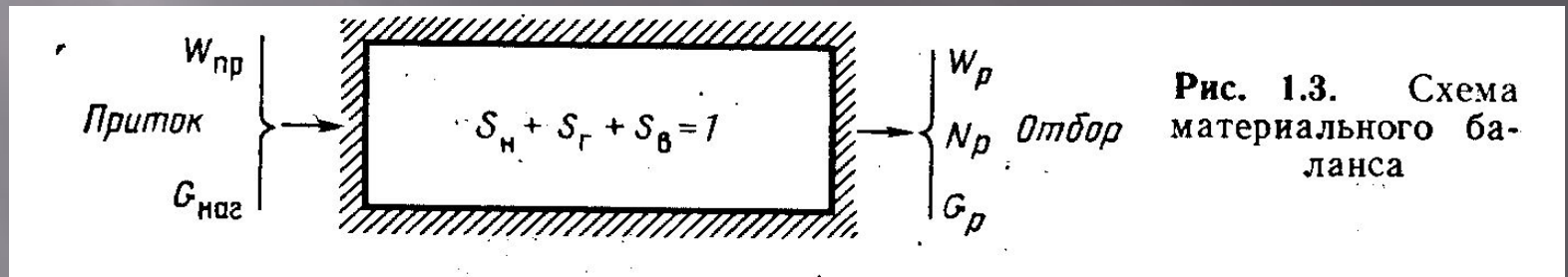


# РАЗВИТИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ

# Уравнение материального баланса

- В 1936 г. Шильтуис вывел уравнение сохранения массы для продуктивного пласта. При выводе этого уравнения пласт рассматривался как однородный с постоянными свойствами породы и флюида. Баланс составлялся путем учета всех масс флюида, втекающего и вытекающего за данный период времени. Уравнение материального баланса иногда называют моделью нулевой размерности, так как внутри системы порода — флюид не происходит изменений параметров ни в одном направлении.



# Аналоговые резистивно-емкостные сетки

- Аналоговые резистивно-емкостные сетки обычно называют электрическими анализаторами (электроинтеграторами), в которых для создания электрической модели нефтяного пласта применяют законы электротехники и гидравлики. Анализируя изменения электрических параметров во времени при различных воздействиях, с помощью простых переводных коэффициентов можно оценить процесс разработки пласта.

Аналогия между характеристиками флюидов и понятиями, принятыми в электротехнике

Наименование величины	Размерность	Наименование величины	Размерность
Давление $p$	кгс/см <sup>2</sup>	Напряжение $E$	В
Добыча/закачка $q$	см <sup>3</sup> /с	Сила тока $i$	А
Объем флюидов (запасы) $Vc$		Емкость электрическая $se$	мкФ
Проводимость $kh/\mu$	Дем/сП	Электрическая проводимость $1/R$	Ом
Истинное время процесса $t$	с	Время моделирования $t$	с

# Электролитические модели

- Электролитические модели стационарных процессов разрабатывались некоторыми исследователями, такими, как Ботсет, Виков и Маскет, с целью анализа движения фронтов флюидов в пласте. Принцип действия этих моделей основан на аналогии между законом Ома для электрического тока в проводнике и законом Дарси для пористой среды. Если источники и стоки при фильтрации флюида и границы пористой среды определены с достаточной степенью точности, то для исследования движения флюидов в стационарных условиях обычно применяют модель, изготовленную из промокательной бумаги или пластин желатина. При этом обеспечивается геометрическое подобие модели, а масштаб по вертикали увеличивается. Напряжение прикладывается в точках расположения скважин (в данном случае к медным электродам), и продвижение фронта флюида прослеживается по движению окрашенных ионов от отрицательного электрода к положительному. Среда (промокательная бумага или пластины желатина) предварительно пропитывается бесцветным раствором нитрата цинка. Ионы меди движутся под прямым углом к эквипотенциальным линиям поля. Рис. 1.7 иллюстрирует характер вытеснения флюида.

