
160	-1625	-1166,5	-823	30,9
164				-9,4
190	-1639,7	-1158		
191	-1610	-1134		
202	-1606			
207	-1613	-1135		
209	-1607,9	-1137	-801,5	
210	-1680	-1204		
216	-1610			
233	-1610	-1138	-795	
301	-1634	-1164	-828	
307	-1645	-1176	-842	
321	-1609	-1139		

7.4. КУЕДИНСКАЯ ПЛОЩАДЬ



Схема расположения буровых скважин
М: 1:50 000

КУЕДИНСКАЯ ПЛОЩАДЬ
Абсолютные отметки кровли стратонов

№ сква- жины	Кровля башкирского яруса	Кровля визейского яруса	Кровля девона	Кровля франского яруса
1	-853	-1157	-1349	-1815
3	-867	-1165	-1378	-1803
3.1	-848	-1165	-1356	-1822
4	-845	-1161	-1352	-1810
5	-838	-1142	-1330	-1823
6	-848	-1160	-1340	-1825
7	-824	-1138	-1334	-1810
8	-865	-1182	-1374	-1827
9	-854	-1191	-1392	-1823
10	-832	-1143	-1339	-1803
13	-832	-1162	-1333	-1799
14	-862	-1160	-1376	-1809
15	-839	-1162	-1366	-1816
16	-835	-1155	-1351	-1803
17	-824	-1135	-1340	-1806
18	-861	-1192	-1370	-1839
19	-815	-1121	-1269	-1808
21	-835	-1152	-1347	-1808
22	-846	-1169	-1364	-1813
23	-838	-1140	-1324	-1810
24	-844	-1163	-1360	-1813
25	-841	-1150	-1336	-1819
26	-835	-1135	-1324	-1816
27	-836	-1141	-1333	-1809
28	-826	-1143	-1333	-1810
31	-840	-1160	-1354	-1814
33	-826	-1138	-1335	-1806
41	-865	-1160	-1329	-1831
42		-1167		

7.5. ПОЛАЗНИНСКАЯ ПЛОЩАДЬ



Схема расположения буровых скважин
М: 1:50 000

ПОЛАЗНИНСКАЯ ПЛОЩАДЬ
Абсолютные отметки кровли стратонов

№ скважины	Кровля артинского яруса	Кровля московского яруса	Кровля серпуховского яруса	Кровля визейского яруса	Кровля франского яруса
3	-59	-975			
19	-6,5	-933,6	-1282	-1343	
13	8,5	-911,5	-1247,5	-1322	-1769
44	25,3	-878,7	-1189	-1248	
31		-866	-1177	-1235	
18	19,5	-885,8	-1194	-1244	
11	48,5	-860,5	-1166,5	-1226,5	-1754
22	22	-896	-1202	-1268	
47	48	-860	-1161	-1221	
51	52	-854	-1154	-1226	
56		-859	-1170,2	-1228	
20	52,5	-869	-1182,5	-1246,5	
82	42	-877			
8	26,5	-899,5	-1223	-1287,5	
1	49	-869			
27	49	-870	-1184	-1238	
16	48,5	-858,5	-1168,5	-1226	
12	41	-858	-1174	-1230	-1730
10	39,5	-862,5	-1159	-1225	
14	38	-884	-1197	-1253	
4	-34,5	-921,5	-1242	-1301	
62			-1174	-1234	
64	33	-867	-1177	-1253	
67		-864			
21	39	-870	-1185	-1240	
71		-889	-1209,6		
6	13,6	-875	-1185	-1251	-1744
15	37	-881,2	-1205,6	-1263	
17	-31,5	-949,5	-1267,5	-1340,5	
23	14	-900			
94	-13,3	-911,7	-1224	-1292	-1766

