



Геология нефти и газа

Часть 2. Поиск и оценка залежей углеводородов

- 1. Введение. Геолого-разведочные работы - основные понятия. Из истории геолого-разведочных работ*
- 2. Поисковые критерии и поисковые признаки скоплений нефти и газа. Принципы геолого-разведки*
- 3. Методы геолого-разведки*
- 4. Классификации ресурсов и запасов нефти и горючих газов*
- 5. Стадийность геолого-разведочных работ на нефть и газ**
- 6. Проблемы и перспективы геолого-разведочных работ на нефть и газ в России и в Мире**



*Преподаватель
Милосердова Людмила Вадимовна,
Доцент, к.г.-м.н.*

Этапы и стадии геолого-разведочных работ



Догадайся, если сможешь,
и имей смелость сделать выбор
Корнель

- **Региональный этап**
- **Поисково-оценочный этап**
- **Разведочный этап (за счет фирмы)**

**Начало каждой
стадии находится в
зависимости от
результатов
предыдущей.**



Региональный этап

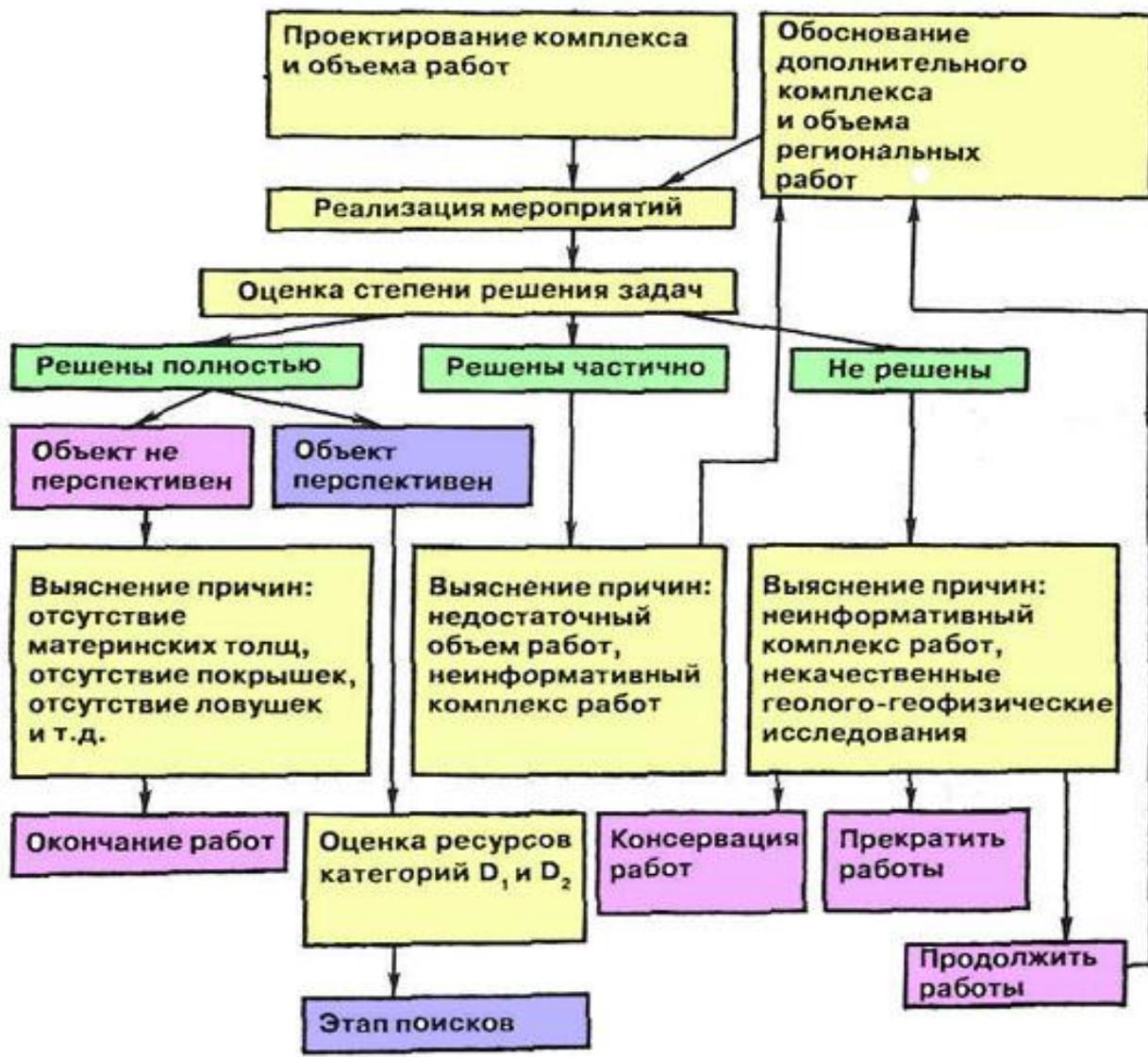


Цель – получение информации о нефтегазоносности

Стадии:

- Прогноз нефтегазоносности
- Оценка зон нефтегазонакопления





Последовательность решения задач на этапе региональных работ

(по Габриэлянцу)

Прогноз нефтегазоносности

Объект работ - осадочные бассейны и их части

Задачи

1. Геологические - Выявление литолого-стратиграфических комплексов, структурных этажей, ярусов и структурно-фациальных зон, определение характера основных этапов геотектонического развития, тектоническое районирование.
2. Нефтегазоеологические - Выделение нефтегазоперспективных комплексов (резервуаров) и зон возможного нефтегазонакопления, нефтегазоеологическое районирование.
3. Прогнозные - Качественная и количественная оценка перспектив нефтегазоносности.
4. Производственные - *Выбор основных направлений и первоочередных объектов дальнейших исследований*

Результат D_2 и D_1

Отчетные материалы: схемы нефтегазоеологического районирования с дифференцированием территорий (акваторий) по перспективам нефтегазоносности и выделением первоочередных зон для проведения работ следующей стадии.

Оценка делается на основе наличия коллекторов, покрышек, нефтематеринских пород, погружавшихся на должную глубину, ловушек и т.д.

Типовой комплекс региональных работ этой стадии включает: дешифрирование материалов аэро-, фото- и космических съемок, геологическую, гидрогеологическую, структурно-геоморфологическую, геохимическую мелкомасштабные съемки и другие исследования;

аэромагнитную, гравиметрическую съемки масштабов 1:200000 1:50000 и электроразведку;

сейсморазведочные работы по системе опорных профильных пересечений (50–100) км ;

бурение опорных и параметрических скважин на опорных профилях в различных структурно-фациальных условиях;

обобщение и анализ геолого-геофизической информации, результатов бурения скважин.

Оценка зон нефтегазонакопления

Объект работ - нефтегазоперспективные зоны и зоны нефтегазонакопления

1. **Геологические** - Выявление субрегиональных и структурных зональных соотношений между различными нефтегазоперспективными и литолого-стратиграфическими комплексами, основных закономерностей распределения свойств пород-коллекторов и флюидоупоров и изменения их свойств.
2. **Нефтегазоеологические** - Выделение наиболее крупных ловушек и уточнение нефтегазогеологического районирования.
3. **Прогнозные** - Количественная оценка перспектив нефтегазоносности.
4. **Производственные** - *Выбор районов и установление очередности проведения на них поисковых работ.*

Типовой комплекс региональных работ стадии оценки включает: то же самое, но в более крупном масштабе

Карты перспектив нефтегазоносности и распределения плотности прогнозных ресурсов нефти и газа категорий D_2 и D_1

Поисково-оценочный этап

Стадии

- Выявление и подготовка объектов поискового бурения (подстадии выявления и подстадия подготовки объектов поискового бурения)
- Поиск и оценка месторождений (залежей) (подстадия поиска и подстадия оценки месторождений (залежей))

Цель работ поискового этапа - открытие новых месторождений нефти и газа



Цель поискового этапа – обнаружение новых месторождений нефти и газа или новых залежей на ранее открытых месторождениях и оценка их промышленной значимости.

ГРР проводятся по лицензии на геологическое изучение недр, дающей право на ведение поисков или оценки месторождений (залежи), или по совмещенной лицензии, включающей несколько видов пользования недрами (поиск, разведка, добыча).

Работы: дешифрирование материалов аэрофото- и космических съемок локального и детального уровней генерализации; структурно-геологическую (структурно-геоморфологическую съемки); гравиразведку, магниторазведку и электроразведку; сейсморазведку по системе взаимоувязанных профилей; бурение структурных скважин; специальные работы и исследования по прогнозу геологического разреза и прямым поискам

Выявление и подготовка объектов к поисковому бурению

Объект работ - районы с установленной или возможной нефтегазоносностью

Цель стадии - выявление локальных объектов для подготовки их к поисковому бурению.

На основании полученных материалов составляют отчеты о геологических результатах работ и оценке перспективных (D_2) и локализованных (D_1) ресурсов, подготовленных для глубокого бурения площадей.

Паспорт ловушки

- структурные карты по целевым горизонтам с выделением первоочередных объектов;**
- карты неантиклинальных ловушек, совмещенные со структурными картами по продуктивным или близким к ним горизонтам, с контурами предполагаемых залежей;**
- карты сопоставления результатов всех видов геолого-геофизических исследований;**
- информационные карты по выявленным нефтегазоперспективным объектам, паспорта по объектам, подготовленным к поисковому бурению.**



Объекты поискового бурения – ловушки.

Последовательность решения задач по выявлению ловушек

Выявленные ловушки - это:

- антиклинальные перегибы отражающих горизонтов, выявленных редкой сеткой сейсмических профилей;**
- локальные гравитационные, магнитные, электрические, геохимические, геотермические и др. аномалии, связь которых с ловушками подтверждается сейсмическим профилем или структурными скважинами не менее, чем по двум перпендикулярным пересечениям;**
- наличием антиклиналей, обнаруженных геологической или геоморфологической съемкой, если доказана сейсморазведкой или другими методами унаследованность структурных планов осадочного чехла.**



Последовательность решения задач по подготовке объектов (ловушек) к поисковому бурению

Подавляющая часть ловушек подготавливается к бурению геофизическими методами, особенно сейсморазведкой МОВ, МОГТ масштаба 1:50000 и 1:25000, ВСП, при необходимости 3D. Плотность сети сейсмических профилей при детальными работах зависит от размеров подготавливаемых ловушек и их амплитуд и составляет от 0,7 до 3 пог. км профилей на 1 км² при расстоянии между профилями от 1 до 6 км.