Рис. 1.7. Электролитические модели:  
1-эксплуатационная скважина; 2 -  
нагнетательная скважина

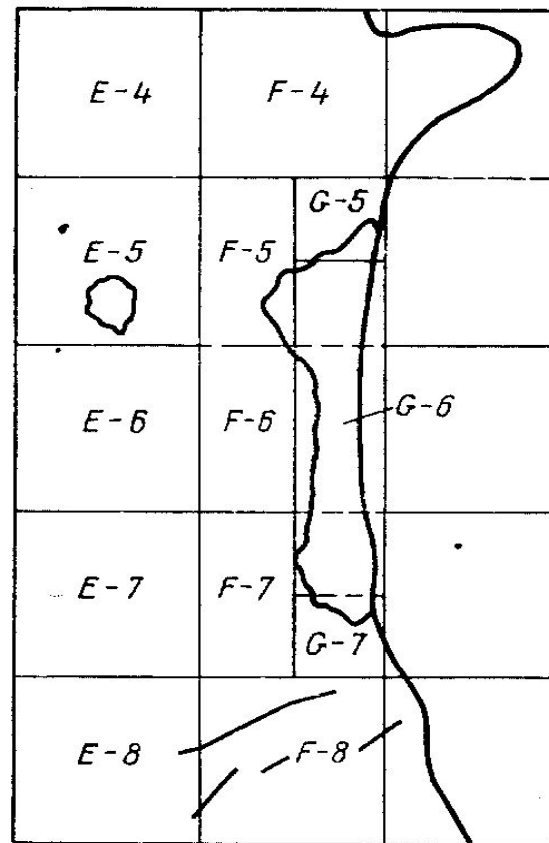
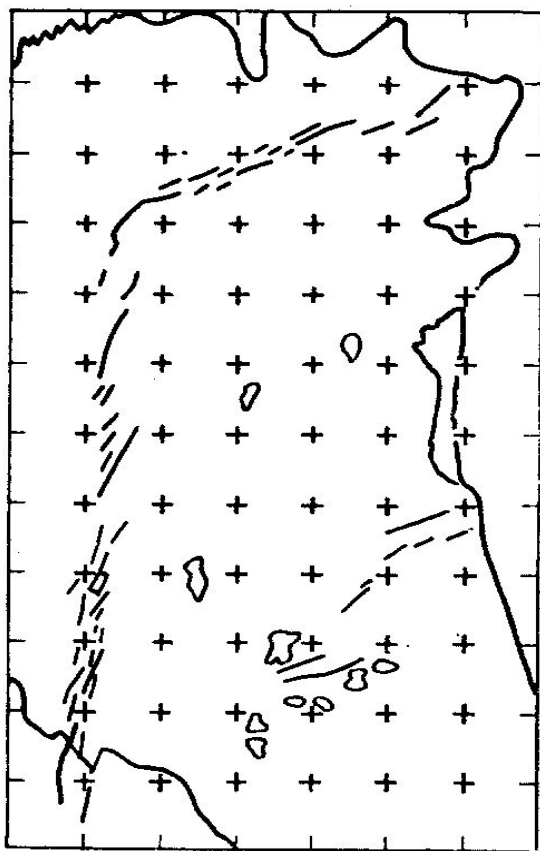
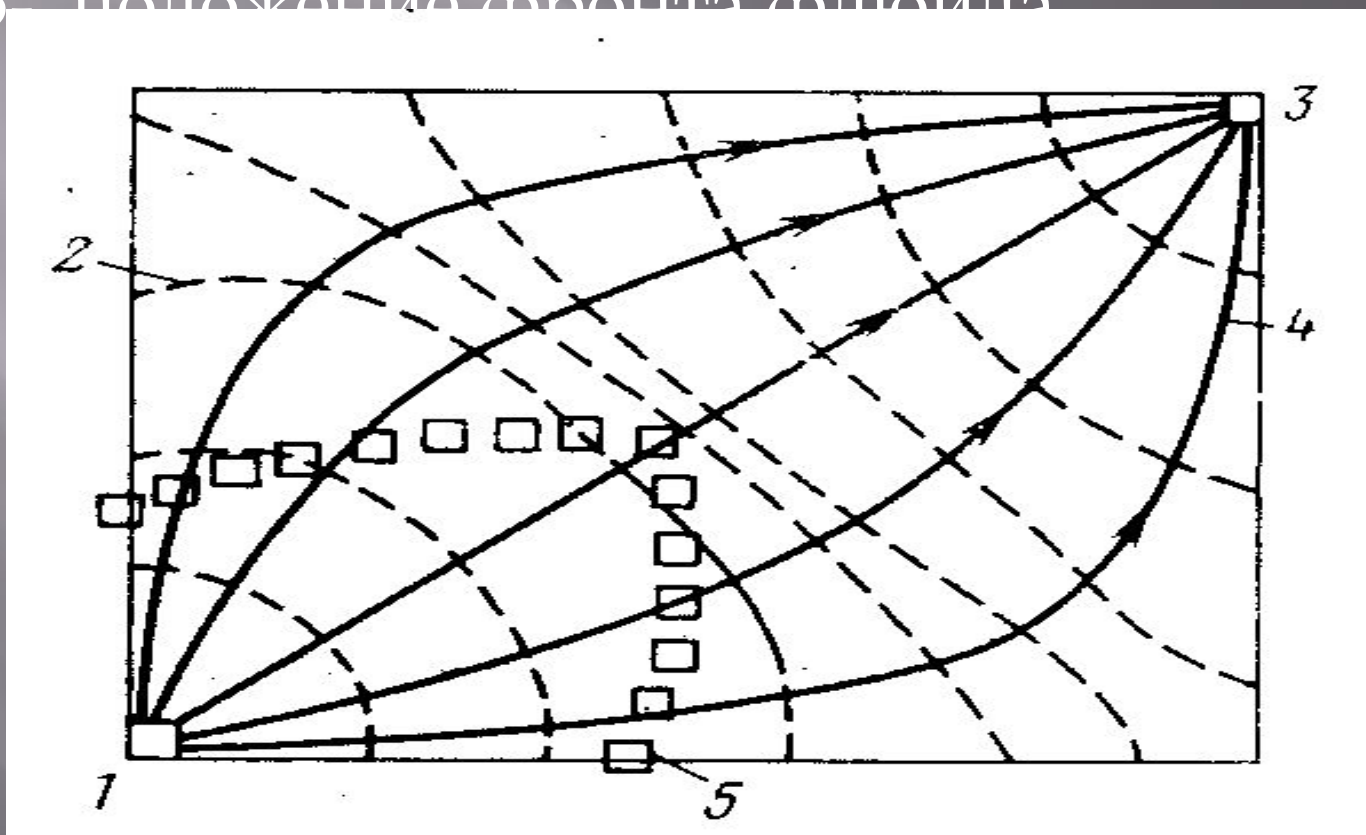


