

# МЕТОДЫ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛЕКЦИИ  
Ковяткина Л.А.  
2015



# ЛИТЕРАТУРА

1. Климентов П.П., Кононов В.М. Методика гидрогеологических исследований. - М.: Высш. шк., 1989.
2. Шварцев С.Л. Общая гидрогеология. М.: Недра, 2014.
3. Альтовский М.Е. Методические указания по составлению гидрогеологических карт масштабов 1:1000000 - 1:500000 и 1:200000 - 1:100000. - М.: Госгеолтехиздат, 1960.
4. Башкатов Д.Н., Тесля А.Г. Гидрогеологические наблюдения при бурении и опробовании скважин на воду. - М.: Недра, 1970.
5. Боровский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. - М.: Недра, 1979.
6. Справочное руководство гидрогеолога. Т.1 и 2. - М.: Недра, 1978.
7. Методические указания по гидрогеологической съемке на закрытых территориях в масштабах 1:500000, 1:200000 и 1:50000. М.: Недра, 1968. - 176 с.

# Цели и задачи ГГИ

- Цель ГГИ- получение комплексной информации для обоснования прогнозов и решения различных хозяйственных задач.
- ЗАДАЧИ:
- поиски и разведка подземных вод для организации питьевого водоснабжения;
- - поиски, разведка, оценка запасов минеральных, промышленных и теплоэнергетических подземных вод;
- - проведение исследований с целью орошения и осушения земельных массивов;
- - изучение гидрогеологических условий месторождений твердых полезных ископаемых с целью прогноза водопритоков в горные выработки и разработки рациональных методов эксплуатации месторождений;

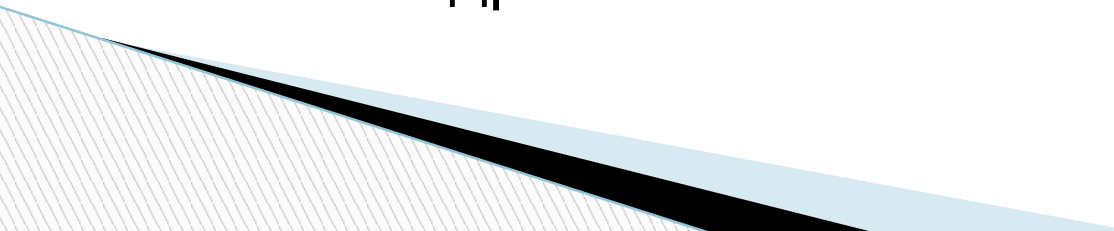
# ЗАДАЧИ

- ▣ - изучение гидрогеологических условий месторождений нефти, газа для выработки методов рациональной их эксплуатации, в т.ч. для обоснования систем ППД и подземной утилизации промышленных стоков;
- ▣ - изучение гидрогеологических условий участков подземного выщелачивания месторождений полезных ископаемых;
- ▣ - гидрогеохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых, в т.ч. нефти и газа;
- ▣ - обоснование мероприятий по искусственному восполнению запасов подземных вод;
- ▣ - обоснование строительства подземных сооружений, в т.ч. искусственных нефте- и газохранилищ;
- ▣ - обоснование прогнозов режима подземных вод под влиянием естественных и искусственных факторов и др.

# Задачи ГГИ



# Основные виды ГГИ

- Сбор, обобщение и анализ материалов предыдущих исследований
  - Рекогносцировочные ГГИ
  - Гидрогеологическая съемка и картирование
  - Буровые и горные работы
  - Полевые опытно-фильтрационные исследования (ОФР- ОТКАЧКИ, НАГНЕТАНИЯ, НАЛИВЫ)
  - Моделирование фильтрации подземных вод
  - Лабораторные исследования
  - Режимные наблюдения и прогнозы
  - Палеогидрогеологические исследования
- 

# Основные виды ГГИ

Сбор, обобщение и анализ материалов предыдущих исследований

Рекогносцировочные ГГИ

Гидрогеологическая съемка и картирование

Буровые и горные работы

Полевые ОФР- ОТКАЧКИ, НАГНЕТАНИЯ, НАЛИВЫ

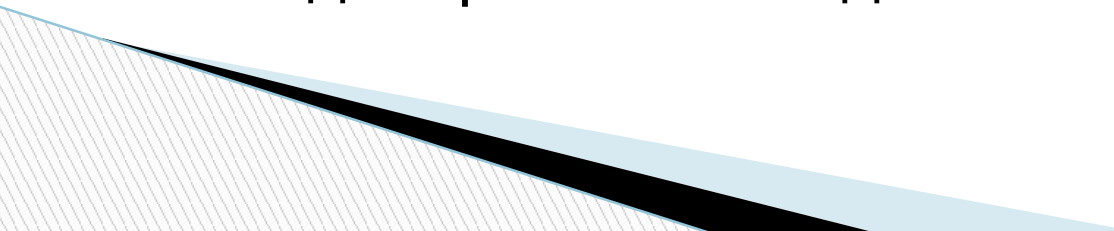
Моделирование фильтрации подземных вод

Лабораторные исследования

Режимные наблюдения и прогнозы

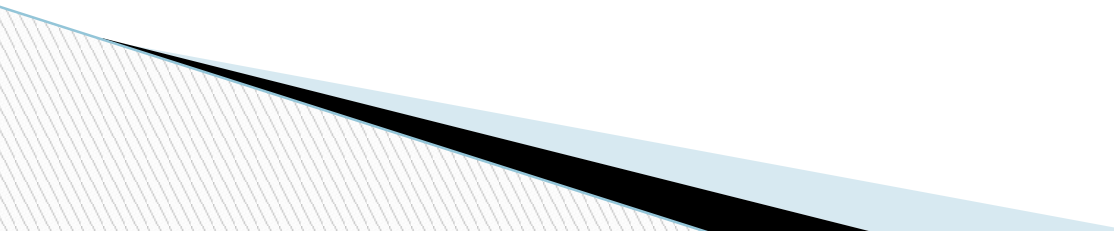
Палеогидрогеологические исследования

# Дополнительные методы исследований

- Геофизические:
    - Наземные (площадные)
    - Геофизические исследования скважин (ГИС);
  - Балансово-гидрометрические;
  - Гидрологические;
  - Гидрогеохимические, в.т.ч. изотопные;
  - Геоботанические;
  - Геоморфологические;
  - Аэронаблюдения и съемки, дешифрирование;
  - Ландшафтные исследования
- 



# Общие принципы проведения ГГИ

- Полноты исследований
  - Последовательных приближений
  - Равномерности изучения
  - Наименьших трудовых и материальных затрат, затрат времени
  - Рационального и комплексного использования природных ресурсов
- 

# Принцип полноты исследований

- Заключается в необходимости изучения не только ГГУ в отдельных точках и на отдельных участках, но и всей изучаемой площади (месторождения ПВ)
- **Для МПВ необходимо изучение:**
- областей фильтрации (питания, разгрузки, транзита)
- выявление естественных или искусственных границ пласта, границы должны изучаться как в плане, так и в разрезе.
- Этот принцип включает и попутное изучение других полезных ископаемых, залегающих совместно с подземными водами, а также встречающихся слабоминерализованных, минеральных и других типов вод.
- Однако не надо понимать, что принцип полноты исследований требует исчерпывающего изучения месторождения. Степень изучения отдельных участков будет разная: на одних участках более детальная, на других – менее детальная. Такая полнота исследований позволяет в случае увеличения добычи подземных вод (расширения водозабора) не производить всей разведки сначала, а воспользоваться имеющимися данными с небольшими дополнительными исследованиями с целью детального изучения всего месторождения.

# Принцип последовательного изучения

- Заключается в постепенном наращивании знаний о месторождении или участке. Изучение осуществляется поэтапно (последовательно) от общего к частному.
- Последовательное изучение проявляется в стадийности гидрогеологических исследований.
- Выделяются следующие **стадии изучения месторождений подземных вод**:
  - - гидрогеологическая съемка и региональная оценка прогнозных ресурсов;
  - - поисково-оценочные работы;
  - - предварительная разведка;
  - - детальная разведка;
  - - эксплуатационная разведка.
- Стадийность в каждом конкретном случае обосновывается в зависимости от сложности гидрогеологических условий, значимости объекта и других факторов.

# Принцип равномерности изучения

- ▣ *Принцип равномерности изучения* с учетом гидрогеологической неоднородности объекта и стадии работ предполагает более или менее равномерное освещение изучаемого месторождения (участка) для получения правильного представления о его особенностях.
- ▣ Участки со сложными гидрогеологическими условиями должны изучаться полнее, с проведением бóльшего объема работ.
- ▣ В простых условиях, например, разведочные выработки могут разрежаться, кустовые откачки не проводятся и т.д.
- ▣ Инструкциями ГКЗ все типы месторождений подземных вод подразделяются по степени сложности гидрогеологических условий на три группы: с простыми, сложными и очень сложными гидрогеологическими условиями. Ко всем группам установлены требования к их изучению и обоснованию категорий разведанных запасов.

# Принцип рационального и комплексного использования природных ресурсов

- Этот принцип включает попутное изучение других полезных ископаемых, залегающих совместно с подземными водами, а также разных типов подземных вод – пресных, слабоминерализованных, минеральных, термальных промышленных.

# Буровые работы



# Выбор способа бурения



# **Выбор способа бурения скважины зависит от многих факторов:**

**целевого назначения скважины,**

**геолого-гидрогеологической ситуации и  
изученности района**

**технико-экономических оценок,**

**диаметра и глубины бурения,**

**требуемых дебитов**



# 2 основных способа :

**ударное**

**вращательное**



- ▣ Недостатком ударного бурения является, низкая скорость бурения, небольшая глубина проходки, большой расход обсадных труб, уменьшение удельной водоотдачи горных пород призабойной части скважины вследствие уплотнения.