К отчету прилагаются следующие графические документы

Обзорная карта

Схема размещения поисковых и оценочных скважин на структурной основе

Сводный литолого - стратиграфический разрез

Геолога – геофизические разрезы поисковых скважин

Структурные карты по продуктивным горизонтам

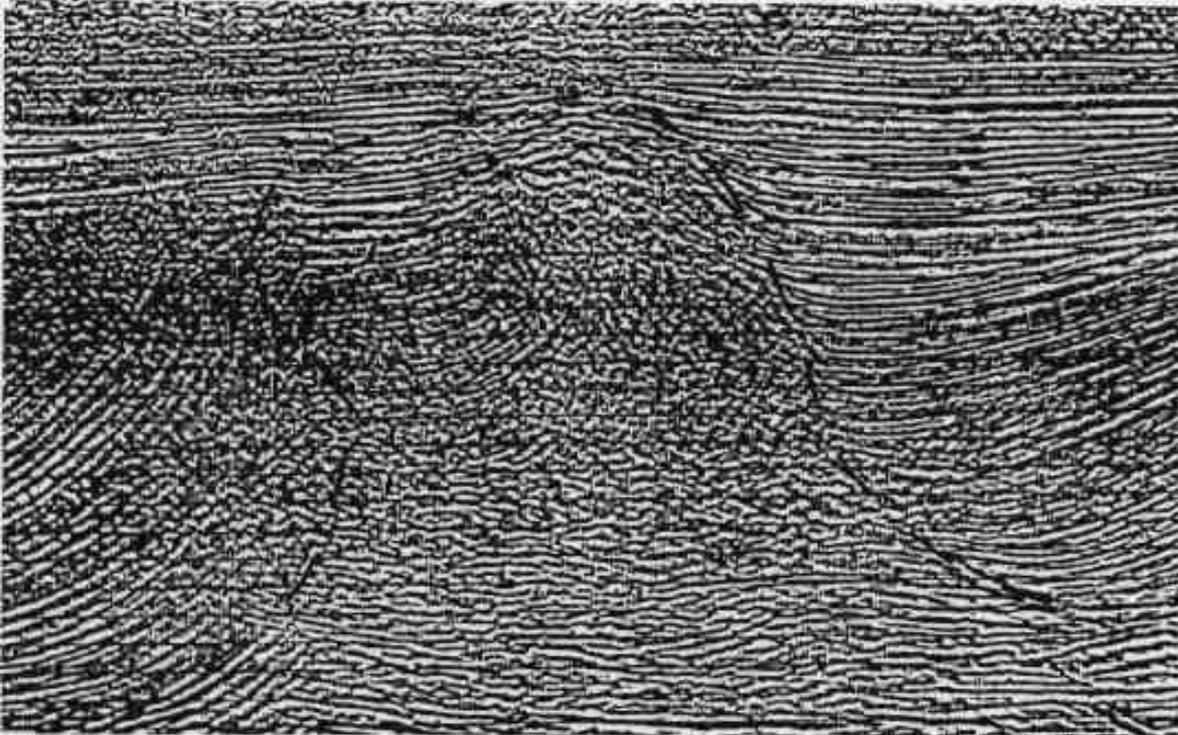
Схема корреляции разрезов скважин

Геологические профильные разрезы

Схема обоснования ВНК, ГЖК

Подсчетные планы по продуктивным горизонтам

Геолога – технические разрезы проектируемых пластовых скважин

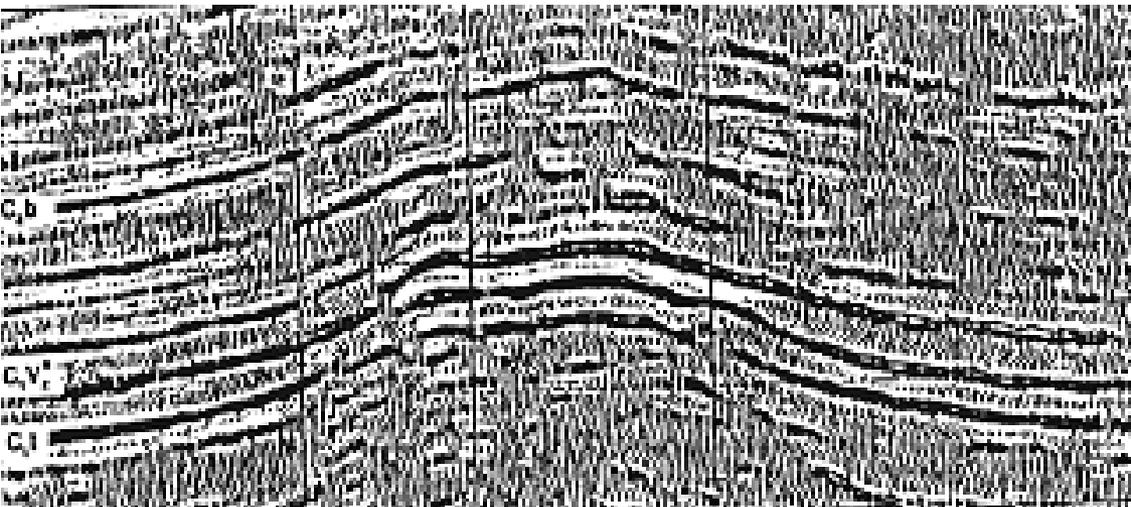


Характерные сейсмические
профили различных
сейсмофаций

**Сейсмофации
солянокупольных
массивов**

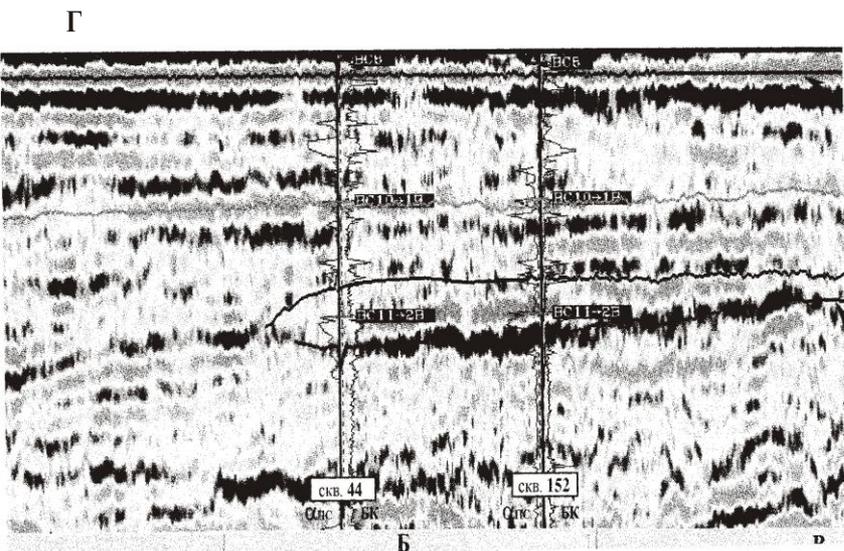
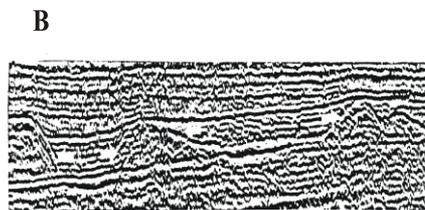
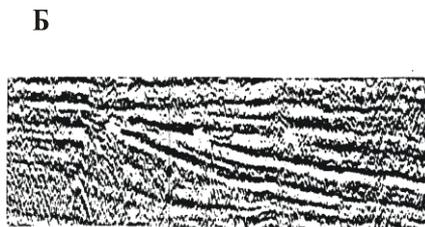
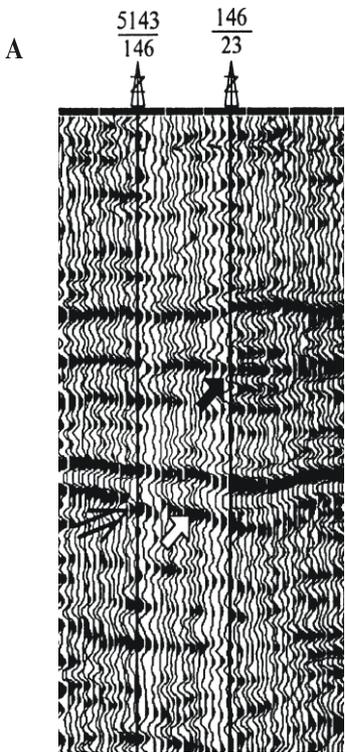


**Рифовые
сейсмофации**



**Сейсмофации
биострома**





**Сейсмофации
терригенных
отложений: А – во
врезах; Б – в случае
выклинивания песчаных
тел;
В – в случае песчаных
валов (бары); Г – в
случае замещения**

Поиск и оценка месторождений (залежей)

Объект работ: подготовленные ловушки, открытые месторождения (залежи)

Цель: обнаружение новых месторождений нефти и газа или новых залежей и оценка их промышленной значимости. Работы проводятся на условиях, оговоренных в лицензии на пользование недрами. Объекты проведения работ – ловушки, подготовленные к поисковому бурению, и открытые месторождения (залежи). Работы по поиску месторождений (залежей) должны проводиться в соответствии с геолого-техническим нарядом, составленным в установленном порядке.

Объемы и виды работ определяются в зависимости от особенностей геологического строения опоисковываемого объекта.

В пределах месторождения поисковые работы могут совмещаться с оценочными и разведочными работами и проводиться до завершения оценки перспектив всего разреза осадочного чехла. Открытие месторождения (залежи) фиксируется по получению промышленного притока нефти или газа.

По результатам поискового бурения при открытии залежи (месторождения) уточняется проект дальнейших оценочных работ, а в случае отрицательного результата составляется отчет с основанием бесперспективности опоискованного объекта

Задачи

1. Выявление в разрезе нефтегазоносных и перспективных комплексов коллекторов и покрышек и определение их геолого-геофизических свойств (параметров).
2. Выделение, опробование и испытание нефтегазоперспективных пластов и горизонтов, получение промышленных притоков нефти и газа и установление свойств флюидов и фильтрационно-емкостных характеристик.
3. Открытие месторождения и постановка запасов на Государственный баланс.
4. Выбор объектов для проведения оценочных работ.
5. Установление основных характеристик месторождений (залежей).
6. Оценка запасов месторождений (залежей).
7. Выбор объектов разведки.

C_2 и C_1 ; B_2 и B_1

Для решения поисковых задач во многих регионах недостаточно бурения одной скважины.

Количество поисковых скважин увеличивается с усложнением геологического строения ловушки.