Рис 1.8. Потенциометрическая модель:

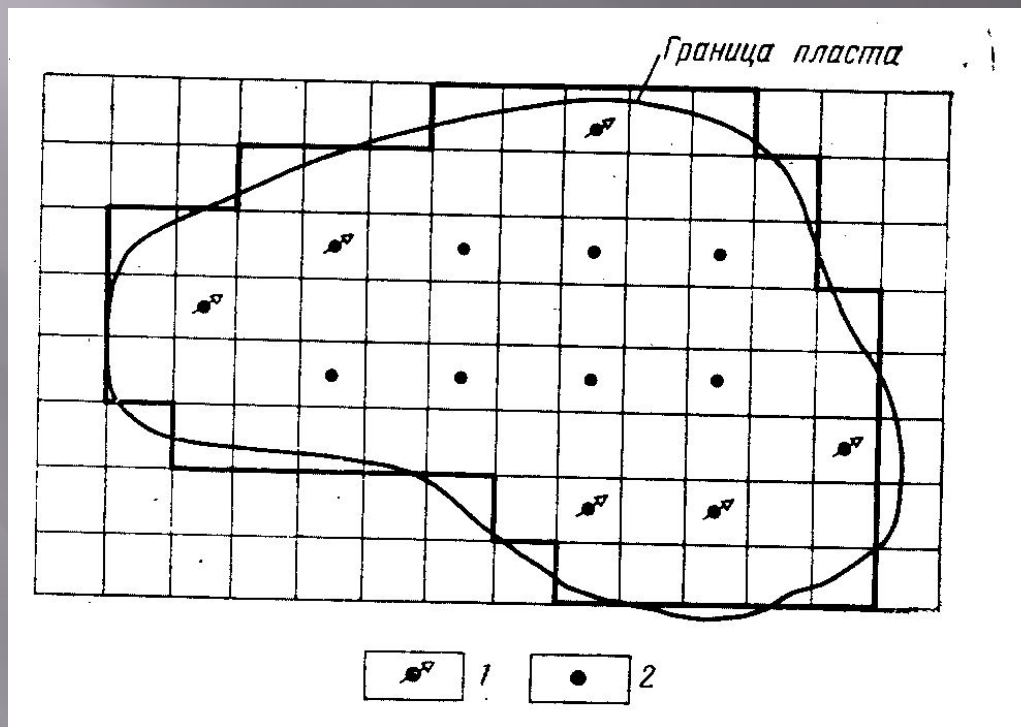
1- нагнетательная скважина; 2- эквипотенциальная поверхность; 3- эксплуатационная скважина; 4- линия тока; 5- положение фронта флюида