7.6. СОКОЛОВСКАЯ ПЛОЩАДЬ

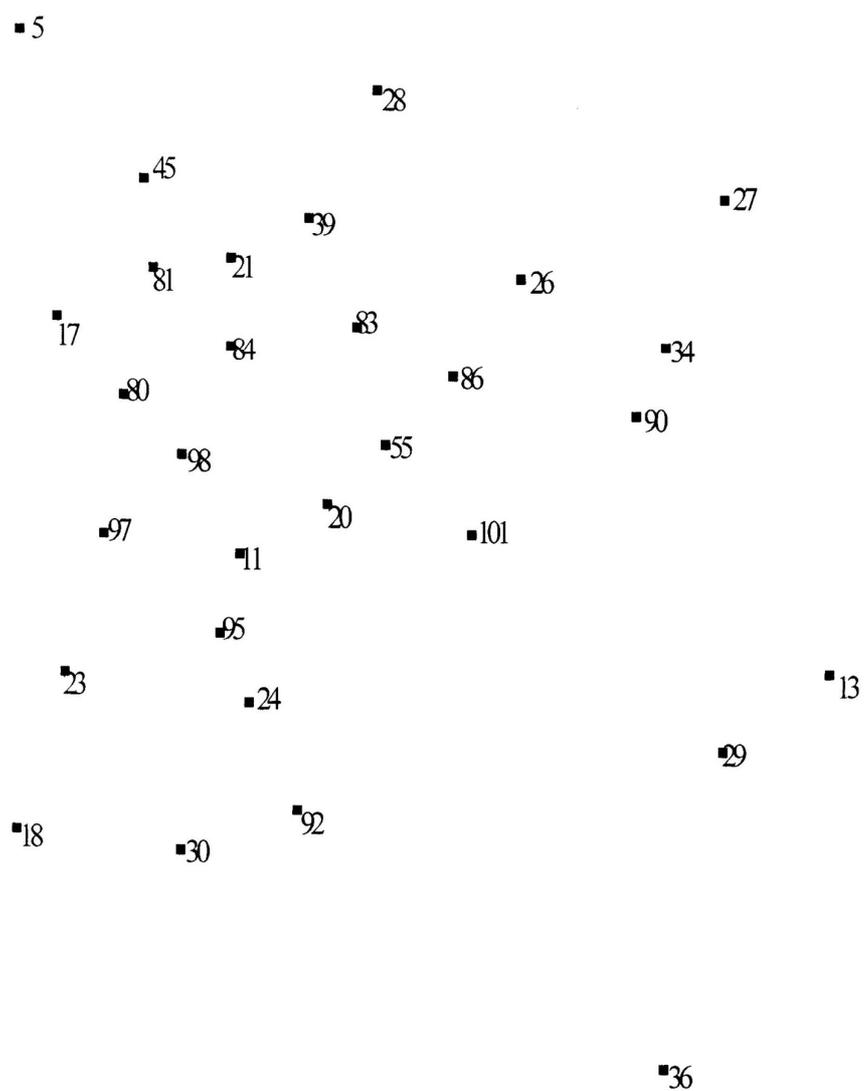


Схема расположения буровых скважин
М: 1:50 000

СОКОЛОВСКАЯ ПЛОЩАДЬ
 Абсолютные отметки кровли стратонов (начало)

№ сква- жины	Кровля батского яруса	Кровля палеозоя	Кровля московско- го яруса	Кровля визейского яруса	Кровля турней- ского яруса	Кровля фаменского яруса	Кровля фран- ского яруса
5	-97	-234	-522	-989	-1075	-1720	
7	-79	-215	-511				
11	-74	-208	-484	-970	-1057	-1631	-1875
13	-83	-219	-518	-1001	-1097	-1677	-1933
17	-82	-218	-494	-971	-1058	-1665	-1928
18			-512	-998	-1090	-1702	-2041
20	-75	-212	-487	-967	-1058	-1643	-1880
21	-84	-219	-499	-968	-1057	-1662	-1908
23	-70	-205	-495	-971	-1063	-1663	-2032
24	-70	-207	-494	-970	-1061	-1641	-1888
25			-502	-984	-1070	-1665	-1902
26			-506	-985	-1074	-1680	-1925
27	-92	-228	-519	-990	-1079	-1694	-1951
28	-94	-230	-512	-977	-1067	-1684	-1937
29						-1668	-1902
30	-63	-205	-500	-984	-1074	-1669	-1916
34	-91	-224	-512	-990	-1080	-1683	-1933
36			-524	-999	-1091	-1683	-1927
37			-496	-977	-1067	-1659	
39			-501	-974	-1058	-1667	
45	-88	-222	-505	-971	-1059	-1668	-1919
51	-75	-213	-500	-984	-1075	-1652	
55	-78	-214	-490	-974	-1060	-1652	-1888
80			-488	-963	-1057	-1652	-1886
81			-495	-967	-1054	-1660	-1911
82			-494	-971	-1056	-1663	-1907
83			-497	-973	-1061	-1665	-1905
84	-81	-215	-489	-970	-1055	-1655	-1898
86	-82	-217	-495	-973	-1061	-1663	-1903
87			-501	-973	-1060	-1667	-1916
90			-505	-985	-1075	-1673	-1917
91			-500	-981	-1066	-1655	-1906
92	-70	-206	-502	-980	-1073	-1652	-1905

СОКОЛОВСКАЯ ПЛОЩАДЬ
 Абсолютные отметки кровли стратонов (окончание)

№ сква- жины	Кровля батского яруса	Кровля палеозоя	Кровля москов- ского яруса	Кровля визейского яруса	Кровля турней- ского яруса	Кровля фа- менского яруса	Кровля фран- ского яруса
1	2	3	4	5	6	7	8
93			-489	-970	-1060	-1631	-1876
95	-70	-208	-485	-967	-1055	-1633	-1884
96			-483	-963	-1051	-1628	-1873
97	-74	-209	-487	-970	-1055	-1643	-1942
98			-487	-973	-1057	-1649	-1869
99			-487	-966	-1055	-1648	-1884
101	-76	-212	-492	-978	-1070	-1650	-1887
102			-495	-979	-1069	-1652	-1880
126	-110	-243	-538				

**8. ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
 ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ
 КАРТ МОЩНОСТЕЙ КАК ПАЛЕОСТРУКТУРНЫХ КАРТ**

В качестве примера выполнения палеотектонического анализа приводится статья (авт.: В.М. Проворов и др., 1998). Материалы статьи могут быть использованы: 1) в качестве примера оформления текста объяснительной записки к задачам по палеоструктурному анализу; 2) для знакомства с практическим применением метода треугольников в производственной сфере нефтяной геологии; 3) для решения *обратной задачи* (задача 7).