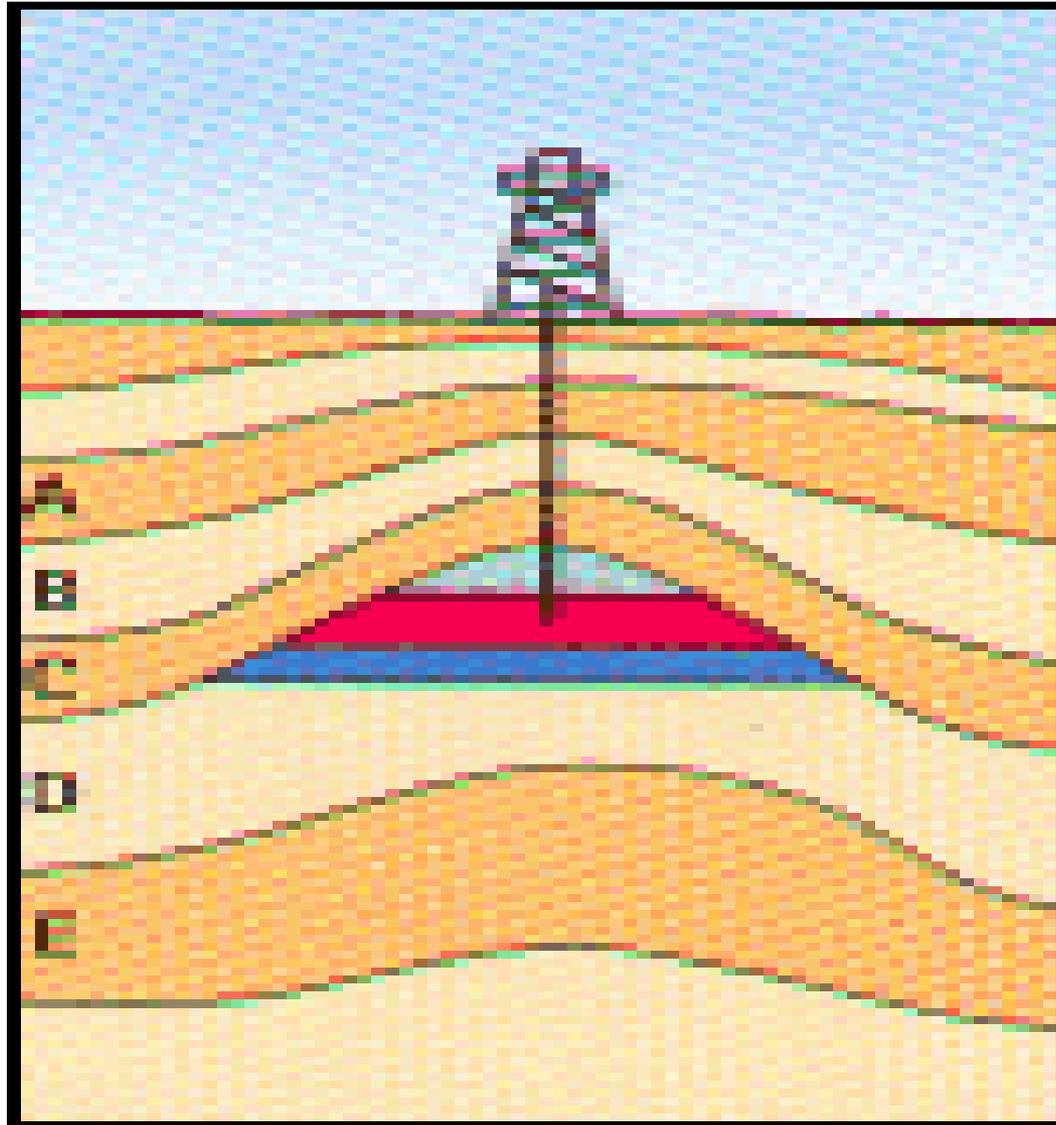
Большинство месторождений выявляется первыми тремя скважинами 88,6%, остальные 11,4 % месторождений незначительны по запасам и только 10 % из них относятся к категории промышленных.

Отрицательные результаты бурения первых поисковых скважин не принимаются в качестве достаточного аргумента для заключения о бесперспективности ловушки (некондиционность подготовки ловушки, сложное строение недр).

Предпочтительным является последовательное (зависимое) бурение поисковых скважин.

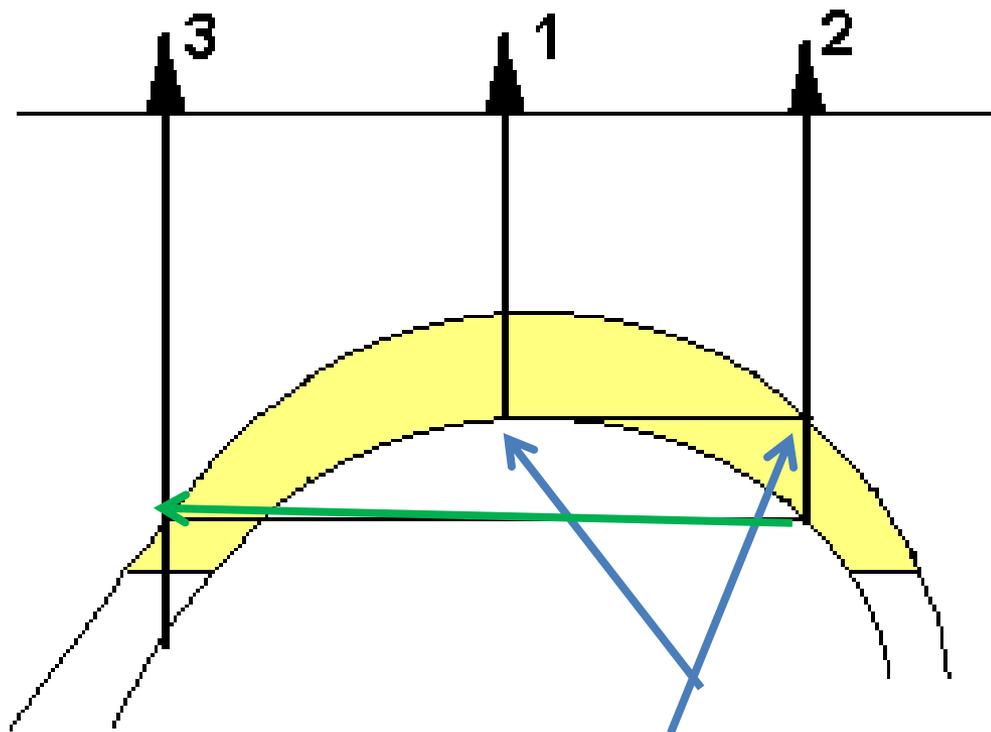
Последовательное бурение одиночных скважин считается оправданным на небольших по размерам ловушках

Вскрытие сводовой залежи



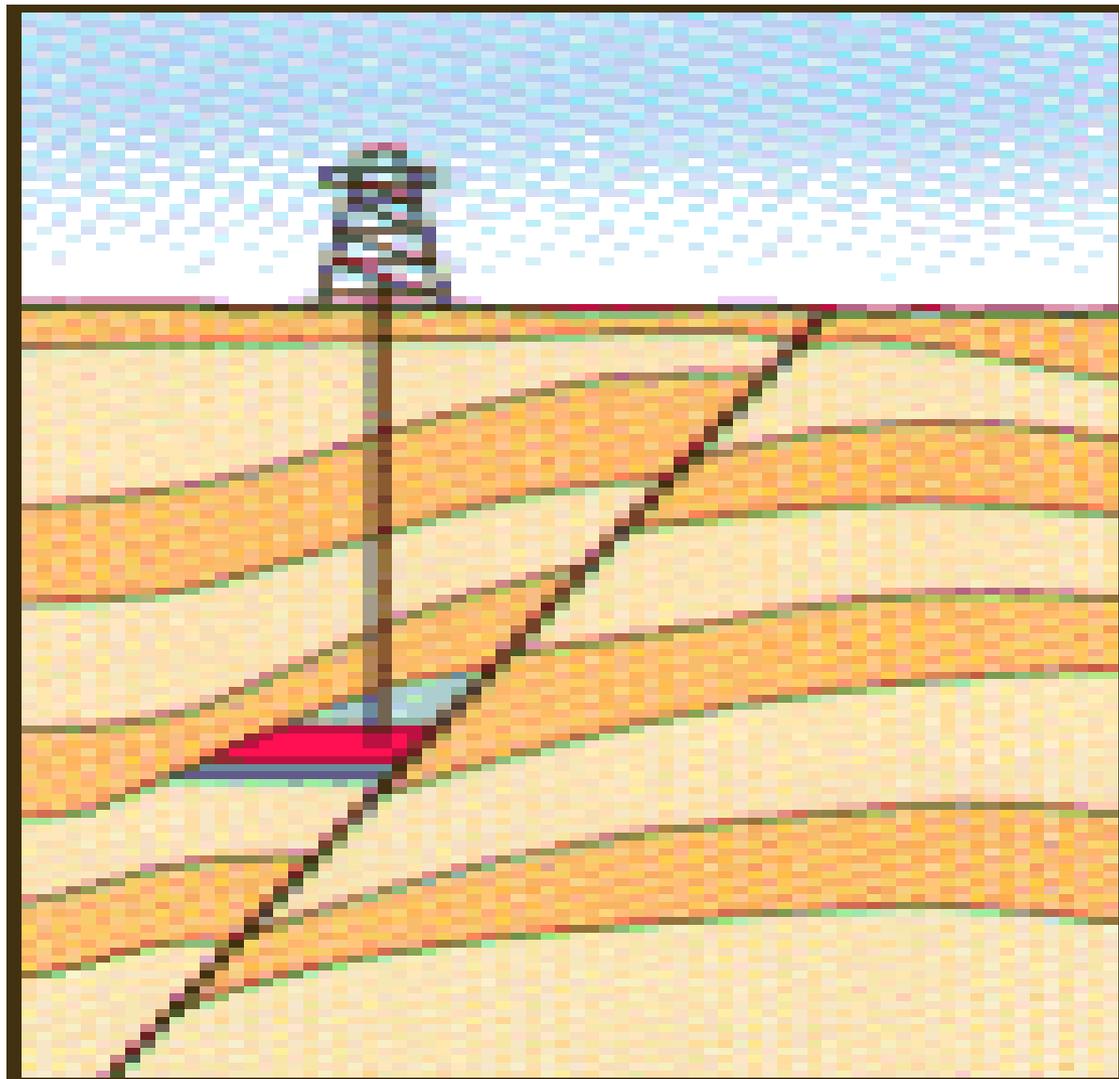
В свод

1 независимая скважина – в свод до подошвы пласта. Если ВНК не вскрыт, то
2 зависимая скважина – в крыло, чтобы абс. отметка кровли продуктивного
горизонта соответствовала подошве в скв.1. Если ВНК опять не вскрыт –
процесс повторяем (в скв. 3 и т.д. до вскрытия ВНК)