# Вращательное бурение

- Вращательное бурение по характеристике заглубления подразделяется на бурение **сплошным и кольцевыми забоем**. Бурение **кольцевым забоем** носит название **колонкового**.
- **Вращательное бурение сплошным забоем** называется **роторным**.
- Этот способ широко используется для бурения скважин на воду.
- По методу поступления промывочного раствора, направлению циркуляции ее в пространстве скважины при бурении, а также по направлению выноса из скважины материала грунтов роторное бурение делится на два вида: **роторное с прямой и обратной промывкой**

# Роторное бурение

- При роторном бурении с прямым водотоком промывочный раствор из емкости (отстойника) подается насосом по штангам и бурильным трубам на забой скважины, откуда она вместе с частицами разбуренной породы по пространству между стенками скважины и боковой поверхностью бурильных труб поднимается на устье скважины и затем по лотку вновь поступает в отстойник. Разбор штанг при вращательном бурении с прямой подачей водного раствора представлен на рисунке.  
В качестве раствора для промывки при данном виде бурения используют глинистые растворы или растворы клеящих веществ различного удельного веса (в зависимости от удельного веса разбуриваемых пород), благодаря чему не требуется крепление стенок скважины в пределах значительных (до сотни метров) интервалов. Это является большим преимуществом роторного бурения с прямой промывкой в отличие от ударно-канатного. Однако вследствие глинизации водоносных пород, как правило, снижается производительность скважины.  
При бурении с обратной промывкой промывочный раствор из отстойника сам движется в буровую скважину – в пространство между ее стенками и боковой поверхностью бурильной колонны труб – и движется к забою скважины. С забоя промывочная жидкость вместе с частицами разбуренной породы через отверстия в долоте с помощью насоса, установленного на поверхности земли у скважины, или с помощью эрлифта засасывается в бурильную колонну труб и по штангам сбрасывается в отстойник.  
При бурении с «обраткой» используют чистую воду, для промывки ствола скважины. Бурение этим способом можно вести в пределах больших интервалов без обсадки, как и при роторном способе с прямой промывкой. Стенки скважин при этом удерживаются от обрушения постоянным избыточным давлением столба воды в скважине, равным не менее 0,3 атм над естественным статическим уровнем воды в скважине.  
Бурение с обратной промывкой имеет ряд преимуществ по сравнению как с ударным способом бурения, так и роторным с прямой промывкой: большая скорость бурения, малый расход обсадных труб, возможность проходки скважин больших диаметров с обсыпкой фильтров песчано-гравийным материалом слоями большей толщины, чем в скважинах ударно-канатного бурения, исключение глинизации водоносных пород (сравнивая с вращательным способом и прямой подачей воды). Роторное бурение наиболее эффективно применяется на территориях с хорошо изученным геолого-гидрогеологическим строением и для организации буровых скважин на напорные водоносные горизонты.  
<http://formatvody.ru/zapasyi-podzemnyih-vod/>

# Реактивно – турбинный способ бурения

- К вращательному способу с прямым поступлением раствора относится и реактивно-турбинный, при котором долото приводится в движение помывочной жидкостью. При этом способе к бурильной колонне присоединяют два спаренных турбобура. Возникающий при вращении турбобуров реактивный момент не гасится в неподвижно закрепленном роторе, как это имеет место в обычных турбобурах, а совершает полезную работу – вращает всю систему спаренных турбобуров. Этим обеспечивается равномерное разрушение пород по всему пространству забоя скважины.

# Шнековое бурение



**Преимуществами** такого способа являются **скорость бурения**, при бурении по несвязным грунтам можно делать длинные буровые рейсы. Основным **недостатком** является **закупорка порового пространства** водоносного горизонта и как следствие **уменьшение дебитов** скважины. Для бурения скважин ударно – канатным способом применяются станки УКС-22М, УКС-30 (), а при роторном способе – станки УРБ-2А2, УРБ-5 российского производства.

# Условия применения

**Ударно-канатный**

**В рыхлых и скальных породах при глубине забоя скважин до 140 м.**

**Роторный с прямой промывкой**

**В несвязных, песчанистых, текучих-мягкопластичных и скальных грунтах при глубине скважин до 500 м и более. Предусматривается возможность разглинизации скважин, а в безнапорных водоносных горизонтах скальных пород использование для промывки чистой воды.**

**Комбинированный (ударно-канатный и роторный)**

**В сложных гидрогеологических условиях при глубине скважин свыше 150 м. Ударный — до глубины 150 м в безнапорном или слабонапорных водоносных горизонтах и при частом чередовании водоносных и непроницаемых слоев; роторный — в безводных (водоупорных породах).**

# Условия применения

Роторный с обратной промывкой

В рыхлых породах при глубине скважин 400-500 м, в России обычно бурят скважины этим способом до глубины 200м. Обеспечивается возможность бурения скважин на всю глубину диаметром 1000мм и более.

Реактивно-турбинный

В рыхлых, текуче-тугопластичных и скальных породах при глубине скважин более 200 м и диаметре свыше 1000 мм.

Колонковый

В скальных породах при диаметре скважин до 200 мм.

Шнековый

Рекомендуется преимущественно при бурении в несвязных грунтах (пески, гравийно-галечниковый грунт), диаметр бурения до 200 мм, глубина забоя скважины бурения менее 200 м.



# Опытно- фильтрационные работы (ОФР)

- откачки
- наливывы
- нагнетания
- экспресс-откачки
- экспресс- наливывы
- ОФР

# ОФР

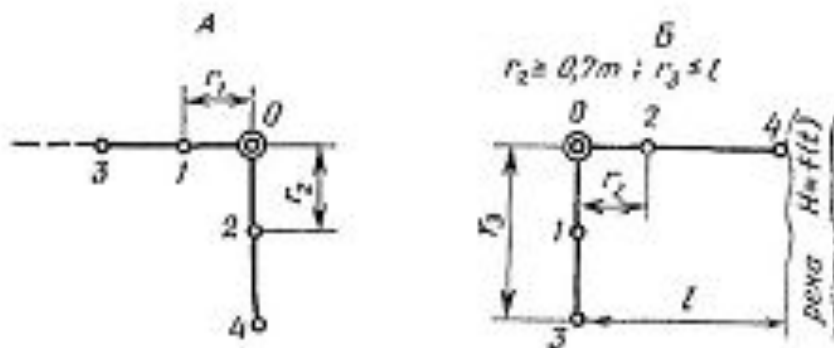


Рис 28 Схема опытного куста, А — в неограниченном пласте, Б — при связи пласта с рекой.  
0 — опытная скважина, 1, 2, 3, 4 — наблюдательные скважины

# Откачки

- пробные
- опытные
- опытно-эксплуатационные
- эксплуатационные

**Откачки из скважин** являются основным (наиболее массовым) видом опытно-фильтрационных работ. По своему назначению, организации и получаемым результатам они подразделяются на *пробные, опытные* и *опытно-эксплуатационные*.

*Пробные* откачки являются основным видом опробования картировочных скважин, но также выполняются на всех типах гидрогеологических скважин перед их дальнейшим использованием в качестве опытных, разведочно-эксплуатационных и др. Они обычно бывают кратковременными (одна бригадосмена 6—10 ч, реже более) с одним понижением уровня. Основными задачами

пробных откачек является прочистка (прокачка) скважины после окончания буровых работ, определение удельного дебита скважины, который является удобной сравнительной характеристикой водообильности различных водоносных горизонтов или интервалов ( $q_{уд} = Q/S$ , где  $Q$  — дебит скважины, л/с, м<sup>3</sup>/ч и др.;  $S$  — величина понижения уровня воды при откачке, м), ориентировочная оценка проводимости водоносного горизонта ( $T = Km$ , м<sup>2</sup>/сут), отбор пробы воды для определения химического состава.

# Откачки

*Опытные* откачки являются основным методом оценки фильтрационных (гидродинамических) параметров водоносных и слабопроницаемых пород: коэффициентов фильтрации, водопроницаемости, пьезо- и уровнепроводности, водоотдачи, параметров перетекания и др. По схеме проведения опыта они подразделяются на *одиночные* и *кустовые* откачки. Одиночные опытные откачки в отличие от пробных выполняются с двумя-тремя понижениями уровня и дают только дополнительную возможность оценки зависимости дебита скважины от величины понижения уровня:  $Q = f(s)$ .

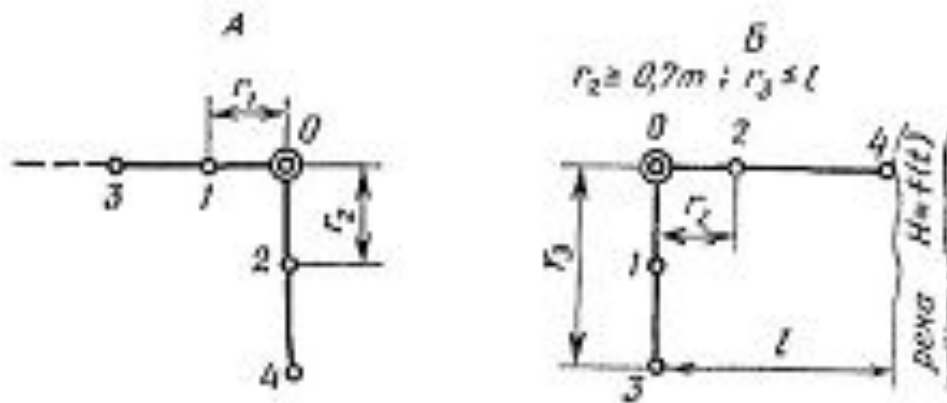


Рис 28 Схема опытного куста, А — в неограниченном пласте, Б — при связи пласта с рекой. 0 — опытная скважина, 1, 2, 3, 4 — наблюдательные скважины

# Кустовые откачки

Схема проведения *кустовых опытных* откачек предусматривает оборудование кроме опытной скважины, из которой осуществляется откачка, нескольких *наблюдательных* скважин, по которым ведется регистрация изменений положения уровня и реже минерализации подземных вод в процессе проведения опыта. В зависимости от задач опыта наблюдательные скважины оборудуются непосредственно на испытуемый пласт (один или два луча при необходимости оценки анизотропии пласта) или на смежные водо-