Для решения обратной задачи следует:

- по картам, имеющимся в статье, составить таблицы исходного фактического материала;
- дополнить таблицы значениями условных прямоугольных координат скважин и мощностей стратиграфических интервалов;
- в тексте объяснительной записки привести стратиграфическую шкалу, в которой должно быть отражено положение в геологическом разрезе всех упомянутых в статье стратиграфических подразделений (ярусов, горизонтов).

После заполнения таблицы указанными сведениями нужно выполнить палеотектонический анализ развития локальных ловушек нефти Кудымкарского вала по методу треугольников. Результаты анализа обсудить на учебно-практической конференции.

При палеотектоническом анализе необходимо учитывать все критерии применения *метода мощностей*. Для каждого стратиграфического интервала и каждой карты мощностей выполнить палеоструктурный анализ. Изучить

последовательность карт мощностей, которые следует интерпретировать как палеоструктурные карты одной и той же поверхности стратиграфического репера, но на разные моменты геологического времени.

Например:

- 1) карту мощности франского яруса верхнего отдела девонской системы можно интерпретировать как палеоструктурную карту *подошвы франского яруса* верхнего отдела девонской системы на момент окончания **франского** века поздней эпохи девонского периода;
- 2) суммарную карту мощности франского и фаменского ярусов верхнего отдела девонской системы можно интерпретировать как палеоструктурную карту *подошвы франского яруса* верхнего отдела девонской системы на момент окончания **фаменского** века поздней эпохи девонского периода.

Таким образом, структурный план подошвы франского яруса (рис. 11) можно выявить для различных последовательных моментов геологического времени:

- на момент окончания франского века и
- на момент окончания фаменского века (на момент окончания девонского периода).

Эти сведения учитывают при анализе времени формирования залежи нефти в своде антиклинальной структуры по подошве франского яруса.

Без бурения дополнительных скважин будет получена новая информация для поиска месторождений углеводородов.

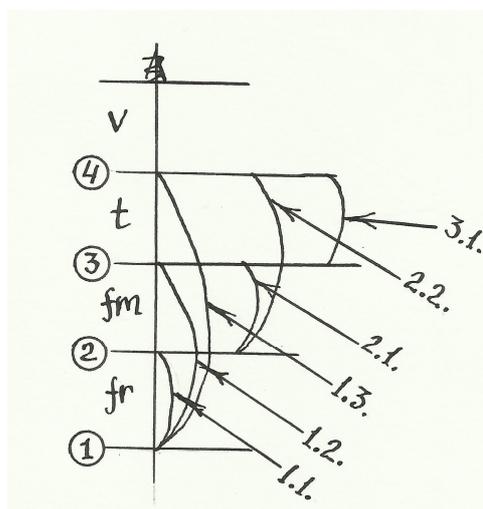


Рис. 11. Схема расположения стратиграфических реперов для иллюстрации результатов палеоструктурного анализа поверхности репера 1 по подошве франского яруса на различные моменты геологического времени:

- 1) на момент окончания франского века (время формирования репера 2),
- 2) на момент окончания фаменского века поздней эпохи девонского периода (время формирования поверхности кровли фаменского яруса по реперу 3)

9. ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЛОВУШЕК НЕФТИ КУДЫМКАРСКОГО ВАЛА В ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ

(текст статьи проф. *В.М. Проворова и др.*, 1998)

Практикой установлено, что наиболее устойчивыми, а значит, и благоприятными для сохранения залежей нефти являются структуры облекания рифогенных и эрозионных выступов. В то же время локальные поднятия тектонического происхождения и приуроченные к ним структуры-ловушки в процессе истории своего геологического развития нередко частично или полностью расформируются, что приводит к перестроению залежей нефти или же к их полному разрушению. В связи с этим было интересно провести палеотектонический анализ развития локальных ловушек на Кудымкарской, Старцевской и Егоровской площадях Кудымкарского вала, выяснить причины получения на них отрицательных результатов глубокого бурения на нефть, которые надолго задержали развитие поисков нефти в пределах Коми-Пермяцкого автономного округа, где они стали ограничено проводиться лишь в его юго-восточной части.