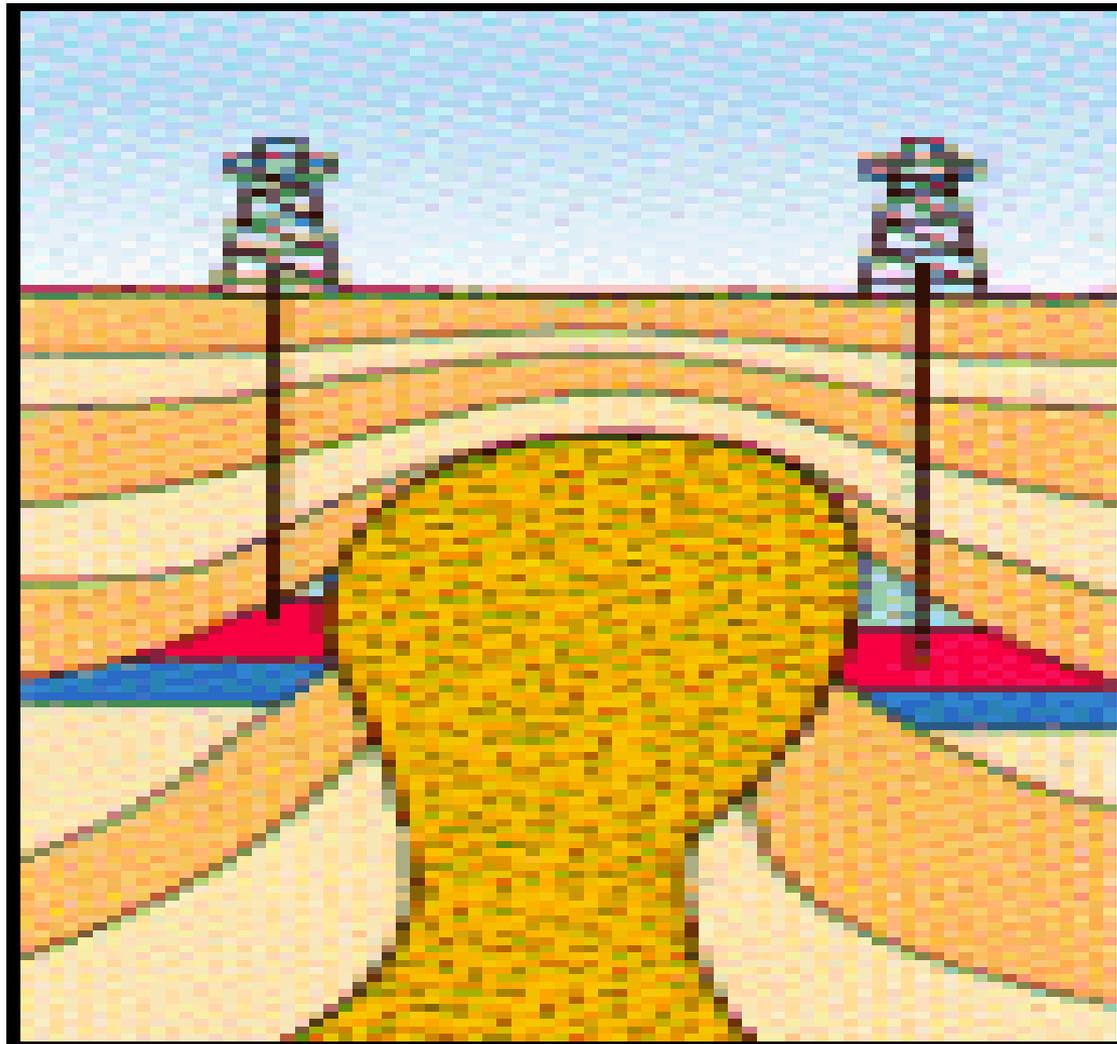
Шаг поискового бурения

Вскрытие тектонически экранированной залежи

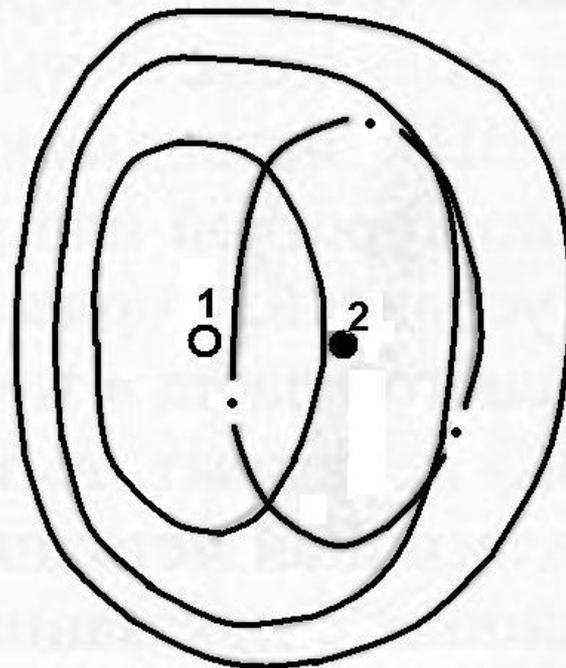
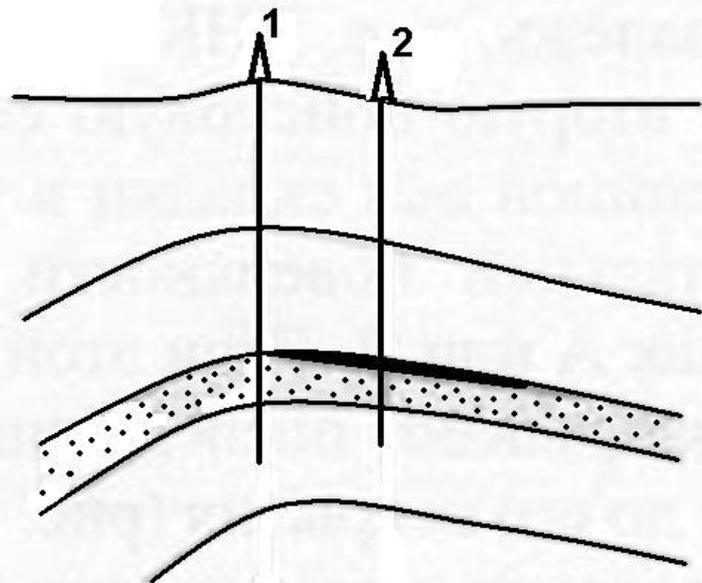


В верхней части кровли
продуктивного горизонта

Вскрытие приконтактовой залежи

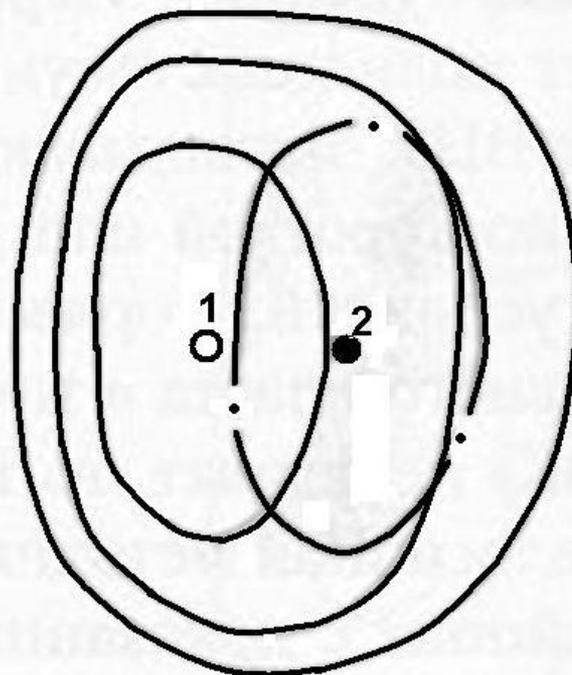
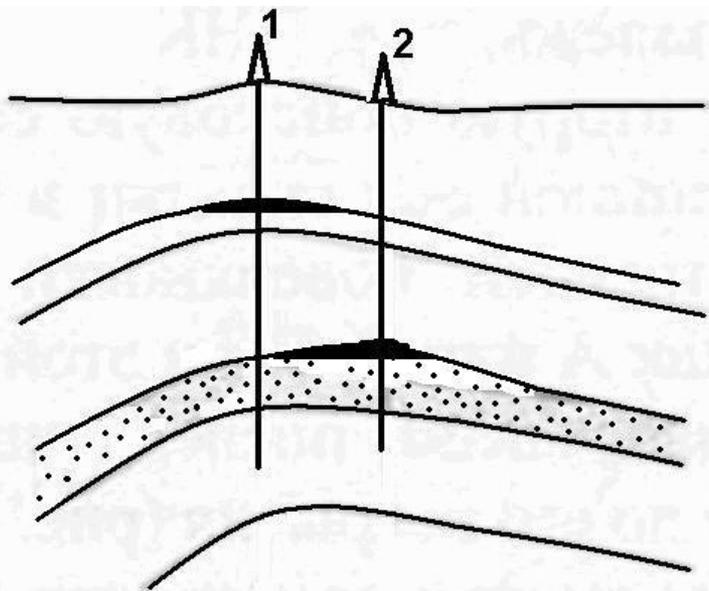