# Численные модели

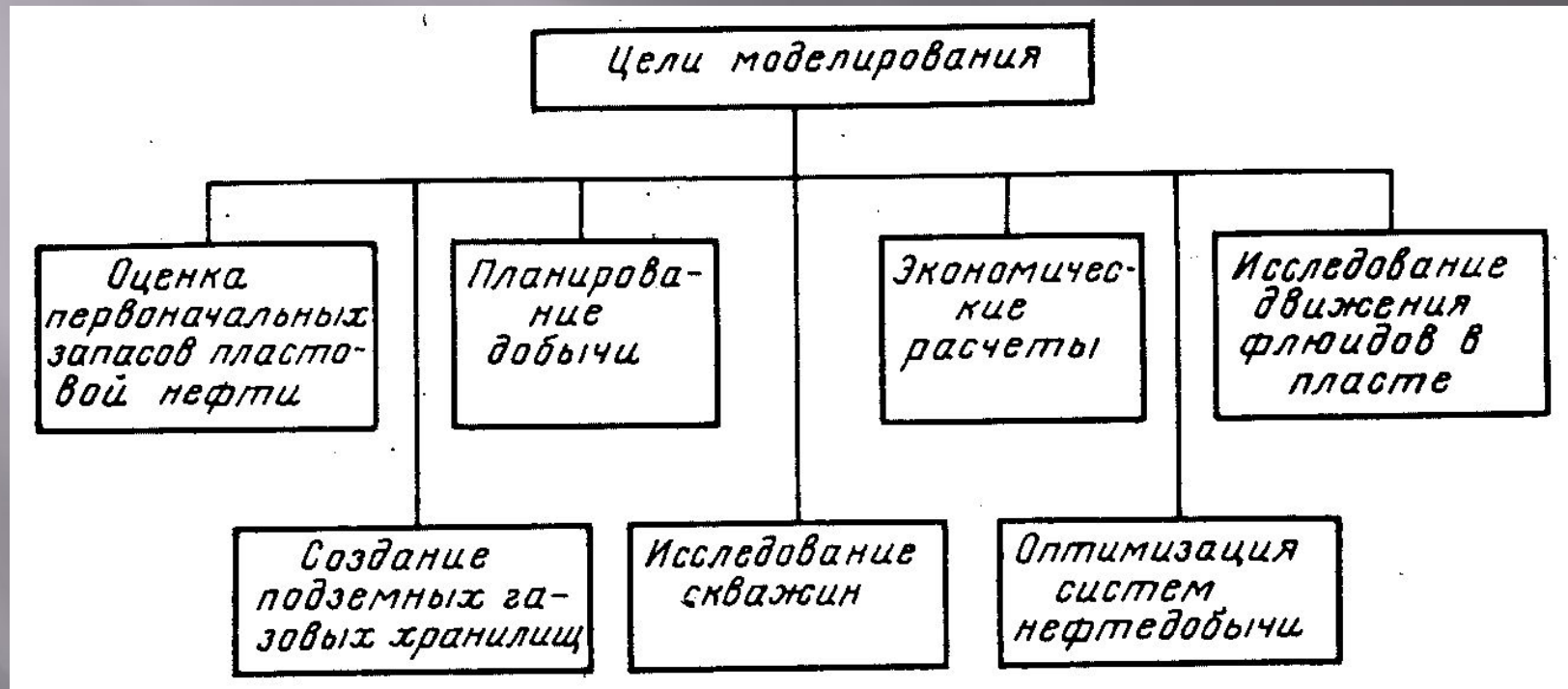
- Для решения математических уравнений, которые описывают поведение флюидов в пористой среде, применяют численные модели и цифровые вычислительные машины. При этом обычно используется метод сеток. Численные модели были разработаны в середине 50-х годов Писманом и Рэкфордом, после чего усовершенствованы таким образом, что можно моделировать картину процесса разработки почти любого месторождения.