Этот анализ был осуществлен с использованием метода треугольников (Машкович, 1976; Нейман, 1984). Впервые данный метод был разработан (но не опубликован) сотрудниками ВНИГНИ Ю.А. Каравашкиной и Е.Н. Пермяковым в 1951 г. Позднее, вслед за К.А. Машковичем (1976), во многих научно-исследовательских организациях он распространился как усовершенствованный вариант метода изопохического треугольника. Не вдаваясь в его детали, следует отметить, что данный метод основан на анализе изменения мощности отдельных интервалов разреза осадочного чехла, соответствующего скорости тектонического прогибания отдельных участков локальных поднятий. При этом обычно анализируется во времени изменение структурного плана покрышек потенциальных ловушек нефти.

Кудымкарское поднятие тектонического происхождения расположено в южной части приразломного Кудымкарского вала. По кровле кунгурских отложений оно имеет вид брахиантиклинальной складки, вытянутой в меридиональном направлении. Длина ее – 15,3 км, ширина – до 4 км, амплитуда – 10 м (рис. 1). По нижележащим горизонтам палеозоя поднятие имеет аналогичное строение, но его северная периклиналь с глубиной выполаживается, размеры свода уменьшаются до 8 x 2,2 км по тульскому горизонту и до 7 x 2,2 км по тиманскому горизонту. Амплитуда западного более крутого крыла одноименного вала с глубиной также уменьшается от 62 м по кунгурскому ярусу, до 42 м по тульскому и тиманскому горизонтам.

В результате исследований, проведенных по материалам буровых работ, установлено, что локальные ловушки Кудымкарского поднятия имеют довольно сложную историю своего геологического развития, отрицательно отразившуюся на возможностях образования нефтяных залежей. Так, нижнефранская ловушка этого поднятия к концу тульского времени с севера была раскрыта, а к концу верейского времени, наоборот, оказалось расформированной ее южная периклиналь. Эта ловушка с более ярко выраженным восточным крылом оказалась замкнутой лишь к концу иренского времени кунгурского века. К этому этапу геологического развития нижнефранской ловушки потенциально нефтематеринские породы терригенного девона вошли в главную фазу нефтеобразования (Кутуков, 1981) и она могла быть заполнена сингенетичной нефтью, так как ее северная и южная переклинали были хоть и слабо, но замкнуты. Возможно, существовавшая небольшая залежь нефти в дальнейшем рас-

формировалась, т.к. северная периклиналь нижефранской структуры-ловушки к настоящему времени оказалась раскрытой. В пользу вывода о расформировании существовавшей ранее залежи нефти свидетельствуют значительные нефтепроявления, полученные при бурении на Кудымкарской площади. Так, в скв. 1 из пласта Д_{II} был поднят нефтенасыщенный песчаник с глубины 2046,9–2050,7 м. Кроме того, в пласте Д₀ также был встречен прослой нефтенасыщенного песчаника и песчанистого алевролита мощностью соответственно 0,15 и 0,4 м. При испытании тиманских отложений был получен лишь приток пластовой воды с окисленной нефтью.