В верхней части
кровли продуктивного
горизонта

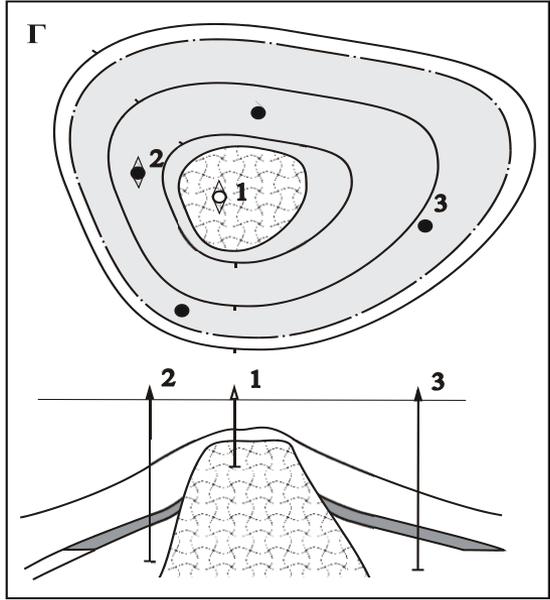
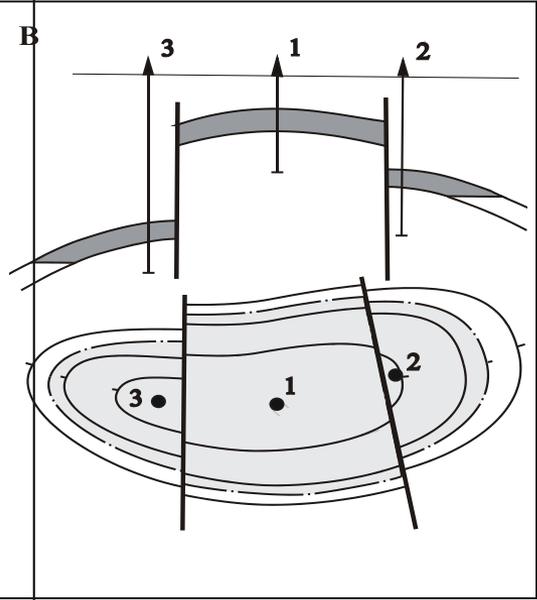
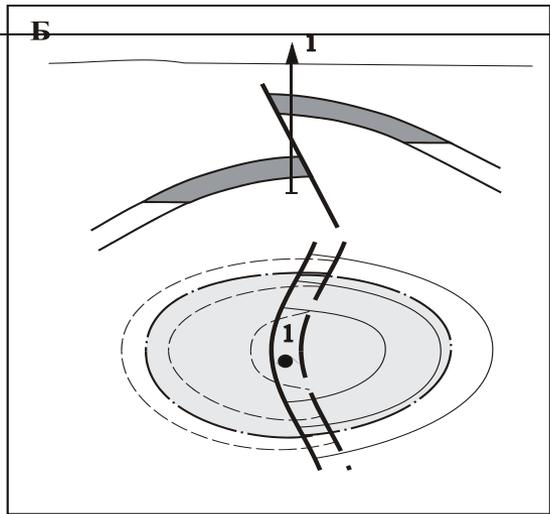
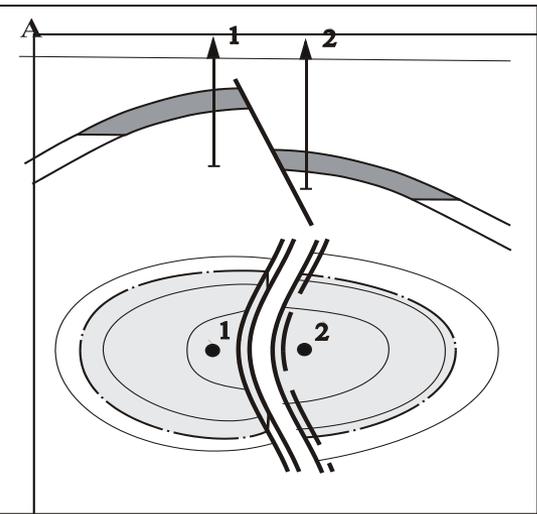


Расположение поисковых скважин в случае висячей залежи

1 (независимая) скважина – в свод, следующие (зависимые) со смещением

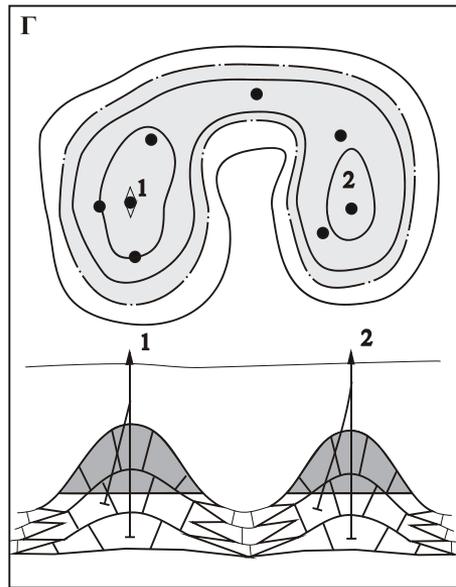
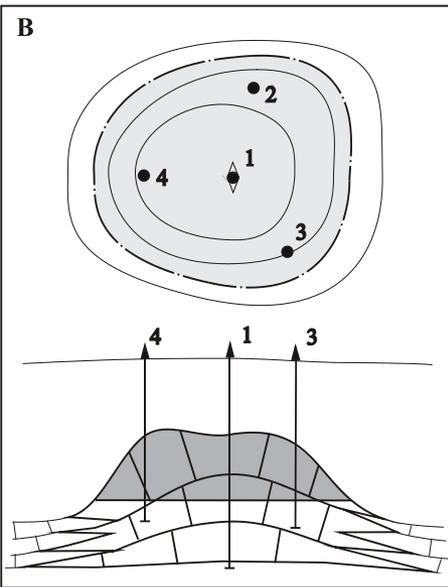
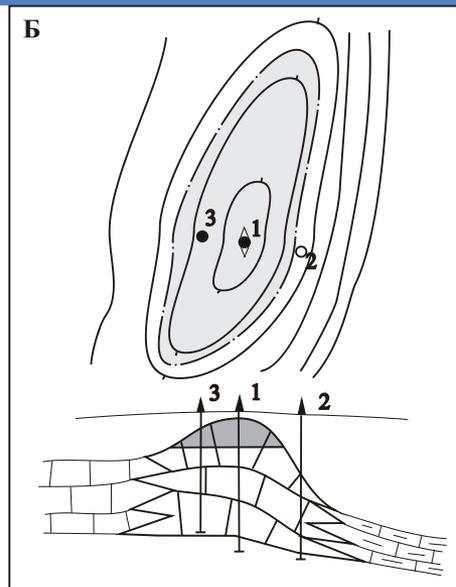
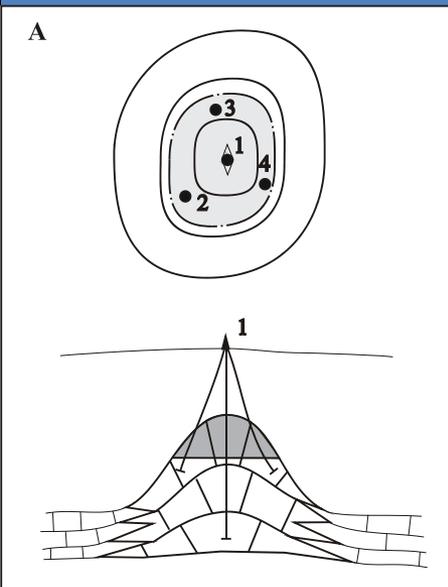


Расположение поисковых скважин в случае залежей, приуроченных к структуре со смещенным сводом



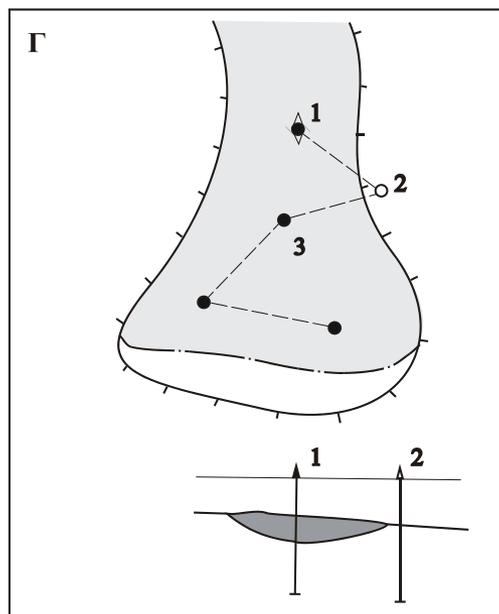
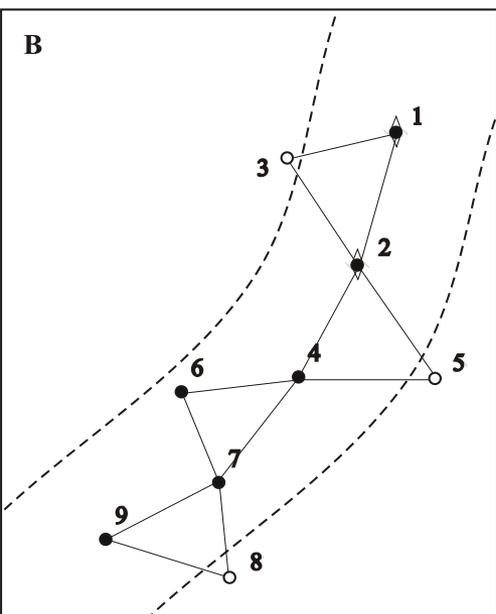
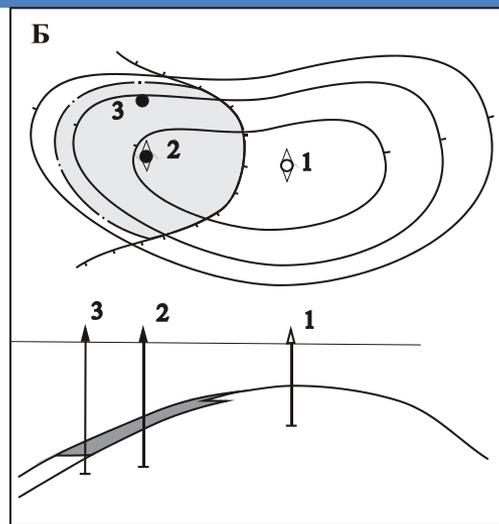
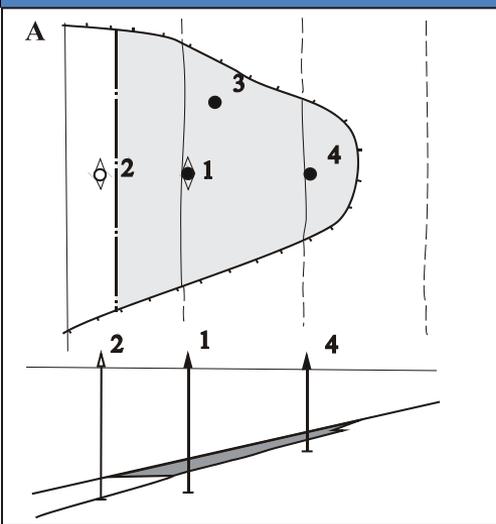
Размещение поисковых и оценочных скважин: А – на антиклиналях, осложненных сбросом; Б – на антиклиналях, осложненных взбросом; В – на блоковых структурах; Г – на солянокупольных структурах

Каждый блок опосковывается отдельно, кроме структур со взбросами. Они могут опосковываться одной скважиной