Типичная сеточная модель представлена на  
Рис. 1.9

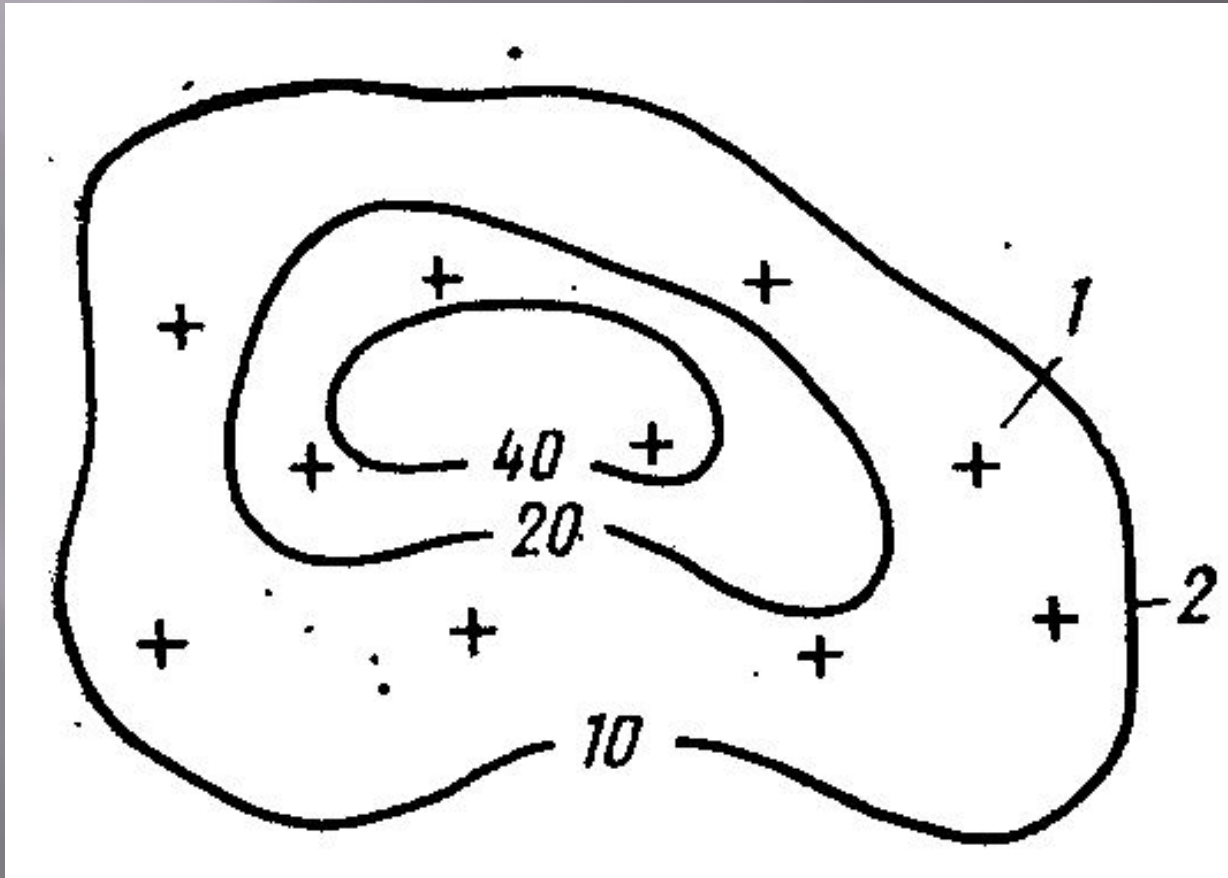




# ЦЕЛЬ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛАСТОВ



# Рис. 1.10 Схема различных направлений применения моделирования



Дебиты нефти и газа - основные выходные данные модели. Они могут быть получены как по отдельным скважинам, по участкам (Рис. 1.13), так и по всему пласту. Типичные результаты моделирования показаны на