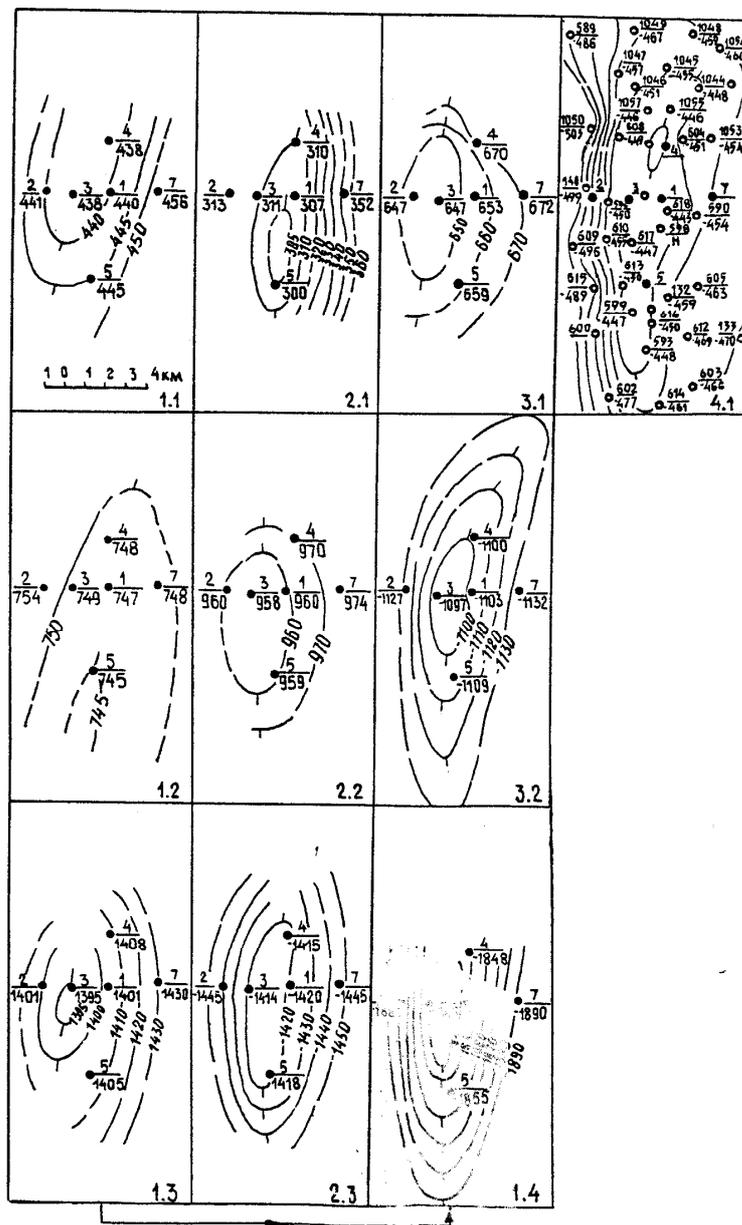


Рис. 1. Структурные и палеоструктурные карты Кудымкарского поднятия: нижефранской ловушки по кровле тиманского горизонта на конец тульского (1.1), верейского (1.2), иренского (1.3) времени и в настоящее время (1.4); средневизейской ловушки по кровле тульского горизонта к концу верейского (2.1), иренского (2.2) времени и в настоящее время (2.3); среднекаменноугольной ловушки по кровле верейского горизонта к концу иренского времени (3.1) и в настоящее время (3.2); 4.1 – структурная карта Кудымкарского поднятия по кровле иренского горизонта кунгурского яруса Р₁