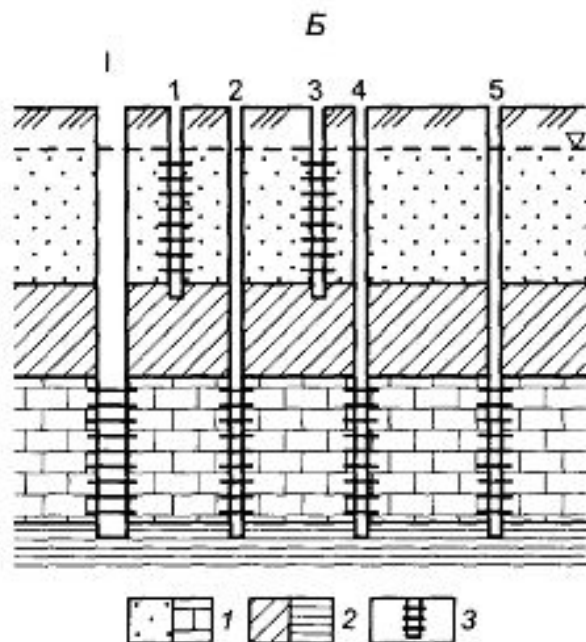
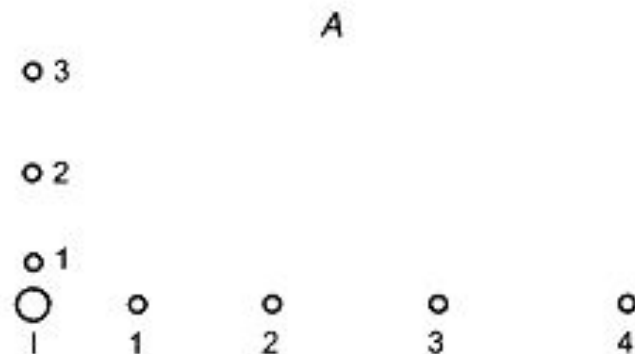


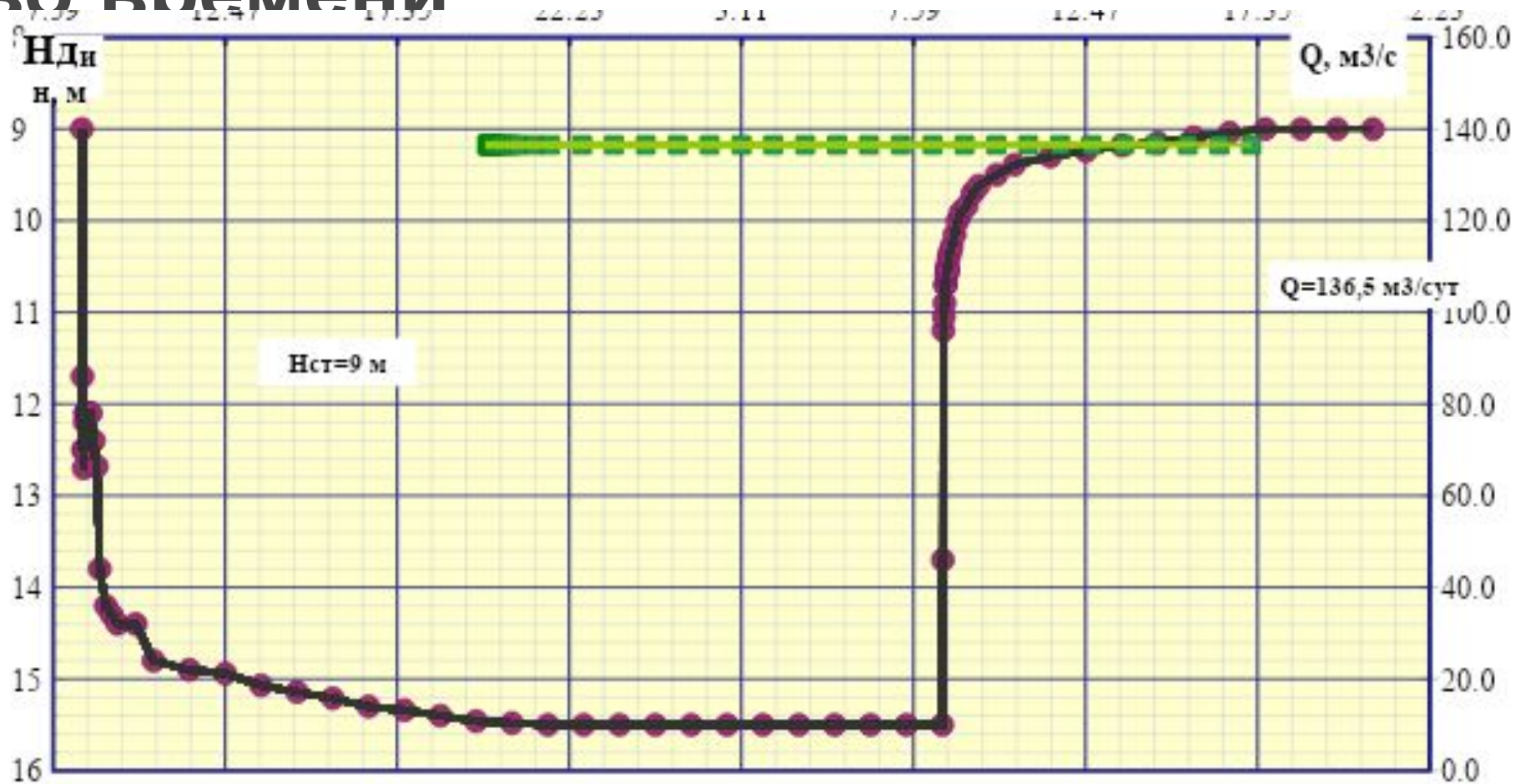
Рис. 18.3. Схемы размещения скважин при проведении кустовых откачек. А — в плане, при оценке параметров (анизотропии) пласта по двум направлениям; Б — в разрезе, при исследовании взаимодействия двух, ясно залегающих водоносных горизонтов. 1 — опытные скважины; 1-5 — наблюдательные скважины; 1 — водоносные породы, 2 — слабопроницаемые породы, 3 — фильтры опытных и наблюдательных скважин



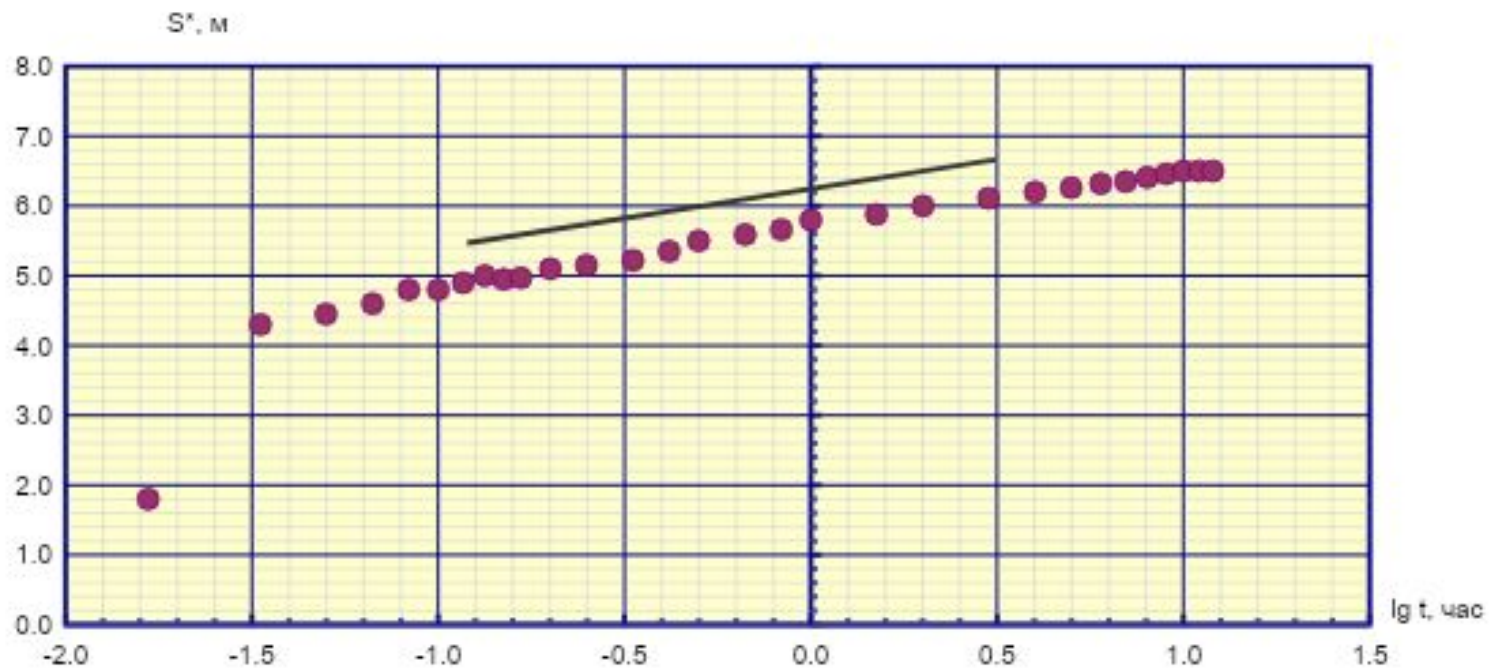
Расстояния наблюдательных скважин от опытной определяются предварительным расчетом исходя из того, чтобы в наиболее удаленной скважине (рис. 18.3) величина понижения уровня в процессе опыта была больше возможной погрешности его определения.

$$r_n = r_1 * \alpha^{n-1}$$

# Графики зависимости динамического уровня и дебита во времени



# График временного прослеживания уровня (S-Ig t)





# Уравнение Тейса

Для неограниченного в плане напорного водоносного горизонта в рыхлых породах снижение уровня во времени на некотором расстоянии от откачиваемой скважины описывается уравнением Тейса

$$S = \frac{Q}{4\pi km} \left[ -E_i \left( -\frac{r^2}{4at} \right) \right], \quad (12.1)$$

где  $S$  — понижение напора в пласте на расстоянии  $r$  от опытной скважины через время  $t$  после начала откачки;  $Q$  — дебит опытной скважины;  $km$  — водопроницаемость водоносного горизонта;  $E_i$  — символ интегральной показательной функции;  $a$  — коэффициент пьезопроводности.