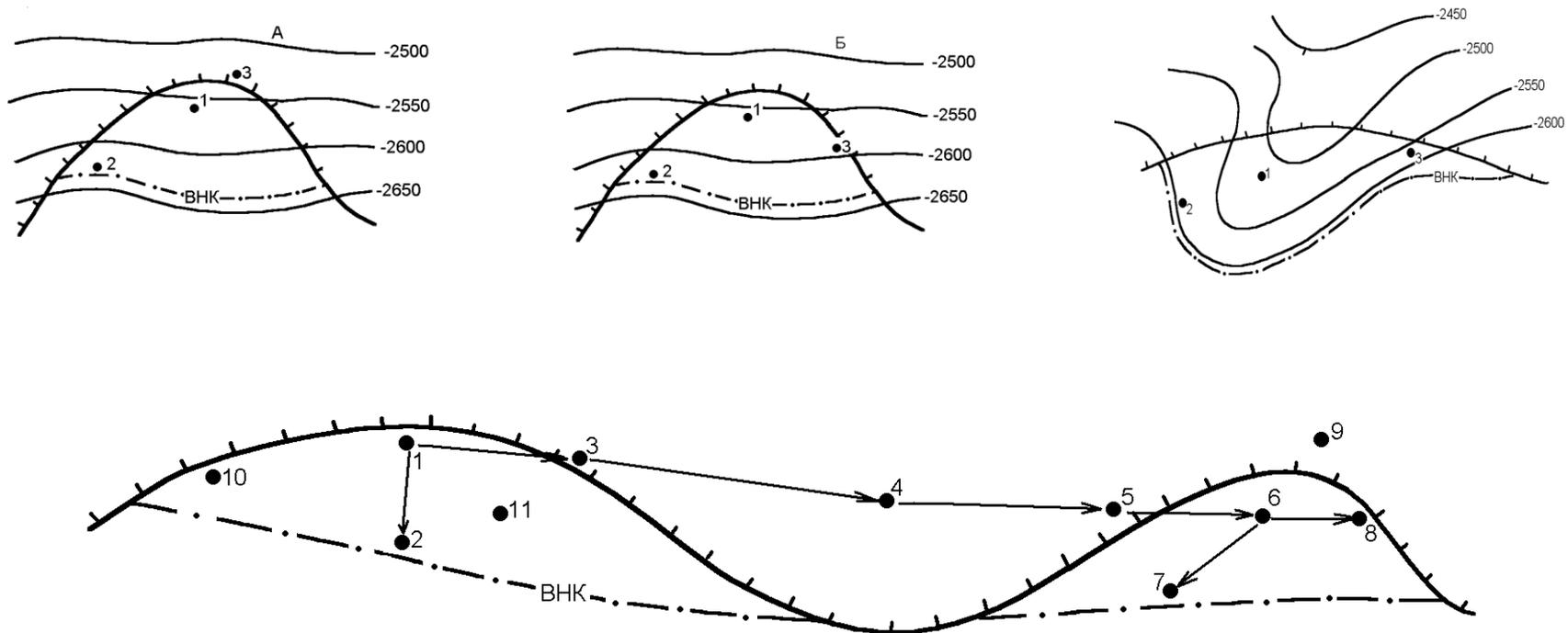
Размещение поисковых и оценочных скважин на рифогенных ловушках: А – в случае одиночного рифа; Б – барьерного рифа; В – атолла; Г – подковообразного рифа

1 независимая скважина – в свод, зависимые – в соответствии с формой рифового тела

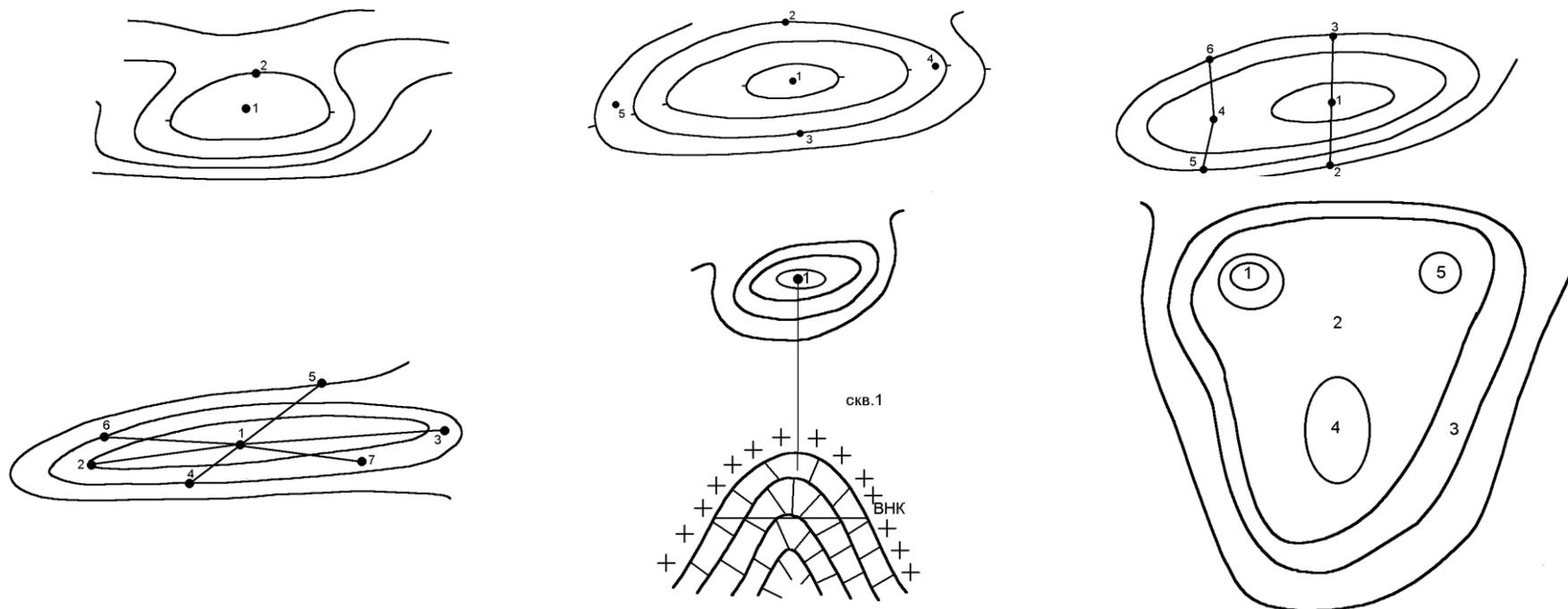


Размещение поисковых и оценочных скважин: А – при выклинивании коллектора на моноклинали; Б – при выклинивании коллектора на склоне поднятия; В – по методу клина (при прослеживании коллекторов палеорусла); Г – по методу «зигзаг профиля» (при прослеживании коллекторов палеодельты)

Размещение скважин на литологических залежах

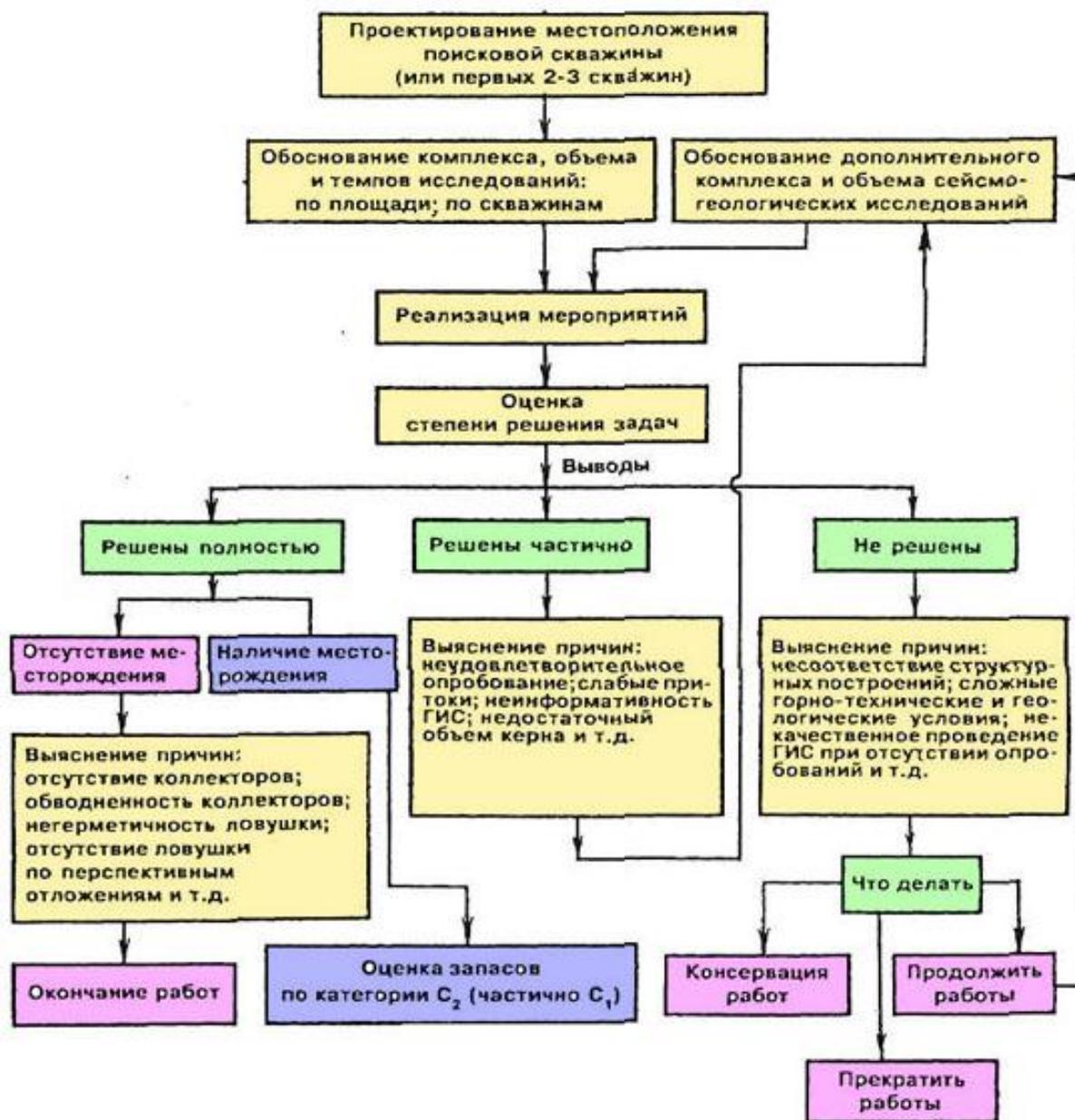


Приоритетные точки заложения скважин на структурных и рифогенных ловушках



- 1 - верхние (сводовые) части;
- 2 - участки наименее выраженного замыкания ловушки, определяющие возможность распространения залежи и ее вероятную высоту;
- 3 - участки, примыкающие к зонам экранирования; зоны развития межфазовых контактов.

Последовательность решения задач поисков залежей нефти и газа.