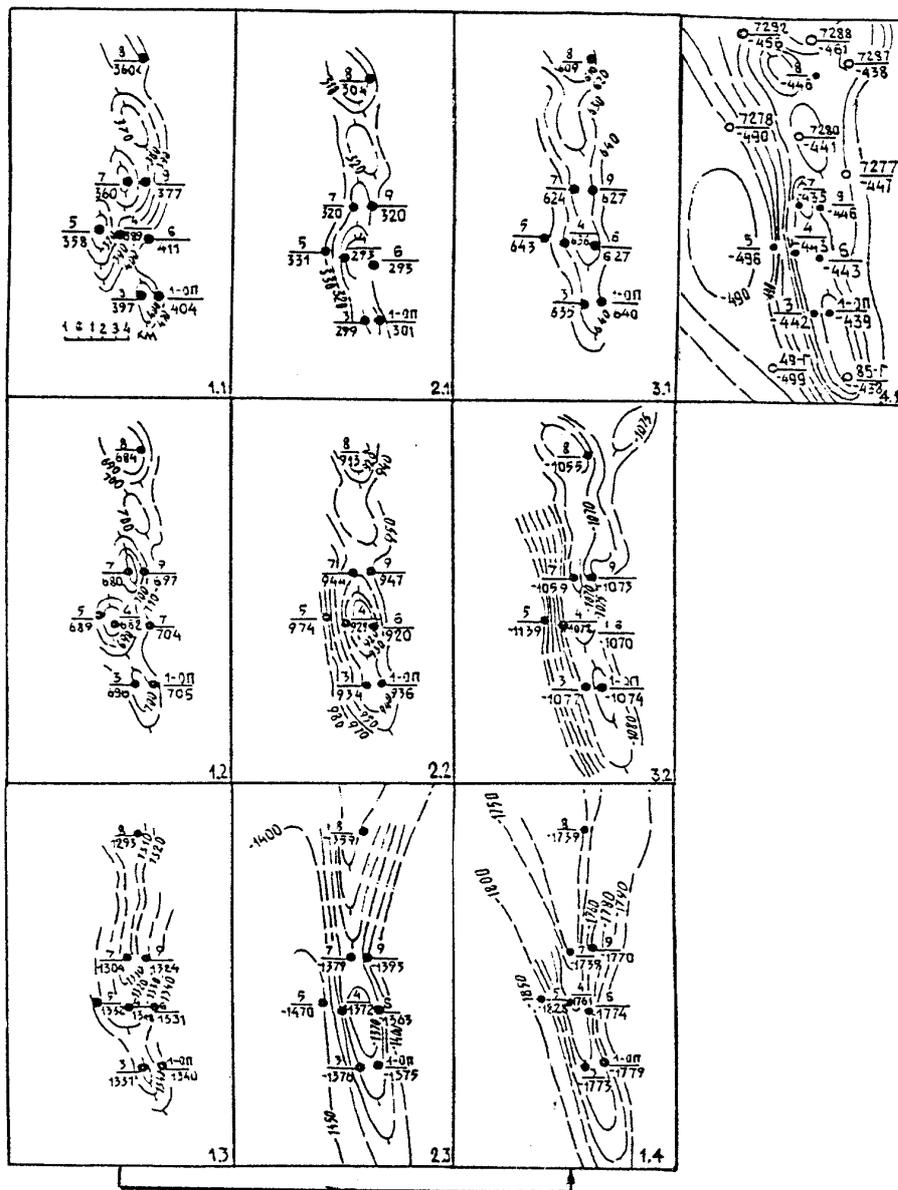


Рис. 2. Структурные и палеоструктурные карты Старцевской и Егоровской площадей: нижнефранкской ловушки по кровле тиманского горизонта на конец тульского (1.1), верейского (1.2), иренского (1.3) времени и в настоящее время (1.4); средневизейской ловушки по кровле тульского горизонта к концу верейского (2.1), иренского (2.2) времени и в настоящее время (2.3); среднекаменноугольной ловушки по кровле верейского горизонта к концу иренского времени (3.1) и в настоящее время (3.2); 4.1 – структурная карта по кровле иренского горизонта кунгурского яруса P_1

Средневизейская ловушка Кудымкарского поднятия к концу верейского времени была почти раскрыта на западном крыле при интенсивном погружении восточного крыла. К концу иренского времени кунгурского века западное крыло ловушки также практически отсутствовало. К настоящему времени данная структура-ловушка замкнута со всех сторон и небольшая залежь сингенетичной нефти могла бы существовать, так как визейские нефтематеринские толщи уже вступили в главную зону нефтеобразования (ГЗН). Однако отрицательную роль сыграло отсутствие надежной тульской покрывки, так как ее нижние 15 м сложены терригенными породами, а верхние два метра – карбонатными, которые по данным исследований содержат примесь глинисто-алевритистого состава (Балашова и др., 1963; Проворов и др., 1997).

У среднекаменноугольных ловушек к концу иренского времени кунгурского века отсутствовало западное крыло. К настоящему времени данные ловушки (верейская и башкирская) замкнуты со всех сторон. Залежи сингенетичной нефти в них не должно было существовать, так как среднекаменноугольные нефтематеринские породы здесь не попали в ГЗН. Выяснение причин необнаружения залежей эпигенетической нефти требует дополнительных исследований, в том числе процесса вскрытия и испытания пластов, качества покрывок.

Палеотектонический анализ Старцевской (на юге) и Егоровской (на севере) площадей показал, что нижнефранские ловушки к концу тульского времени при наличии восточного крыла почти полностью раскрылись на западе. К концу верейского времени, также при наличии восточных крыльев, амплитуда западных составляла уже около 5–7 м. Залежи сингенетичной нефти не могло быть, так как терригенный девон еще не вступил в ГЗН из-за малых глубин.

К концу кунгурского века при наличии западного и восточного крыльев северная периклиналь уже единого Егоровско-Старцевского поднятия раскрылась. Это, вероятно, и привело к расформированию возможно существовавшей в терригенном девоне сингенетичной залежи нефти, так как эти отложения уже вступили в ГЗН (глубина 1400 и более метров). Действительно, при бурении скважины 1-Старцево в фаменских доломитах в интервале 1542–1545 м (вынос керна – 0,15 м) были отмечены незначительные выделения густой окисленной нефти по кавернам и трещинам. Их можно рассматривать как следы миграции нефти из вероятно существовавшей в районе скважины 1-Старцево небольшой залежи нефти в терригенном девоне, так как к настоящему времени северная периклиналь Егоровско-Старцевской структуры оказалась еще более раскрытой. Поэтому поиски нефти в терригенном девоне следует возобновить лишь с более северного участка в районе скважины 8-Егорово, где, по устному сообщению С.А. Винниковского, при бурении был получен приток нефти из терригенного девона.

В визейских терригенных отложениях структуры-ловушки к концу верейского времени были почти раскрыты на восточном крыле и, возможно, на южной периклинали. К концу кунгурского времени единая ловушка была полностью замкнута, но ее амплитуда была не более 15 м. Скопления сингенетичной нефти не могло быть, так как визейская толща к этому времени не вошла в ГЗН из-за малых глубин (около 1000 м). Однако при бурении скважины в терригенном визе были встречены следы миграции нефти, вероятно, из нижележащей залежи в терригенном девоне Старцево. Эти нефтепроявления, возможно, также следует увязывать и с предположительно ранее существовавшей небольшой залежью эпигенетической нефти. Так, к настоящему времени визейская ловушка полностью замкнута со всех сторон. Ее амплитуда составляет 15–16 м, но покрывка сложена проницаемыми породами (Балашова и др., 1963).

Среднекаменноугольные ловушки (верейская и башкирская) к концу кунгурского века были полностью раскрыты на северных периклиналях, поэтому залежи нефти не могли сформироваться, тем более что к настоящему времени они с севера так и остались незамкнутыми.