С возрастанием времени аргумент функции  $E_i$  уменьшается, и при  $r^2/(4at) \leq 0,1$  можно заменить ее логарифмом с погрешностью менее 7,8 % и записать уравнение (12.1) в логарифмической форме

$$S = \frac{0,183Q}{km} \lg \frac{2,25at}{r^2}. \quad (12.2)$$

# Время наступления квазистационарного режима фильтрации

$$t_k = 2,5r_k^2/a; \quad r_k = 1,58\sqrt{at_k}$$

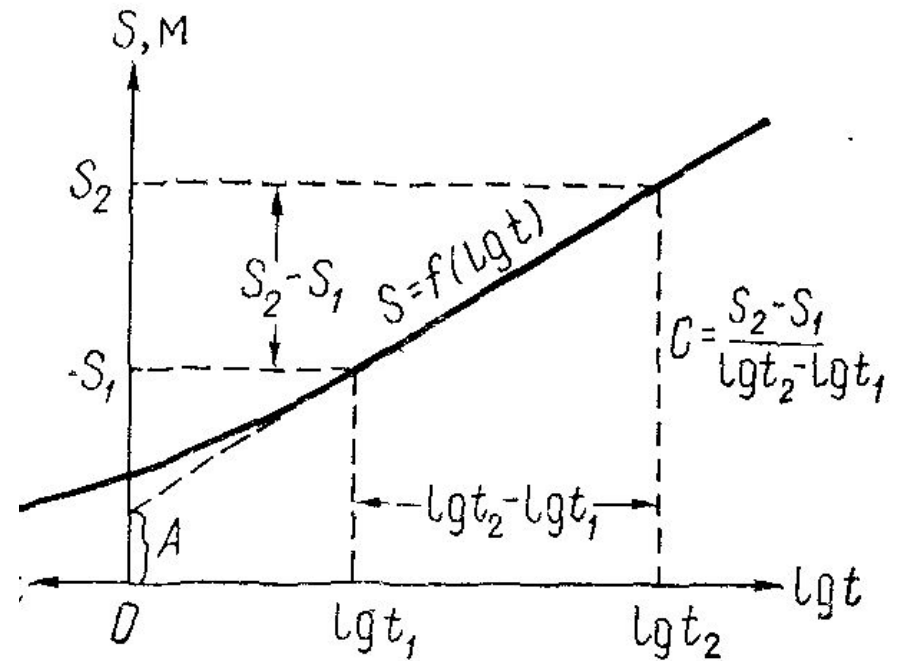
Уравнение (12.2) можно представить в виде уравнения прямой линии в координатах  $S$ — $\lg t$ :

$$S = A + C \lg t, \quad (12.3)$$

где

$$A = \frac{0,183Q}{km} \lg \frac{2,25}{r^2};$$

$$C = 0,183Q/km$$



# Преобразование ур-я Тейса

в координатах:

**S-lgt** -временное, **S-lgr**- площадное, **S-lg t/r<sup>2</sup>**-  
комбинированное прослеживание уровня

$$S = A_t + C_t \lg t; \quad A_t = \frac{0,183Q}{km} \lg \frac{2,25a}{r^2}; \quad C_t = \frac{0,183Q}{km};$$

Временное прослеживание

(12.8)

$$S = A_r + C_r \lg r; \quad A_r = \frac{0,183Q}{km} \lg 2,25at;$$

$$C_r = \frac{0,366Q}{bm};$$

(12.9)

Площадное прослеживание

$$S = A_k + C_k \lg \frac{t}{r^2}; \quad A_k = \frac{0,183Q}{km} \lg 2,25a;$$

$$C_k = \frac{0,183Q}{km}.$$

(12.10)

Комбинированное прослеживание

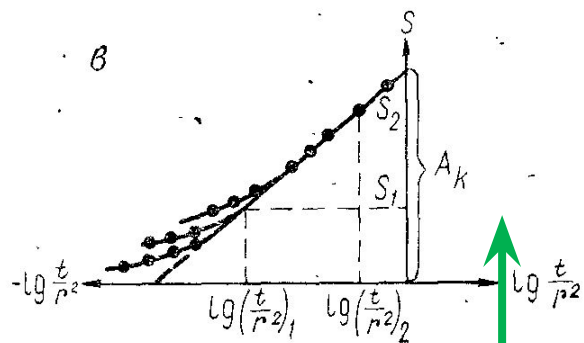
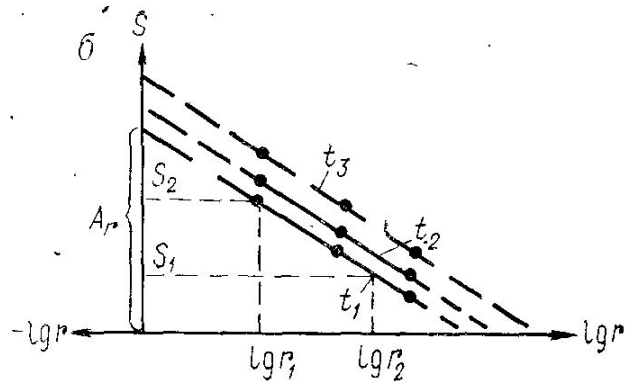
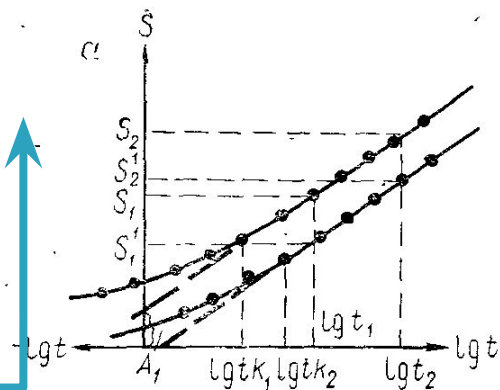


Рис. 31. Графики прослеживания снижения уровня в наблюдательных скважинах:

а — временное прослеживание  $C_t = \frac{S_2 - S_1}{\lg t_2 - \lg t_1}$ ; б — площадное прослеживание  $C_r = \frac{S_2 - S_1}{\lg r_2 - \lg r_1}$ ; в — комбинированное прослеживание  $C_k = \frac{S_2 - S_1}{\lg \left(\frac{t}{r^2}\right)_2 - \lg \left(\frac{t}{r^2}\right)_1}$

нам — коэффициент пьезопроводности:

$$km = \frac{0,183Q}{C_t};$$

$$\lg \alpha = \frac{A_t}{C_t} + 2 \lg r - 0,35; \quad (12.11)$$

$$km = \frac{0,366Q}{C_r};$$

$$\lg a = \frac{2A_r}{C_r} - \lg t - 0,35; \quad (12.12)$$

$$km = \frac{0,183Q}{C_k};$$

$$\lg \alpha = \frac{A_k}{C_k} - 0,35. \quad (12.13)$$

# Наливы и нагнетания

Опытные нагнетания и наливы могут проводиться при установившемся и неуставившемся режимах фильтрации. Вблизи опытной скважины при нагнетаниях возникает напорная или напорно-безнапорная фильтрация, а при наливах — только безнапорная.

Методика обработки результатов опыта в таких случаях мало отличается от изложенной ранее применительно к откачкам. Однако в условиях нагнетания более часто, чем при откачках, возникает необходимость учета потерь напора в трубах, а также некоторых других факторов, искажающих результаты опыта (температура и качество нагнетаемой воды, возможность проявления нелинейности, явления коагуляции, гидроразрыва и др.). Соответствующие расчетные зависимости для определения коэффициента фильтрации по результатам наливов и нагнетаний в водоносные породы (формулы Ж. Дюшон, В. Д. Бабушкина, П. Н. Веригина, В. М. Насберга и др.) для совершенных и несовершенных скважин приведены в справочной и специальной литературе (5, 10—15, 19).

Опытные нагнетания в скальные и полускальные породы позволяют оценить не только водопроницаемость, но и их относительную трещиноватость, условной характеристикой которых является удельное водопоглощение  $q'$ , под которым понимают количество воды в литрах, поглощенной породой в минуту на 1 м длины опробуемого интервала скважины при напоре, равном 1 м. Удельное водопоглощение характеризует водопроницаемость и относительную трещиноватость пород данного интервала в среднем, так как может быть результатом наличия как многочисленных тонких трещин, пор и кавери, так и одной крупной трещины или полости.

Опытные нагнетания осуществляют обычно поинтервальным (стандартный интервал 5 м) при нескольких ступенях напора. По построенным в результате опыта графикам зависимости расхода и напора от времени определяют величины установившегося напора и расхода для каждой ступени напора и вычисляют величины приведенных расходов  $q_0$  (л/мин на 1 пог. м) путем деления установившегося расхода (л/мин) на длину интервала (м). Графики приведенных расходов  $q_0 = f(H)$  служат для контроля правильности проведения опыта и являются основой для определения удельного водопоглощения. Аналогично кривым дебита при откачках, эти графики могут иметь прямолинейный и криволинейный (параболический, степенной) характер.

Установленное в результате опытов удельное водопоглощение  $q'$  используется для сопоставительной характеристики водопроницаемости опробованных отложений, выделения наиболее и наименее проницаемых зон и ориентировочной оценки фильтрационных свойств. В последнем случае используется следующая формула В. Д. Бабушкина:

$$K = 0,525q' \lg \left( \frac{\alpha l}{r_c} \right), \quad (\text{IV.36})$$

где  $\alpha$  — коэффициент, принимаемый равным 0,66, если опробуемый интервал длиной  $l$  отстоит от ближайшего водоупора на расстоянии не меньшем, чем интервал опробования, и 1,32 при примыкании опробуемого интервала к одному из водоупоров.



*Нагнетания в скважину.* При нагнетании воды в сухие породы через скважину с постоянным расходом происходит изменение уровней образующегося местного потока. Наблюдения за положением уровня являются исходными данными для расчетов параметров. По Н. Н. Веригину, по данным о положении пьезометрического уровня воды в центральной и наблюдательных скважинах можно определить коэффициенты фильтрации  $K$  и активной пористости  $\mu$  следующим методом.

При наличии двух замеров уровня воды  $h_1$  и  $h_2$  над кровлей водоносного горизонта в центральной скважине, соответствующих моментам времени  $t_1$  и  $t_2$  (время отсчитывается от начала опыта в сутках), используются следующие расчетные формулы: для определения коэффициента фильтрации

$$K = \frac{0,183Q}{m(h_2 - h_1)} \lg \left( \frac{t_2}{t_1} \right), \quad (\text{IV.37})$$

для определения активной пористости

$$\lg \mu = \lg \frac{Qt_1}{\pi m r_c^2} - d \lg \left( \frac{t_2}{t_1} \right), \quad \text{где} \quad d = \frac{h_1 + 0,5m}{h_2 - h_1}. \quad (\text{IV.38})$$

При наличии наблюдательной скважины, в которой фиксируется время появления воды от начала опыта  $t_n$ , расчеты параметров ведутся соответственно по формулам:

$$K = \frac{0,356Q}{(h_n + 0,5m) m} \lg \left( \frac{r}{r_c} \right) \text{ и } \mu = \frac{Qt_n}{\pi m (r^2 - r_c^2)}, \quad (\text{IV.39})$$

где  $h_n$  — столб воды в центральной скважине в момент появления воды в наблюдательной скважине.