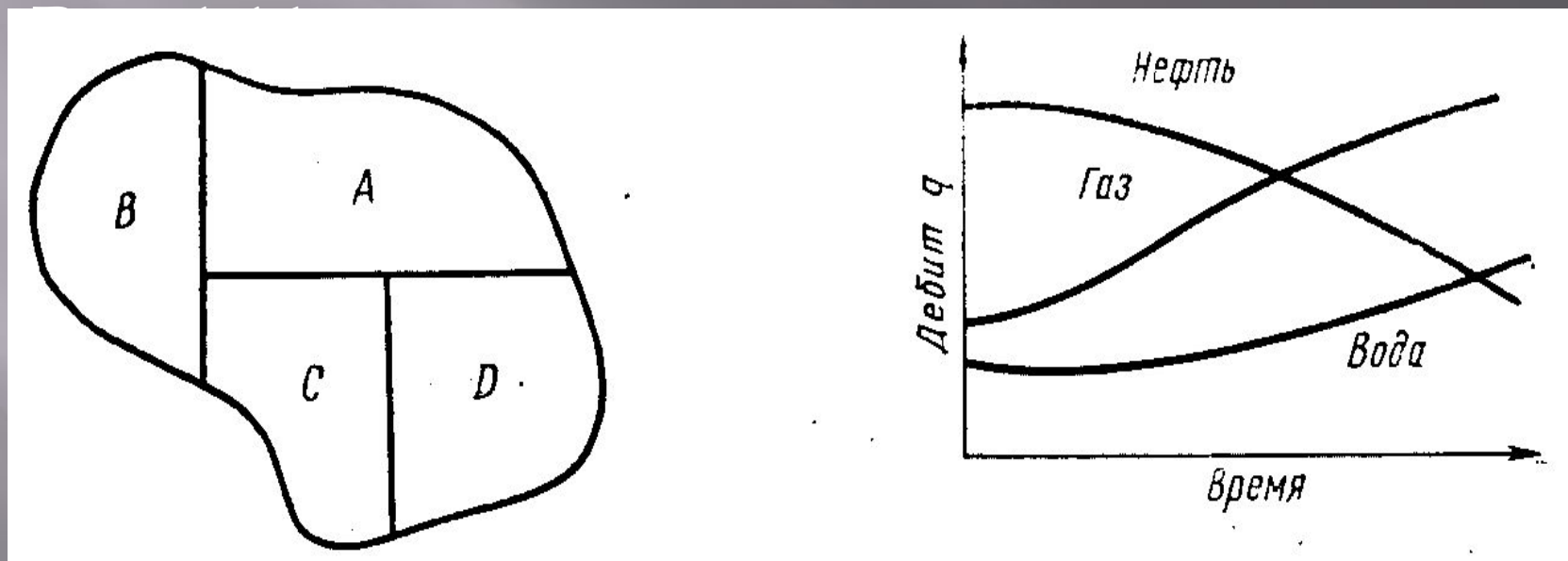
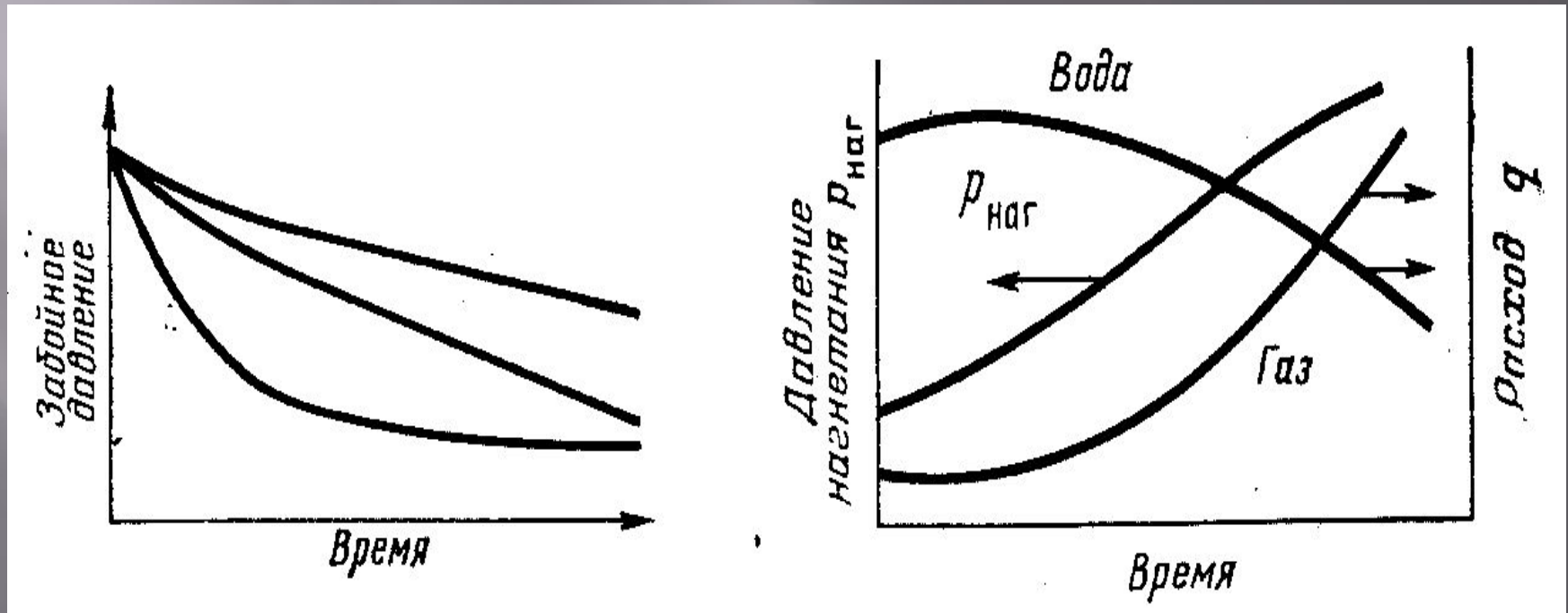