Проектирование и обоснование комплекса, объемов и темпов исследований: количество скважин; их размещение; виды и объемы ГИС

Реализация мероприятий

Геометризация изучаемого объекта: структурные карты кровли, подошвы продуктивных пластов; карты ГНК, ГВК и ВНК; карты эффективных мощностей и т.п.

Выяснение строения резервуара и емкостных свойств коллектора: пористости; проницаемости; насыщенности; типа коллектора; степени неоднородности и т.п.

Определение физико-химических свойств УВ: плотности; вязкости; состава; содержания различных веществ

Приближенная оценка режима залежей: пробная эксплуатация скважин; ОПЭ

Подсчет запасов категорий $C_1 + C_2$ и оценка промышленной значимости изучаемого объекта

Определение дополнительных мероприятий: сейсморазведка; структурное бурение; поисковое бурение

Выяснение причин

Задачи решены?

К стадии подготовки месторождений к разработке

Выход

Схема последовательности решения задач на стадии оценки залежи

Доля запасов категории C_1 , достаточная для завершения стадии поиска и оценки по месторождениям различного класса крупности

Класс месторождений по величине запасов	Индекс класса	Запасы		Доля запасов категории C_1 , %
		нефти (извлекаемые), млн. т.	газа (балансовые), млрд. м ³	
Уникальные	У	300	300	20–25
Крупные	K_1	200–300	200–500	25–30
	K_2	100–200	100–200	30–35
	K_3	30–100	30–100	35–40
Средние	C_1	20–30	20–30	40–45
	C_2	10–20	10–20	45–50
Мелкие	M_1	5–10	5–10	50–55
	M_2	1–5	1	55–60
	M_3	1		60–65
Очень мелкие <1 по нефти и газу >65				

Зависимость показателя успешности поисковых скважин от плотности бурения

Плотность бурения м/км кв.	1	11-10	10-50	Более 50
Показатель успешности %	4-15	15-35	35-55	20

По мере изученности территории успешность поисковых скважин возрастает, а потом падает, так как количество не открытых месторождений и залежей в недрах уменьшается

Разведочный этап включает стадии разведки и доразведки

за счет фирмы на основе лицензий
Промышленные месторождения (залежи)

1. Уточнение геологического строения и запасов залежей.
2. Пробная эксплуатация для получения данных и параметров для составления технологической схемы разработки месторождений.
3. Перевод запасов категории C_2 в категорию C_1 . B_2 в категорию B_1 .
 - Разведка завершается получением информации, достаточной для составления технологической схемы разработки (проекта опытно-промышленной эксплуатации) месторождения (залежи) нефти или проекта опытно-промышленной эксплуатации месторождений (залежи) газа.
 - По результатам работ составляются:
 - - отчет по подсчету запасов нефти, конденсата, природного газа и попутных компонентов; -техничко-экономическое обоснование величин коэффициентов извлечения нефти и конденсата

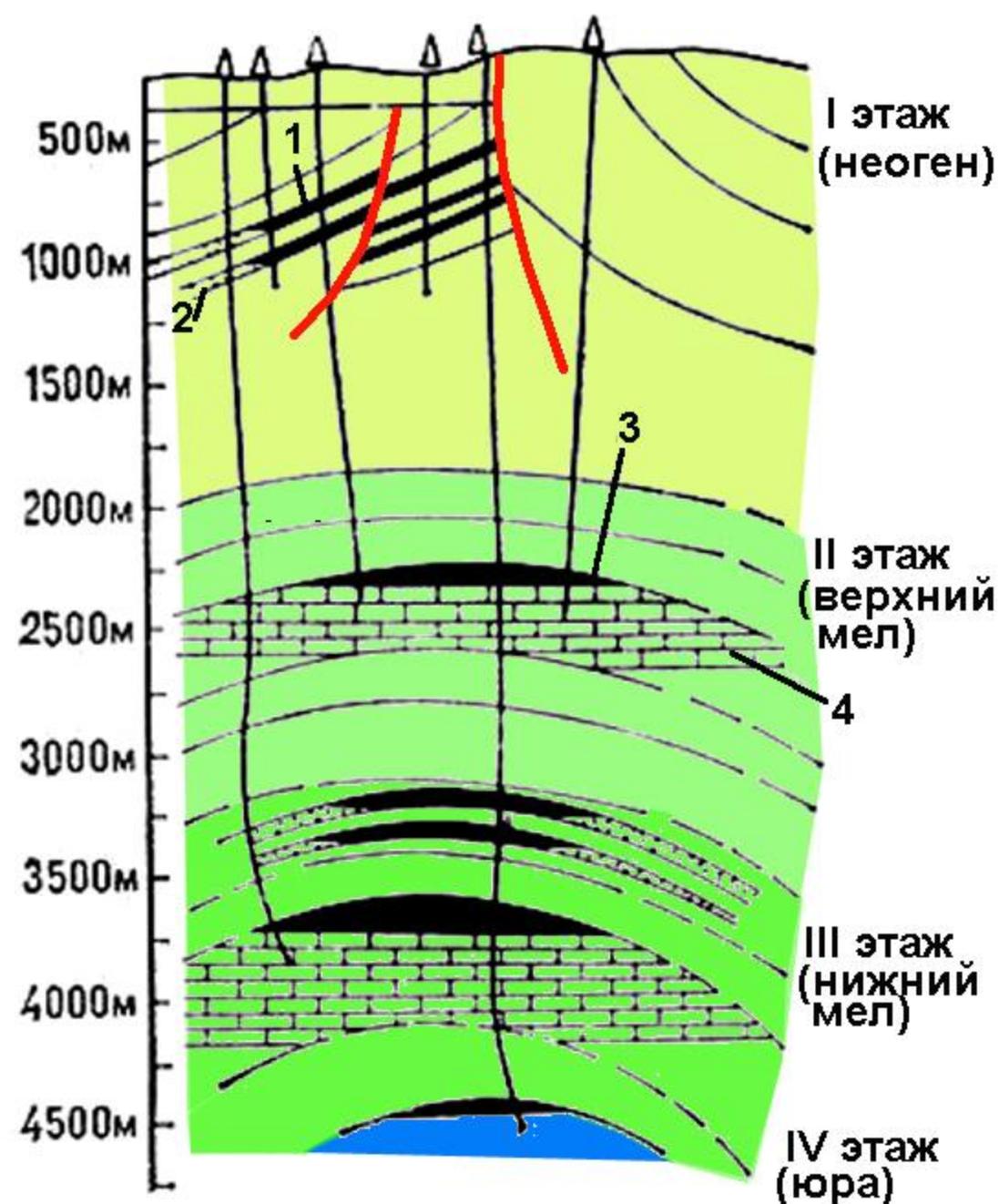
Этажи разведки –

часть разреза месторождения с одним, или несколькими продуктивными пластами, которые находятся на близких гипсометрических уровнях, характеризуются сходством геологического строения и свойств флюидов, **разведку которых можно проводить одной сеткой скважин.**

Как правило, в первую очередь разведывают наиболее богатые этажи.

Обычно это залежи нижних горизонтов. В этом случае применяют систему «снизу-вверх» - последовательную разведку **группы** нефтяных и газовых горизонтов от нижнего **базисного** горизонта вверх.

Но если наиболее высокодебитные толщи находятся в верхней части разреза, применяется система разведки сверху вниз (более время емкая).

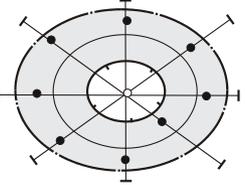
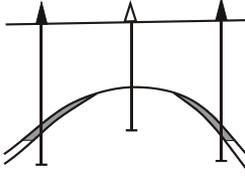
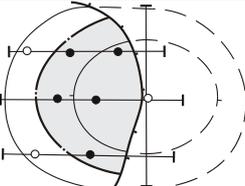
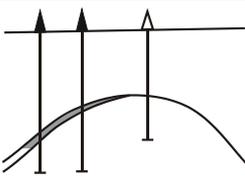
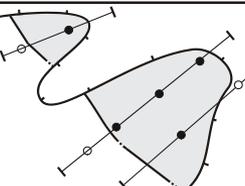
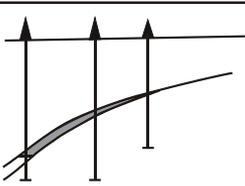
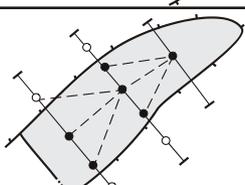
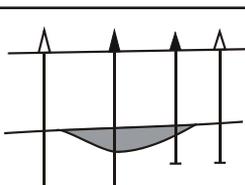
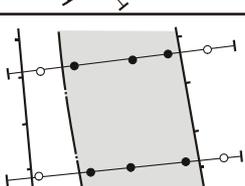
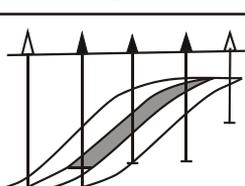
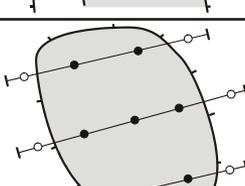
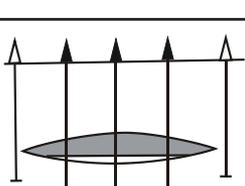


С геологических позиций оптимально последовательное бурение поисковых скважин на одной площади, потому, что в этом случае можно пользоваться одним станком (4 принцип Крейтера) и корректировать заложение последующих скважин, используя информацию по каждой уже пробуренной скважине (1 принцип Крейтера). Однако для ускорения темпов разведки обычно одновременно бурят нескольких скважин (5 принцип Крейтера). Однозначных критериев выбора альтернативных методик в настоящее время не существует, и последовательность и темпы разбуривания объекта определяется в каждом конкретном случае.

Если в качестве объектов поисков выбираются различные территории с разными глубинами залегания перспективных пластов и значительными перспективными ресурсами нефти и газа, то на каждой отдельной площади принимается отдельная система разбуривания.

По **последовательности бурения** разведочных скважин различают **ползущую** систему и **сгущающую** системы. При сгущающей системе сокращаются сроки, но возрастает риск бурения законтурных и малоинформативных скважин.

Число разведочных скважин зависит от запасов разведываемого объекта и его сложности. В среднем, приняты следующие значения. Расстояния между разведочными скважинами колеблются от 12 до 0,3 скв./км.