*Наливы в скважину по методу В. М. Насберга.* Для определения коэффициента фильтрации сухих пород при глубоком залегании грунтовых вод по методу Насберга вода наливается в скважину так, что ее уровень не превышает верхней части фильтра. Для вычисления коэффициента им рекомендуется следующая расчетная формула (19):

$$K = 0,423 \frac{Q}{h_c^2} \lg \left( \frac{2h_c}{r_c} \right), \quad (IV.40)$$

где  $h_c$  — созданная наливом высота столба воды в скважине над нижним концом фильтра ( $h_c = \text{const}$ ).

Формула применима в однородных изотропных породах при условии  $50,0 < h_c/r_c < 200$ , т.е. для скважин диаметром от 50 до 400 мм при столбе воды в них 5—10 м (рис. 30).

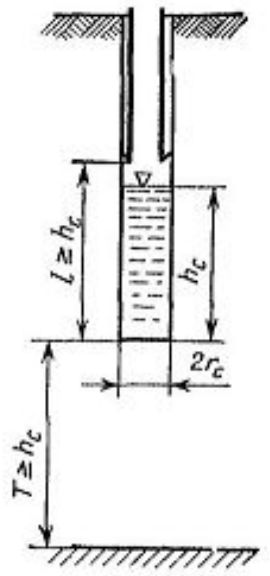


Рис. 30. Схема опытного налива в водоносные породы по методу В. М. Насберга

**Опытные наливыв в шурфы.** Наиболее распространенным и разработанным методом изучения фильтрационных свойств связных и рыхлых пород зоны аэрации являются опытные наливыв в шурфы, которые обеспечивают фильтрационное опробование пород на глубину до 5 м (при ярусном проведении опытов на глубину до 10—15 м).

Сущность опытов заключается в наблюдениях за ходом инфильтрации воды из шурфов и снятии характеристик инфильтрационного потока в условиях постоянного уровня воды в шурфе в процессе опыта. Метод инфильтрации воды из шурфов, предложенный впервые А. К. Болдыревым, применяется сейчас в различных модификациях (по Н. С. Нестерову, Н. К. Гиринскому, Н. Н. Биндеману

# Наливы в шурфы

В процессе опыта ведется учет расхода воды на инфильтрацию (для контроля опыта строится график  $Q=f(t)$ ). По достижении стабилизации расхода (отклонение от среднего расхода не более 10% в течение 2—3 ч) опыт прекращается. Длительность опыта в мелкозернистых песках и супесях 5—10 ч, в глинистых породах больше.

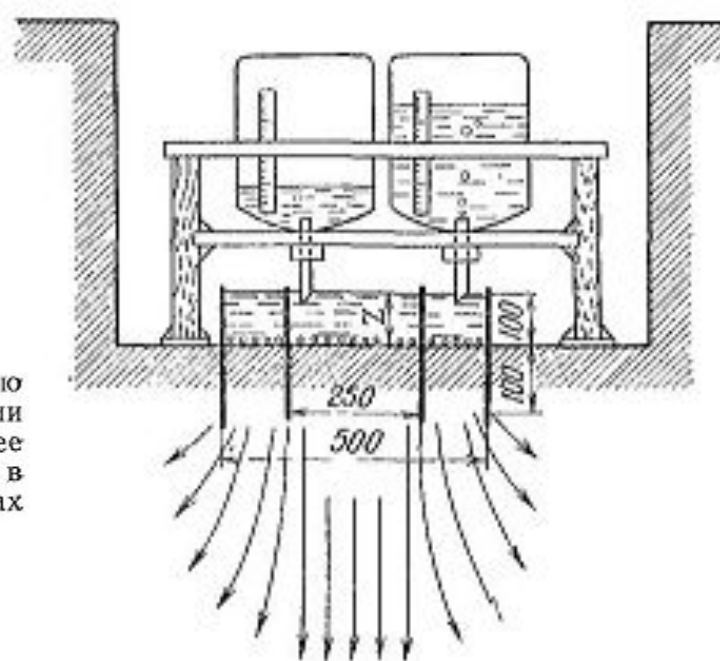


Рис 32 Схема установки для опытов по инфильтрации из шурфа по способу Н. С. Нестерова (цифрами даны размеры установки в мм)

$$K=Q / F$$

Для определения глубины просачивания бурятся две скважины небольшого диаметра: одна — на расстоянии 3—4 м от стенки шурфа до опыта и другая — в центре внутреннего кольца по окончании опыта. Глубина просачивания устанавливается по величине влажности породы. Вычисление коэффициента фильтрации ведется по формуле

$$K = \frac{Ql}{\omega (h_k + Z + l)}, \quad (IV.45)$$

где  $Q$  — установившийся фильтрационный расход через внутреннее кольцо опытной установки;  $l$  — глубина просачивания воды от шурфа за время опыта;  $Z$  — слой воды в кольцах

# Экспресс-методы

- Основано на реакции опробуемых объектов на кратковременное возмущение.
- Используют для предварительной оценки фильтрационных параметров и расчленения разреза по проницаемости в процессе бурения (опережающее опробование) и после окончания бурения: экспресс-откачки и наливов, расходомерия, темометрия и др)

# Экспресс-методы

## Опережающее опробование

$$K = \frac{0,366Q \left( \lg \frac{1,47l}{\varepsilon r_0} + \zeta_{\Phi} \right)}{lS_p}, \quad (\text{IV.49})$$

где  $l$  — длина фильтра-опробователя (обычно 1—2 м);  $r_0$  — его радиус;  $\varepsilon$  — коэффициент, равный 2 при расположении фильтра у кровли или подошвы пласта и 1 при положении фильтра внутри пласта;  $S_p$  — расчетное понижение уровня с учетом потерь напора  $\Delta S$  в бурительных трубах ( $S_p = S_0 - \Delta S$ );  $\zeta_{\Phi}$  — показатель сопротивления стандартного фильтра-опробователя (в зависимости от типа фильтра и пород изменяется от 1,5 до 6,5).



*Экспресс-налив (откачка) в совершенную скважину.* Обработка результатов таких опытов возможна по методике Б. С. Шержукова и Н. И. Гамаюнова. С помощью серии эталонных кривых определяются последовательно водоотдача и коэффициент фильтрации опробуемых пород (1, 14, 15). Менее трудоемка оценка водопроницаемости на основе приближенной зависимости, определяющей изменение уровня на конечных стадиях опытов:

$$S_t = \frac{V}{4\pi T t}, \quad (IV.50)$$

где  $S_t$  — повышение или понижение уровня через время  $t$  после опыта;  $V = \omega \cdot S_0$  — объем воды, прилитой (или отобранной) в процессе возмущения ( $\omega$  — сечение скважины,  $S_0$  — повышение или понижение уровня воды при экспресс-опробовании)

Обработка опыта может проводиться графоаналитическим способом — построением графика  $S_t = f(1/t)$ , который, как это видно из уравнения (IV.50), представляет собой прямую линию с угловым коэффициентом  $B = V/4\pi T$ . Следовательно, по величине  $B$  может быть определена водопроницаемость  $T = V/4\pi B$ . В принципе по любой точке прямолинейной части графика  $S_t = f(1/t)$  водопроницаемость может быть определена по формуле

$$T = \frac{V}{4\pi S_t t} = 0,08 \frac{V}{S_t t}. \quad (IV.51)$$

Экспресс-налив (откачка) в несовершенную скважину. В условиях квазистановившейся фильтрации и при отсутствии влияния границ потока для анализа результатов экспресс-наливов (откачек) в несовершенные скважины рекомендуется использовать зависимость (15):

$$\ln \frac{S_0}{S_t} = \frac{K l_p}{\omega} t, \quad (\text{IV.52})$$

где  $S_0$  и  $S_t$  — положение уровня по отношению к статическому на начало опыта и через время  $t$ ;  $l_p$  — расчетная длина рабочей части

скважины, определяемая в зависимости от ее диаметра и размеров фильтра. Для несовершенной скважины с длиной фильтра  $l_0$  и радиусом  $r_c$ :

$$l_p = \frac{2,73 l_0}{\lg \left( \frac{0,7 l_0}{r_c} \right)}, \quad (\text{IV.53})$$

а для скважины, работающей только дном,  $l_0 = 10 r_c$ .