Палеотектонический анализ развития локальных структур-ловушек в южной части Кудымкарского вала в целом показал, что проводившаяся ранее практика подготовки объектов на поиски нефти в девоне и карбоне по данным только структурно-поискового бурения в этом районе была малоэффективна, а само геологическое развитие структур-ловушек оказалось довольно неблагоприятным для формирования и сохранения сколь-либо значительных залежей нефти. По-видимому, нефтепоисковые работы следует продолжить в северной части Кудымкарского вала, где раскрытие северных периклиналей локальных поднятий с глубиной будет менее интенсивным.

10. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Метод мощностей, предпосылки его использования, возможности и недостатки.
2. Методика построения структурных карт; соотношение палеоструктурных карт подошвы стратонов и карт их мощностей. Недостатки метода мощностей. Возможности метода мощностей в палеотектоническом анализе.
3. Метод треугольников в палеоструктурном анализе локальных платформенных структур.
4. Роль стратиграфии и фациального анализа в методике палеотектонического анализа.
5. Карта мощности стратона как палеоструктурная карта его подошвы. Недостатки метода. Учёт фаций и палеорельефа. Уплотнение осадков.
6. Применение палеотектонического анализа в геологии нефти и газа.
7. Карта мощностей стратона. Сложение карт мощностей. Интерпретация карт.
8. Палеотектонические графики, методика их построения, интерпретация и практическое значение. Учёт фаций. Значение стратиграфических границ.
9. Использование геофизических реперов границ стратонов; ограничения, связанные с основным фациальным законом и природой геофизических реперов границ стратонов.
10. Если все необходимые предпосылки применения метода мощностей для анализа нисходящих движений земной коры выполняются, то можно ли карту мощности девонской системы интерпретировать как палеоструктурную карту?
Если можно, то для какой поверхности (по стратиграфической шкале) и на какой момент геологического времени (по геохронологической шкале)?
11. Если все необходимые предпосылки применения метода мощностей для анализа нисходящих движений земной коры выполняются, то можно ли карту мощности нижнего отдела девонской системы интерпретировать как палеоструктурную карту? Если можно, то для какой поверхности (по стратиграфической шкале) и на какой момент геологического времени (по геохронологической шкале)?
12. Если все необходимые предпосылки применения метода мощностей выполняются, то можно ли карту мощности ассельского яруса нижнего приуральского отдела пермской системы интерпретировать как палеоструктурную карту? Если можно, то для какой поверхности (по стратиграфической шкале) и на какой момент геологического времени (по геохронологической шкале)?



INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy

v 2018/07



Биективная шкала фанерозоя

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА			СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА			
ЗОН	ЭРА	Период	КОНТИНУУМ	Система	ЭРА	ЭПОХА
Ф А Н Е Р О З О Й С К И Й	КАЙНОЗОЙСКАЯ	ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ	КВАРТЕР Q	ЧЕТВЕРТИЧНАЯ	КАЙНОЗОЙСКАЯ	Ф А Н Е Р О З О Й С К А Я
		НЕОГЕНОВЫЙ	НЕОГЕН N	НЕОГЕНОВАЯ		
		ПАЛЕОГЕНОВЫЙ	ПАЛЕОГЕН P	ПАЛЕОГЕНОВАЯ		
	МЕЗОЗОЙСКАЯ	МЕЛОВОЙ	МЕЛ K	МЕЛОВАЯ	МЕЗОЗОЙСКАЯ	
		ЮРСКИЙ	ЮРА J	ЮРСКАЯ		
		ТРИАСОВЫЙ	ТРИАС T	ТРИАСОВАЯ		
	ПАЛЕОЗОЙСКАЯ	ПЕРМСКИЙ	ПЕРМЬ P	ПЕРМСКАЯ	ПАЛЕОЗОЙСКАЯ	
		КАМЕННО-УГОЛЬНЫЙ	КАРБОН C	КАМЕННО-УГОЛЬНАЯ		
		ДЕВОНСКИЙ	ДЕВОН D	ДЕВОНСКАЯ		
		СИЛУРИЙСКИЙ	СИЛУР S	СИЛУРИЙСКАЯ		
		ОРДОВИКСКИЙ	ОРДОВИК O	ОРДОВИКСКАЯ		
		КЕМБРИЙСКИЙ	КЕМБРИА E	КЕМБРИЙСКАЯ		

Примечание. Биекция (по теории множеств Кантора) – это взаимно-однозначное соответствие элементов двух множеств. Например: пермский период – пермская система. В шкале геоконтинуума «пермь» одновременно соответствует пермскому периоду и пермской системе. На шкале действительных чисел (шкале абсцисс) каждой точке соответствует число. Это классический пример континуума. Шкала фанерозоя – это пример геоконтинуума.