ТИП ЗАЛЕЖИ	СХЕМА СТРОЕНИЯ		СИСТЕМА РАЗВЕДКИ
	ПЛАН	РАЗРЕЗ	
Кольцевая (лысый свод)			Кольцевая Радиальная
Козырьковая			Профильная, вкrest линии выклинивания или замещения
Клиновидная (заливообразная)			Профильная, вкrest линии выклинивания или замещения
Рукавообразная (шнурковая)			Профильная, вкrest простираия, по методу клина, зигзаг-профильная
Клиноформная			Профильная, вкrest простираия
Линзовидная			Профильная, вкrest простираия

Схемы размещения разведочных скважин на залежах в терригенных неантиклинальных ловушках

Зависимость числа разведываемых скважин от запасов месторождения нефти

Класс месторождения	Число скважин
Уникальные (>300 млн.т.)	50-60
Крупнейшие (300-30 млн.т)	30-35
Крупные (30-3 млн.т)	20-25
Средние (30-10 млн.т)	15-20
Мелкие (3-1)	10-15
Мелкие (<1 млн.т)	Менее 10

Стадия доразведки месторождений

Объект доразведки - залежи с запасами категории B_2 разрабатываемого месторождения.

Задачи доразведки

- выявление ранее пропущенных залежей;
- уточнение положения площади залежей, эффективных толщин;
- уточнение дебитов нефти, газа, конденсата, воды, пластового давления, давления насыщения и коэффициентов продуктивности скважин;
- уточнение гидродинамической связи залежей с законтурной областью, различными тектоническими блоками одной залежи;
- уточнение изменчивости емкостно-фильтрационных характеристик коллекторов;
- уточнение начального состояния и изменчивости физико-химических свойств флюидов по площади и разрезу залежи;

Стадия доразведки может продолжаться в течение всего периода разработки месторождений

Типовой комплекс работ на стадии доразведки

- строительство разведочных скважин;
- строительство опережающих эксплуатационных скважин, углубление эксплуатационных скважин, зарезка боковых стволов.
- отбор керна и пластовых флюидов в разведочных и опережающих эксплуатационных скважинах;
- детализационные сейсморазведочные работы 3D;
- переинтерпретацию геолого-геофизических материалов с учетом данных по пробуренным скважинам и проведение специальных исследований для выявления пропущенных пластов и невыработанных целиков нефти или газ в разрабатываемых пластах;
- специальные виды геофизических исследований (при необходимости);
- пробная эксплуатация разведочных скважин.

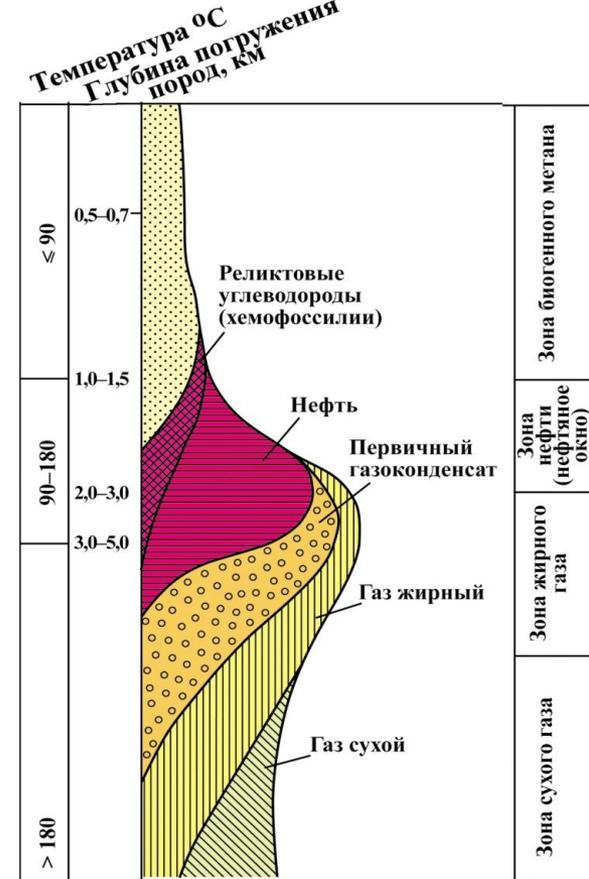
По результатам доразведки

- уточняются запасы углеводородов и сопутствующих компонентов по категориям А, В₁ и В₂;
- собираются геолого-геофизических материалов, необходимые для подготовки дополнения к технологической схеме разработки, технологическому проекту разработки или дополнения к технологическому проекту разработки месторождения углеводородов.

ОСОБЕННОСТИ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГАЗА

При поисках и разведке месторождений газа применяются все методы, используемые при поисках и разведке месторождений нефти, но:

- Термобарические условия генерации газа значительно шире, чем термобарические условия генерации природного газа.
- Исходным органическим веществом для формирования газа может вещество растительного происхождения (гумусовое).
- Газ, по сравнению с нефтью, значительно более подвижен, чем нефть, поэтому для сохранности залежей требуется лучшая крышка, а для пласт-коллектор может иметь меньшую проницаемость.



1. Газ извлекается из залежи почти полностью поэтому можно не разведывать приконтурную зону газовой залежи для определения точек заложения нагнетательных скважин и их количества.

2. Из периферических участков залежи газ подходит к эксплуатационным скважинам с относительно небольшой потерей давления. Поэтому возможно закладывать эксплуатационные газовые скважины вдали от контура газовой залежи в самых высоких ее частях. В связи с этим нет необходимости проводить детальную площадную разведку газовой залежи,

3. Газовую залежь можно разрабатывать несравненно меньшим количеством эксплуатационных скважин. Нередко хватает уже пробуренных разведочных скважин.

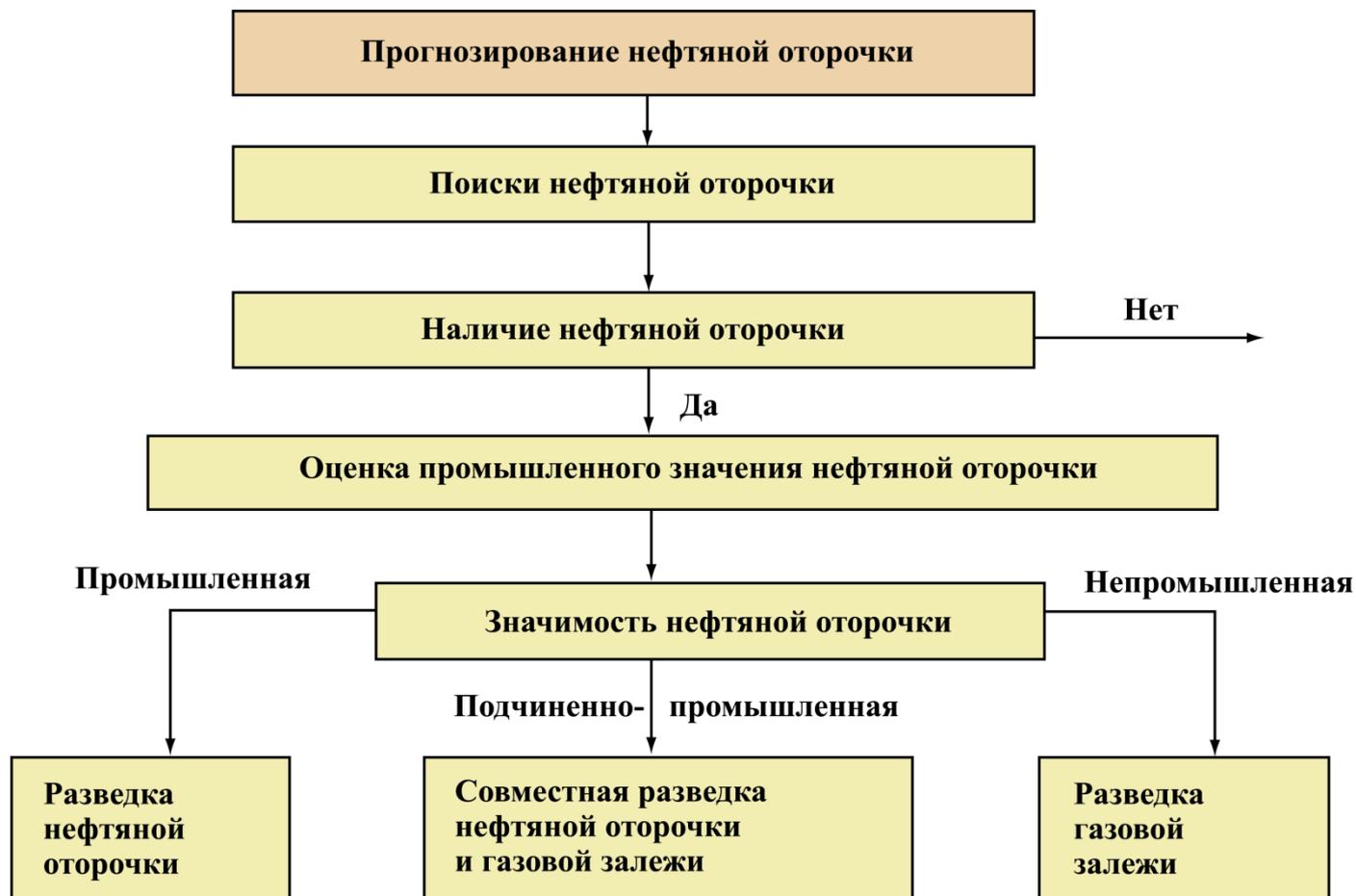
4. Законтурная вода часто не успевает восстанавливать давление газа в процессе его отбора из залежи. Это дает возможность оценить запасы по данным кратковременной опытной эксплуатации с использованием падения давления. Это позволяет резко сократить объемы работ по разведке газовых залежей для подсчета запасов.

ОДНАКО

Заранее неизвестно, является ли залежь газовой, или имеется нефтяная оторочка. Поэтому прежде всего необходимо установить наличие и величину этой оторочки.

В пластовых залежах первые поисковые скважины, бурящиеся в своде, обычно ее не вскрывают и требуется специальное разведочное бурение в приконтурной зоне. В случае отсутствия или непромышленного значения нефтяной оторочки большой объем бурения в приконтурной зоне снижает эффективность разведочных работ.

Поэтому важно прогнозировать нефтяные оторочки по косвенным данным.



Вопросы для самопроверки

1. Какие выделяются этапы и стадии ГРР?
2. Каковы цель и стадии регионального этапа ГРР?
3. Охарактеризуйте стадию прогноза нефтегазоносности
4. Охарактеризуйте стадию оценки зон нефтегазонакопления
5. Каковы цель и стадии поискового этапа?
6. Охарактеризуйте стадию выявления и подготовки объектов к поисковому бурению.
7. Что считается выявленной ловушкой?
8. Охарактеризуйте стадию поиска и оценки месторождений (залежей)
9. Каковы приоритетные точки бурения независимых поисковых скважин?
10. Что такое «шаг поискового бурения»?
11. Каковы принципы размещения скважин при оценке залежей?
12. Каковы цель и стадии разведочного этапа?
13. Каковы особенности поисков и разведки газовых залежей?
14. Каковы особенности поисков и разведки залежей на шельфе?