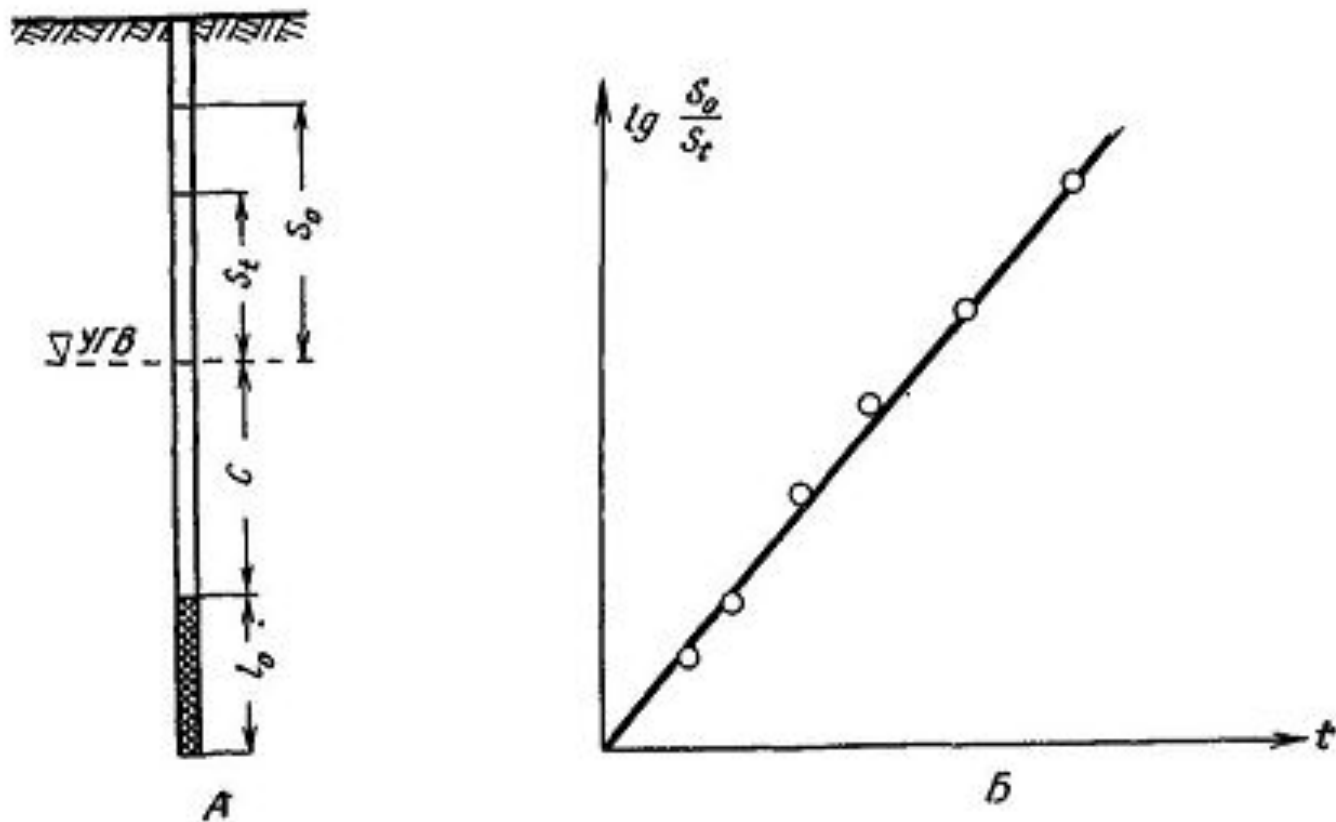


Рис. 35. Экспресс-налив в несовершенную скважину: А — схема опыта; Б — график

$$\lg \left( \frac{S_0}{S_t} \right) = f(t)$$

Из уравнения (IV.52) следует, что график зависимости  $\ln(S_0/S_t) = f(t)$  представляет собой прямую линию с угловым коэффициентом  $B = Kl_p/\omega$  (рис. 35), чем и можно воспользоваться при определении коэффициента фильтрации. Сняв с прямолинейной части графика  ~~$\lg(S_0/S_t) = f(t)$~~  величину углового коэффициента  $B$  или координаты любой ее точки  $\lg(S_0/S_t)$  и  $t$  коэффициент фильтрации определим по формулам

$$K = 2,3 \left( \frac{B\omega}{l_p} \right) \text{ или } K = 2,3 \left( \frac{\omega}{l_0 t} \right) \lg \left( \frac{S_0}{S_t} \right). \quad (\text{IV.54})$$

# РАСХОДОМЕТРИ

Расходомерия осуществляется в фонтанирующих скважинах, при откачках, наливах и нагнетаниях в условиях установившейся и реже не установившейся фильтрации подземных вод. Для этой цели скважина должна быть соответствующим образом оборудована и подготовлена (посадка фильтра, очистка от шлама, разглинизация, шаблонирование, прокачка, установка оборудования). На рис. 37 для примера показана схема установки расходомера в скважине при опробовании ее откачкой. При дискретных замерах расхода (практикуется наиболее часто) расходомер устанавливают в различных по глубине точках. Шаг установки прибора в зависимости от детальности и глубины исследований составляет 5—10 м при обзорных измерениях и 2—0,1 м при детальном измерении.

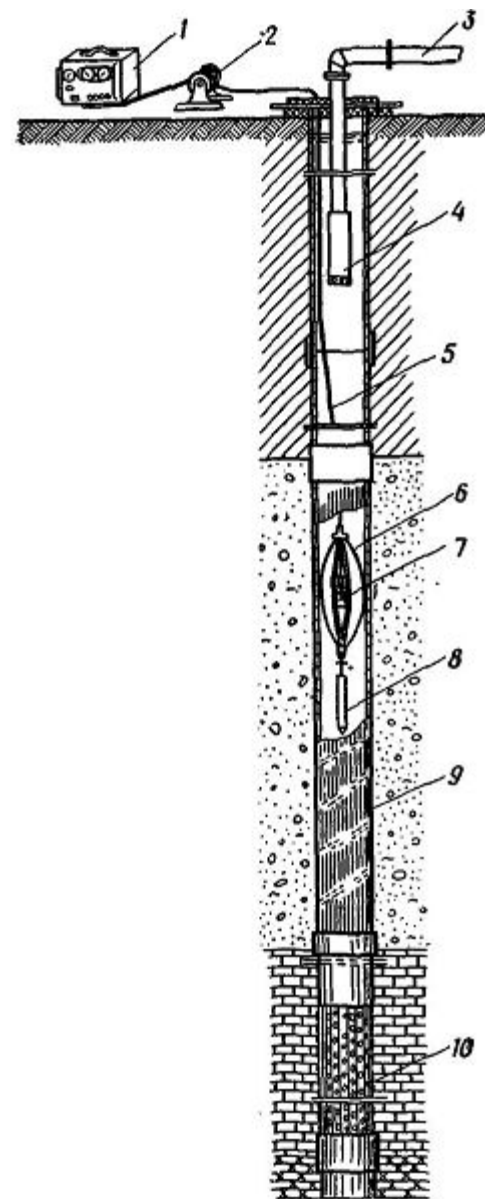


Рис. 37. Схема установки расходомера в скважине:

1 — пульт; 2 — лебедка; 3 — водоподъемные трубы; 4 — насос; 5 — кабель; 6 — центральная труба; 7 — расходомер; 8 — вертушка; 9 — груз; 10 — фильтр.

Расходомерия скважин. Суть метода заключается в определении и анализе профиля расхода потока по стволу скважины при наливе, откачке или в естественных условиях.

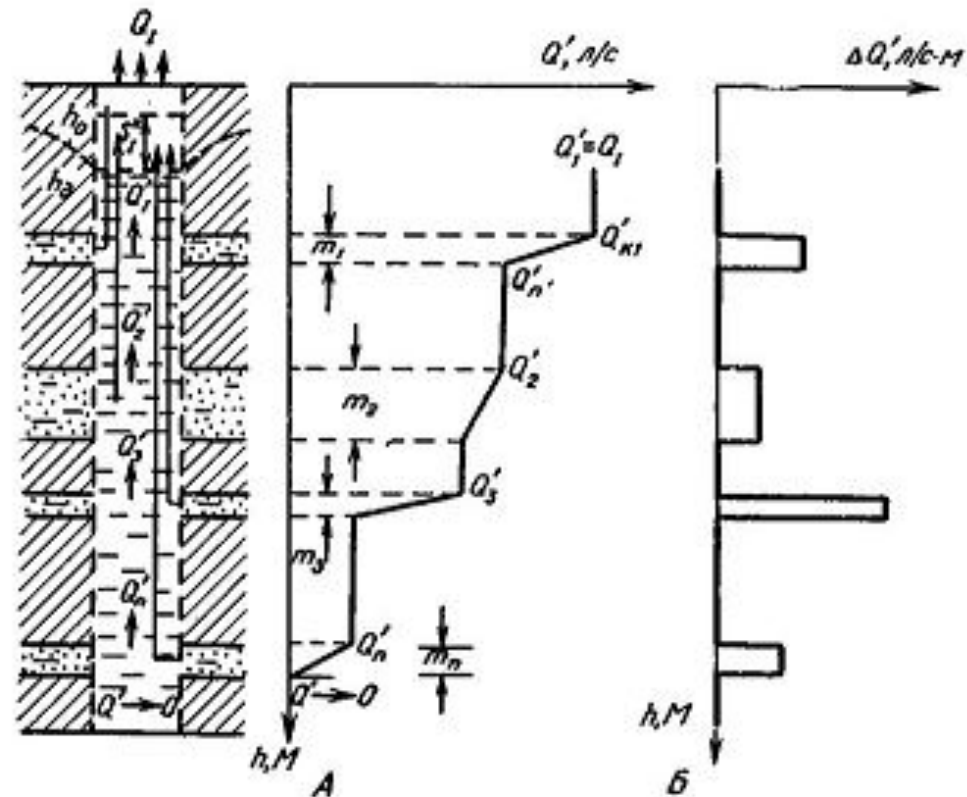


Рис. 36. Схема расходомерического исследования скважины при откачке: А — расходограмма  $Q' = f(h)$ ; Б — дифференциальная расходограмма  $\Delta Q' = f(h)$ ;  $h_0$  — установившийся общий уровень воды в скважине;  $h_d$  — динамический уровень воды в скважине при откачке

Расходомерию применяют в незаглинизированных породах. По расходограмме (график изменения расхода) определяют границы проницаемых пластов по точкам перелома. Расход воды определяют по разности расходов в кровле и подошве:

$$Q_i = Q_{i\text{кр}} - Q_{i\text{под}}$$

По графикам определяют характер неоднородности пластов, водопроницаемость и напоры определяют на основе гидродинамических расчетов с учетом пьезометрического уровня и суммарной водопроницаемости опробуемых пород

# Определение направления и скорости движения ПВ

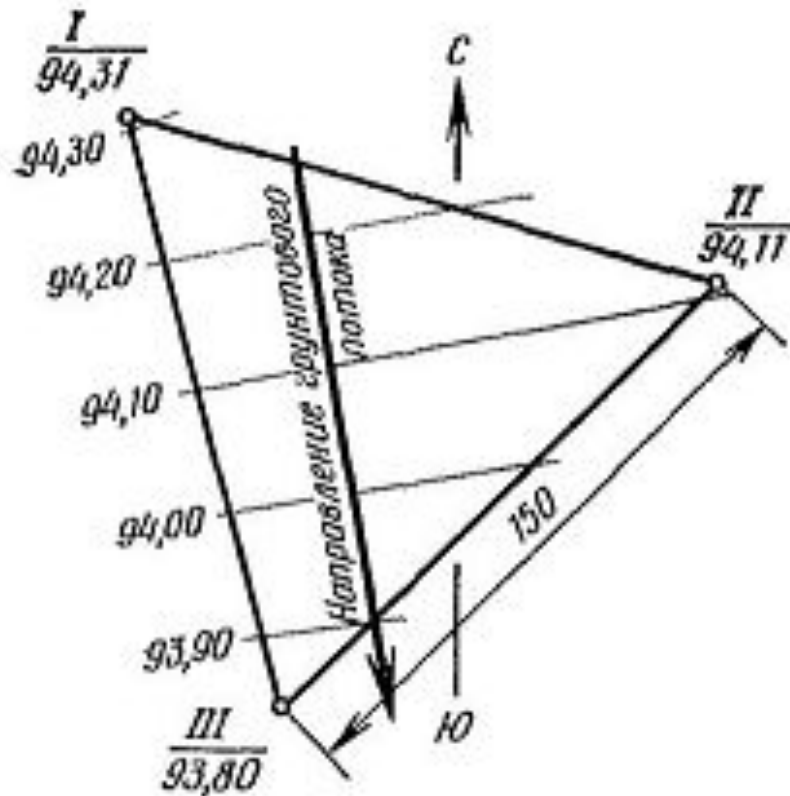


Рис 38. Схема расположения скважин для определения направления движения грунтовых вод



Индикаторные методы определения направления и скорости движения подземных вод. Одним из важнейших показателей миграции подземных вод является действительная скорость их движения или фильтрации  $v_d$ , которая связана со скоростью фильтрации  $v$  следующим соотношением:

$$v_d = \frac{v}{n_a}, \quad (\text{IV.55})$$

где  $n_a$  — активная в фильтрационном отношении пористость породы, равная разности между полной пористостью  $n_0$  и объемным содержанием связанной воды  $n_c$  и заземленного воздуха  $n_z$  (т. е.  $n_a = n_0 - n_c - n_z$ ).