Геохронологические подразделения общей шкалы (без веков и фаз)

Акрон	Эон		Эра	Период	Эпоха
I	ФАНЕРОЗОЙСКИЙ, ФАНЕРОЗОЙ		кайнозойская кайнозой	четвертичный, квартер	современность
					поздняя или голоцен
					ранняя или плейстоцен
				неогеновый, неоген	поздняя
					ранняя
					поздняя
			палеогеновый, палеоген	средняя	
				ранняя	
				мезозойская, мезозой	меловой, мел
			ранняя		
			юрский, юра		поздняя
				средняя	
			триасовый, триас	ранняя	
				поздняя татарская	средняя биармийская
			каменноуголь- ный, карбон		
				средняя	
				ранняя	
			палеозойская, палеозой	девонский, девон	поздняя
					средняя
					ранняя
				силурийский, силур	пржидольская
лудловская					
венлокская					
ордовикский, ордовик	лландоверийская				
	поздняя				
кембрийский, кембрий	средняя				
	ранняя				
	поздняя	ранняя			
вендский, венд			поздняя		
	поздний протерозой	→	→	вендский, венд	ранняя
рифейский, рифей		→	→	каратавий	–
	юрматиний			–	
	ранний рифей, бурзяний			–	
ранний протерозой, раннепротерозойский, карельский, карелий	→	→	поздний карелий	–	
			ранний карелий	–	
архейский, архей	поздний архей	–			
	ранний архей	–			
катархейский катархей (приской)	–				

Стратиграфические подразделения общей шкалы (без ярусов и зон)

Акротема	Эонотема		Эратема	Система	Отдел
—	фанерозойская, фанерозой		кайнозойская кайнозой	четвертичная, квартер	рецентные осадки
					верхний <i>или</i> голоцен
				неогеновая, неоген	нижний <i>или</i> плейстоцен
					верхний
					нижний
				палеогеновая, палеоген	верхний
					средний
					нижний
				мезозойская, мезозой	меловая, мел
			нижний		
			юрская, юра		верхний
					средний
					нижний
			триасовая, три- ас		верхний
					средний
					нижний
			палеозойская, палеозой		пермская, пермь
				средний биармийский	
				нижний приуральский	
				каменноуголь- ная, карбон	верхний
					средний
					нижний
				девонская, девон	верхний
					средний
					нижний
				силурийская, силур	пржидольский
					лудловский
венлокский					
ордовикская, ордовик	лландоверийский				
	верхний				
	средний				
кембрийская, кембрий	нижний				
	верхний				
	средний				
протерозойская, протерозой	→	рифей	верхний рифей <i>или</i> каратавий	верхний вендская, венд ₁	
			средний рифей <i>или</i> юрматиний	нижний	
			нижний рифей <i>или</i> бурзяний	—	
	нижний протерозой <i>или</i> карелий	верхний карелий	—		
		нижний карелий	—		
		—	—		
архейская, архей	верхний архей	—			
	нижний архей	—			

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Нейман В.Б.* Теория и методика палеотектонического анализа. М.: Недра, 1984. 80 с.
2. *Машкович К.А.* Методы палеотектонических исследований в практике поисков нефти и газа. М.: Недра, 1976. 221 с.
3. *Нейман В.Б.* Вопросы методики палеотектонического анализа в платформенных условиях. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 86 с.
4. *Гавриц Н.К.* Метод палеоструктурно-геологического анализа. Киев: Наукова думка, 1965.
5. *Данков Б.С.* Теория удельных толщин осадочного чехла. М.: Недра, 1993. 236 с.
6. *Белоусов В.В.* Мощность отложений как выражение режима колебательных движений земной коры // Советская геология. 1940. № 2-3. С. 14–28.
7. *Гарецкий Р.Г., Янишин А.Л.* Тектонический анализ мощностей // Методы изучения тектонических структур. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 115–166.
8. *Леворсен А.И.* Палеогеологические карты. М.: Гостоптехиздат, 1962. 152 с.
9. *Шершнев К.С., Трифонова Н.А., Софроницкий В.А.* Влияние тектоники палеозоя на распределение залежей нефти в Пермском Прикамье // Закономерности размещения нефти и газа Волго-Уральской области. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 160–168.
10. *Нестеров И.Н.* Уплотнение глинистых горных пород // Советская геология. 1965. №12. С. 69–80.
11. *Ископаемые* органогенные постройки, рифы, методы их изучения и нефтегазоносность / под ред. М.И. Варенцова и Р.Ф. Геккера. М.: Наука, 1975. 236 с.
12. *Ожгибесов В.П.* Стратиграфические индексы общих, региональных и местных стратиграфических подразделений: Пермская система // Стратиграфия, палеонтология, палеогеография, геодинамика и минеральные ресурсы: сб. материалов Междунар. конф., посвящ. 170-летию со дня открытия пермской системы (5–9 сент. 2011 г., Пермь) / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2011. С. 155–158.
13. *Постановления* Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 38. СПб., 2008. 131 с.
14. *Стратиграфический кодекс* России. 3-е изд. СПб.: ВСЕГЕИ–МСК, 2006. 96 с.