Рис.1.13 Схема расчленения пласта на участки Рис1.14 Кривые дебитов, построенные с помощью А, В, С, Д - участки

На Рис. 1.15 показано изменение забойного давления в эксплуатационных скважинах.

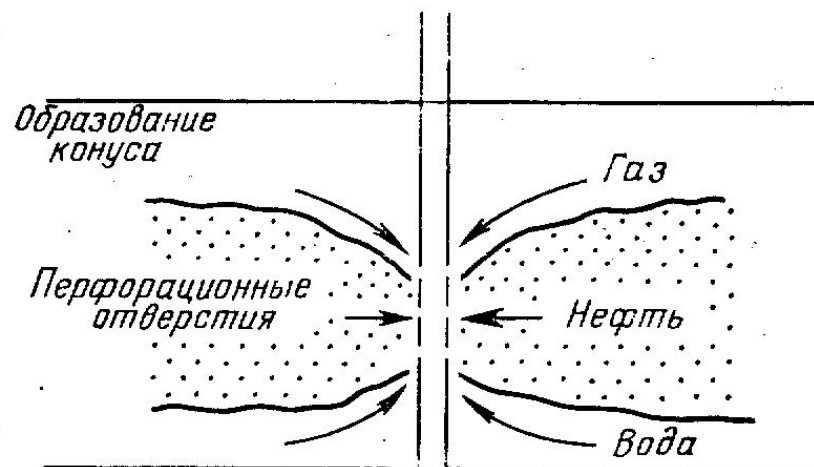
В проектах вторичных методов разработки вне зависимости от вида закачиваемого агента (воды или газа) необходимо знать его объемы и давления нагнетания (Рис. 1.16)



# Моделирование скважин

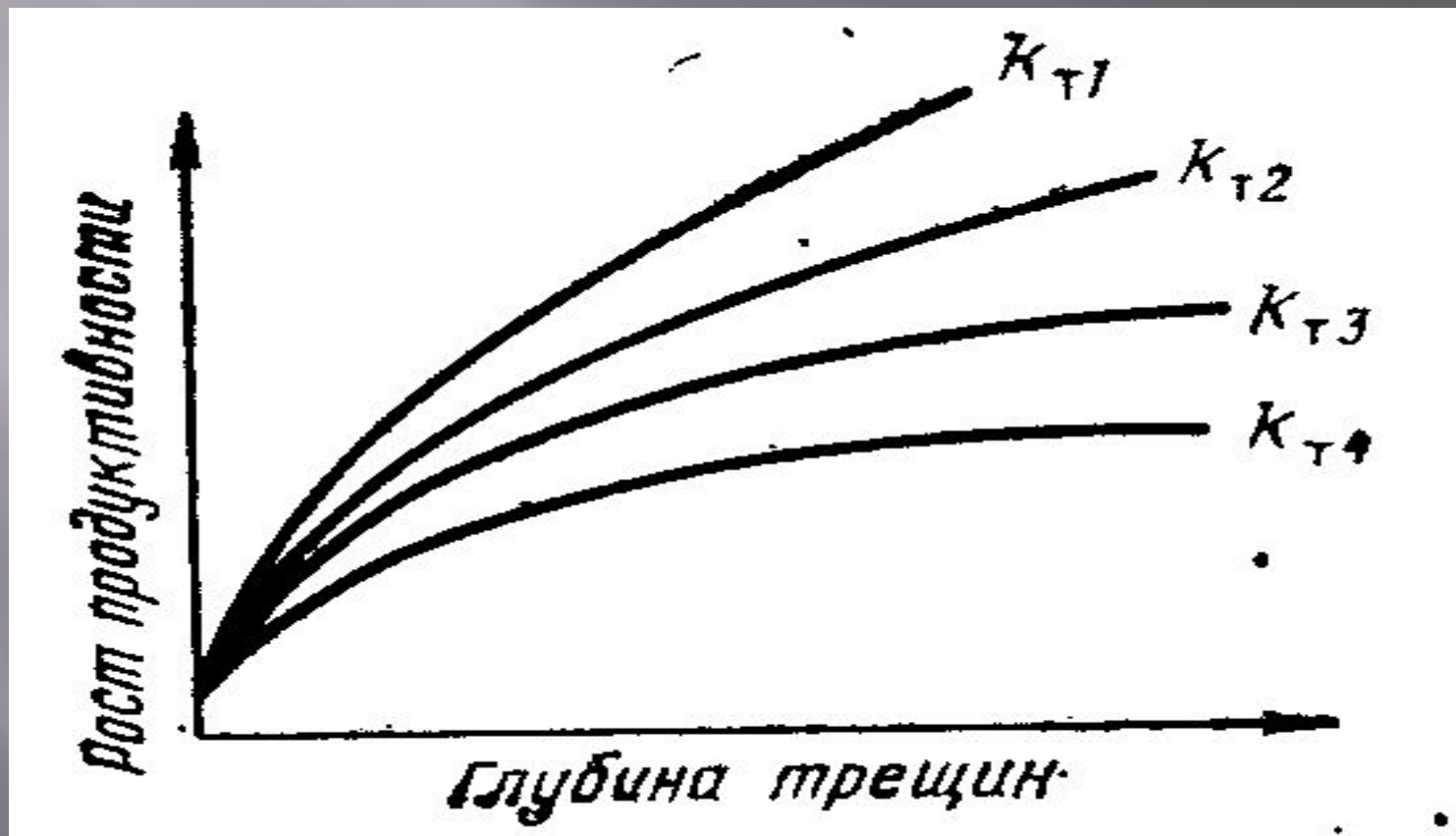
В процессе разработки большое значение имеют правильный выбор способа вскрытия пласта и выбор режима эксплуатации скважины (рис. 1.22). В некоторых случаях трудно совместить моделирование пласта в целом и моделирование работы отдельных скважин, которое позволило бы получить следующие данные:

**Рис. 1.22.** Схема притока флюида к скважинам



- 1) критические дебиты (для предотвращения конусообразования газа и воды);
- 2) максимальные эффективные дебиты (для обеспечения оптимальной работы скважин);
- 3) степень воздействия интервалов перфорации и размеров трещин на продуктивность скважины (рис. 1.23).

Рис. 1.23. Зависимость продуктивности скважин от трещино-ватости коллектора в призабойной зоне:  $k_{T1}$ ,  $k_{T2}$  - коэффициенты проницаемости трещин



# Преимущество моделирования

- Известно, что месторождение можно разработать только один раз, поэтому любая ошибка в этом процессе неисправима. Однако, применяя метод моделирования, можно выполнить эту процедуру несколько раз и изучить различные варианты. При использовании моделирования в качестве средства управления достигается более эффективное использование пластовой энергии, что в принципе приводит к увеличению конечной нефтеотдачи и к более экономичной разработке месторождения.



# СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛАСТА

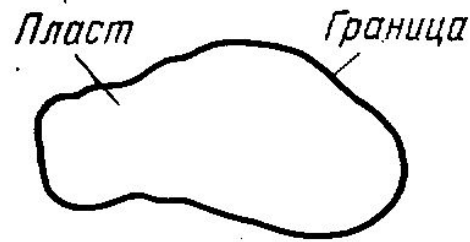


Рис. 3.1. Схема пласта

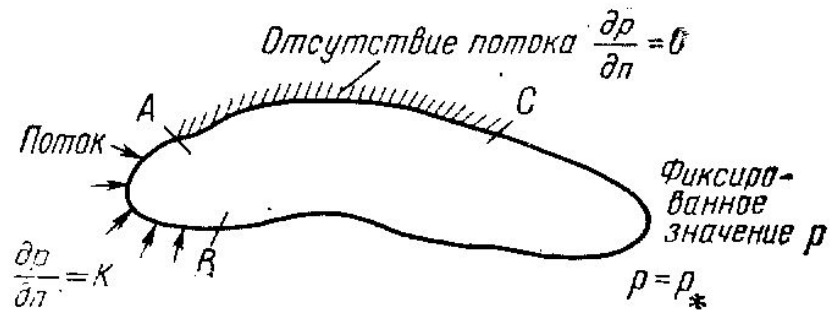


Рис. 3.2. Схема граничных условий

Рис. 3.3. Схема системы