В качестве наиболее часто практикуемых индикаторов используются красящие вещества (флюоресциин, метиленовая синька, родамин-В, уранин, эритрозин и др.), электролиты (поваренная соль, хлористый аммоний, соли лития и др.) и радиоактивные индикаторы (соединения, содержащие  $^{131}\text{I}$ ,  $^{82}\text{Br}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{51}\text{Cr}$  и др.).

Наблюдательные скважины для прослеживания передвижения индикатора закладываются ниже по потоку на расстоянии от 0,5 до 2 м в суглинистых и супесчаных породах, от 2 до 8 м в песчаных зернистых породах, от 5 до 15 м в гравийно-галечных и хорошо проницаемых трещиноватых породах и от 15 до 50 м и более в закарстованных породах. Количество наблюдательных скважин может изменяться от одной до трех при расстоянии между ними от 0,5 до 2 м. В принципе воз-

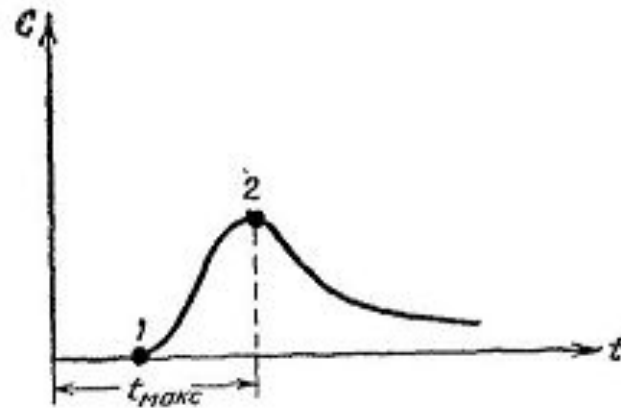


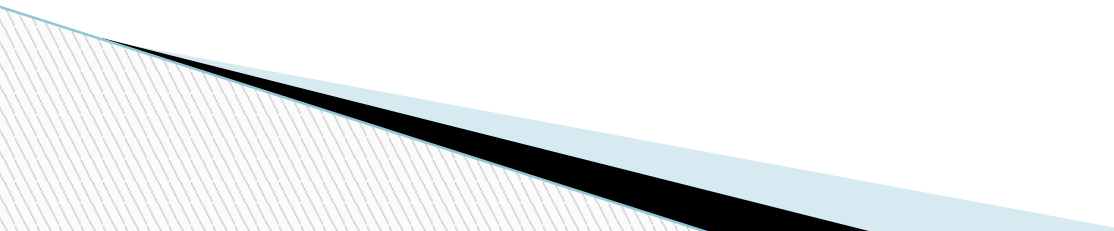
Рис 39 Изменение концентрации индикатора  $C$  в наблюдательной скважине во времени  $t$

1 — точка появления индикатора в наблюдательной скважине, 2 — точка максимальной концентрации индикатора

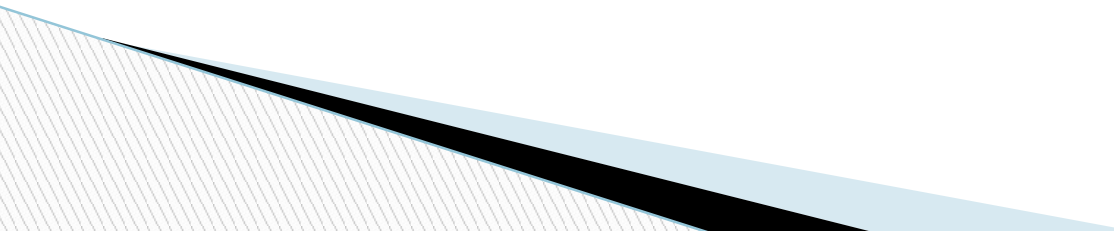
Время прохождения индикатора от пусковой до наблюдательной скважины  $t_{\text{макс}}$  исчисляется с момента его запуска в пусковую скважину до момента максимальной концентрации индикатора в наблюдательной скважине (рис. 39). Действительная скорость движения подземных вод  $v_d$  определяется как частное от деления пройденного индикатором расстояния  $l$  на время:  $v_d = l/t_{\text{макс}}$  (6, 21).

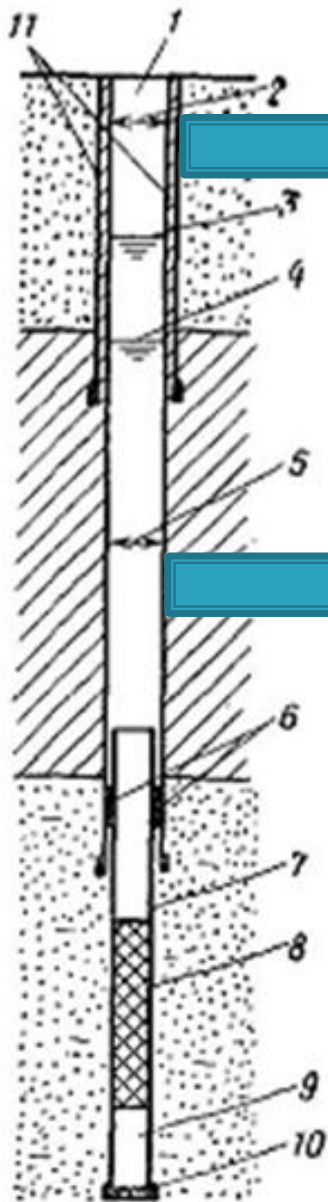
# **Изоляция водоносных горизонтов**

# Изоляция водоносных горизонтов

- Цели: качественное г-г опробование и эксплуатация водоносных горизонтов,
  - исключение перетоков между пластами,
  - перекрытие поглощающих горизонтов,
  - предотвращение загрязнения,
  - обеспечение устойчивости стенок скважин
- 

# Способы изоляции

- В зависимости от способов бурения и назначения скважин изоляция осуществляется:
  - Перекрытием обсадными трубами с задавливанием в глинистые слои;
  - Затрубной цементацией обсадных колонн;
  - Установкой цементных мостов, тампонов, сальников;
  - Применением пакеров, пластоиспытателей;
  - Специальными методами опробования водоносных горизонтов (раздельное опробование, опережающее опробование и др.)
- 



**Затрубная цементация  
обсадной колонны**

**Перекрытие  
обсадными трубами**

Рис. 8. Основные элементы конструкции гидрогеологической скважины:

1 — устье скважины; 2 — первая обсадная колонна, 3 — статический уровень воды; 4 — динамический уровень воды, 5 — эксплуатационная колонна, 6 — сальник, 7 — надфильтровая колонна, 8 — рабочая часть фильтра, 9 — отстойник; 10 — пробка; 11 — цементный стакан

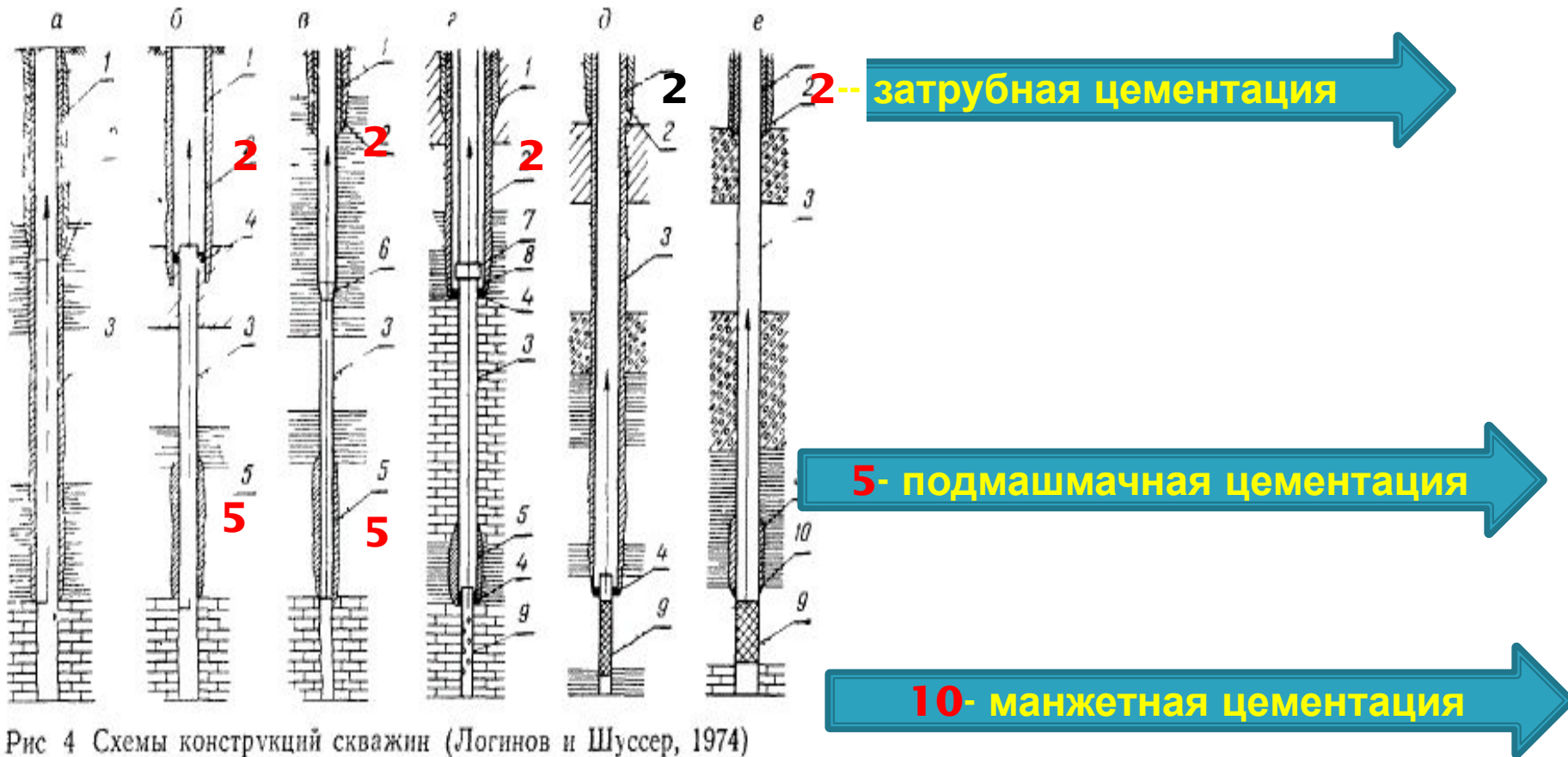


Рис 4 Схемы конструкций скважин (Логинов и Шуссер, 1974)

1 — кондуктор, 2 — затрубная цементация, 3 — эксплуатационная колонна, 4 — сальник, 5 — подмашмачная цементация 6 — переходник, 7 — муфта с левой резьбой, 8, 9 — техническая и фильтровая колонны 10 — манжета для цементации



# Технические приемы цементации

- С помощью заливочных трубок

1 — ствол скважины; 2 — обсадная колонна, 3 — заливочные трубки; 4 — манометр, 5 — крышка

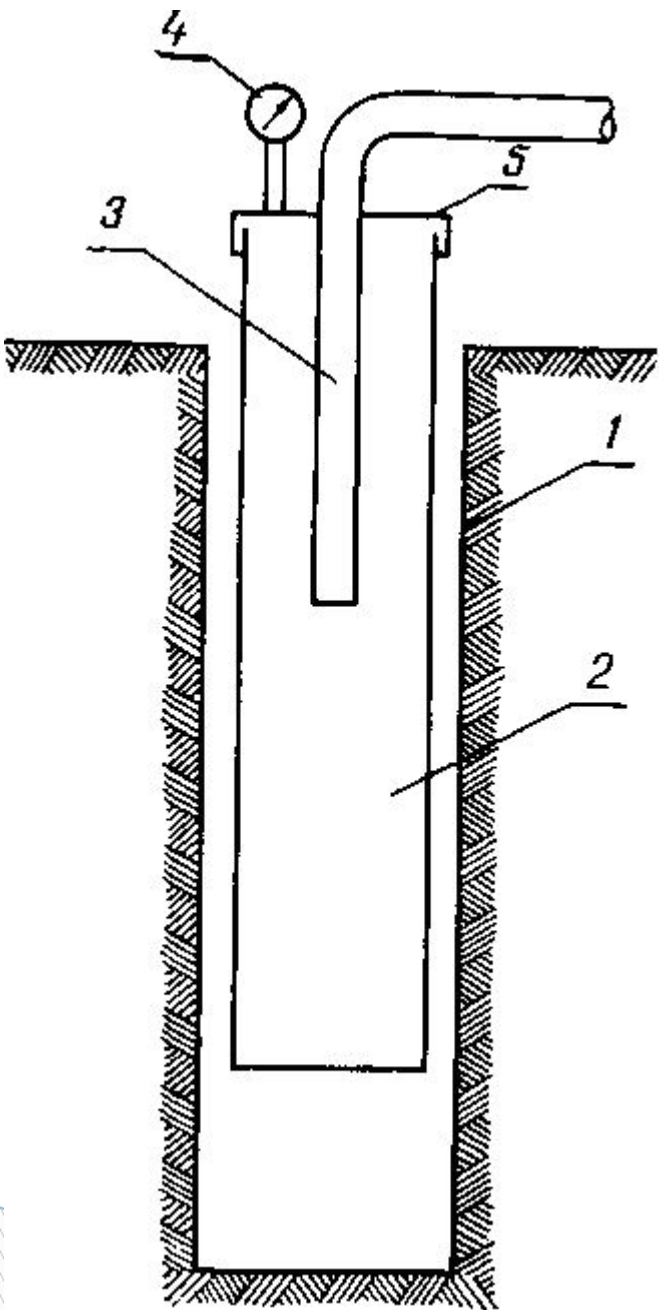


Рис. 10. Цементирующая головка 2ГУЦ-400.

1 — обвязка, 2 — корпус, 3 — крышка, 4 — накидная гайка, 5 — пробковый кран; 6 — цементирующая пробка, 7 — стопорный винт

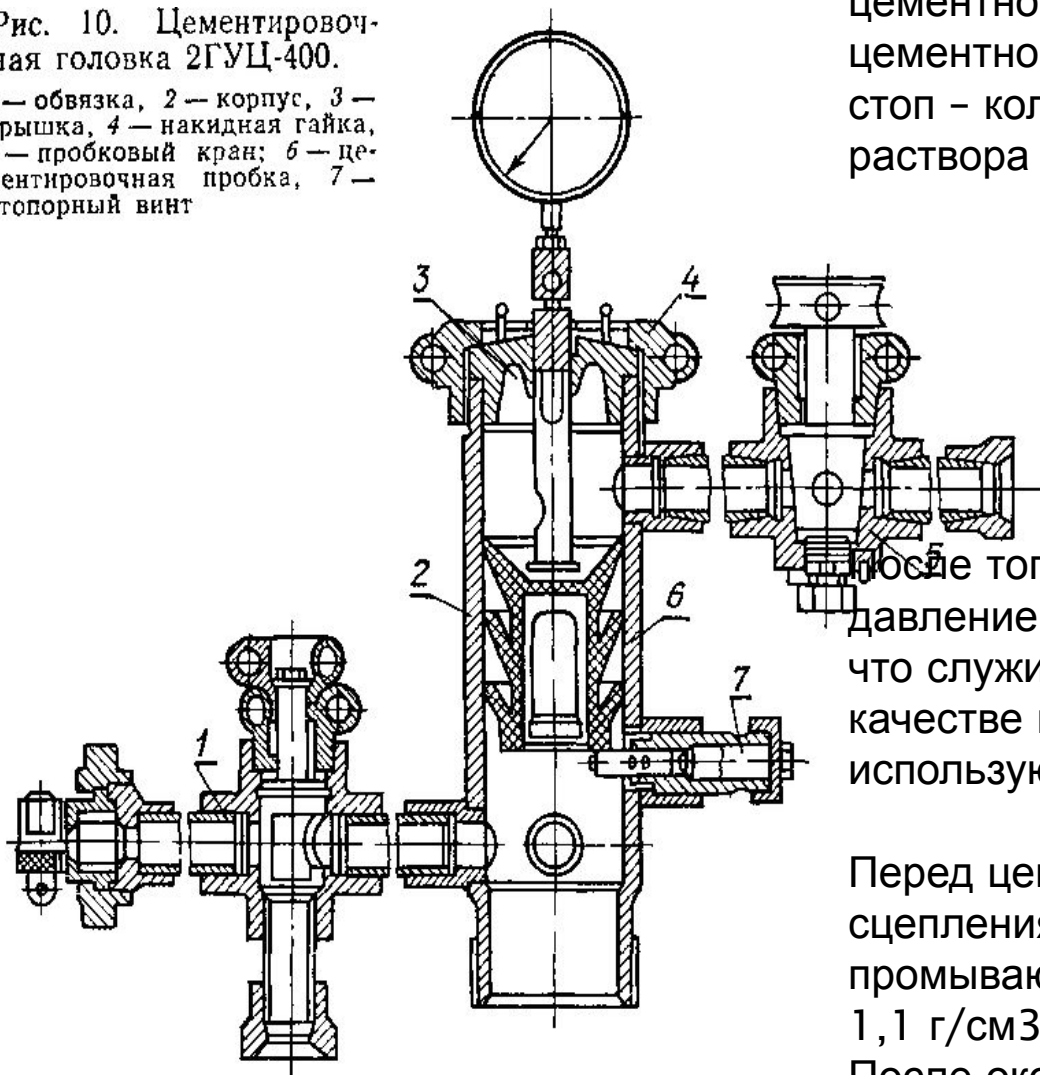


Схема цементирования; а — закачка цементного раствора, б — продавливание цементного раствора, в — посадка пробки на стоп — кольцо, г- продавливание цементного раствора в затрубное пространство.

После того как дойдет до кольца «стоп», давление на манометре резко повышается, что служит окончанием цементации. В качестве продавочной жидкости обычно используют глинистый раствор.

Перед цементированием для улучшения сцепления цемента со стенками скважины ее промываю раствором плотностью не более 1,1 г/см<sup>3</sup> или водой.

После окончания цементирования колонну оставляют в покое на 24 часа, после чего испытывают на герметичность

# Режим и баланс ПОДЗЕМНЫХ ВОД

# Изучение режима и баланса подземных вод

- Под режимом ПВ понимают изменения в пространстве и во времени ресурсов, состава и их свойств
- Наблюдения ведутся за основными элементами режима:
  - уровнями,
  - дебитами,
  - температурой,
  - химическим и
  - газовым,
  - микробиологическим составом вод

# Виды режима

В зависимости от характера определяющих факторов режим ПВ делят на:

Естественный

Нарушенный

Смешанный

# Цели и задачи изучения режима и баланса

- **Цель** изучения режима –установление закономерностей, их связи с факторами формирования ПВ для обоснования г-г прогнозов
  
- **Задачи:**
- 1)Выявление условий формирования ПВ (питания, разгрузки, элементов водного баланса)
- 2)Выявление закономерностей изменения во времени естественного питания;
- 3) Установление закономерностей формирования водного, теплового и солевого баланса ПВ для прогноза режима ПВ;
- 4)изучение региональных особенностей режима ПВ для прогноза нарушенного режима на локальных участках;
- 5)оценка фильтрационных свойств и граничных условий водоносных горизонтов

# Баланс ПВ

- Режим ПВ тесно связан с их балансом
- Под **балансом ПВ** понимают соотношение между приходом (поступлением) и расходом ПВ на той или иной территории (в бассейне) за определенный период (мм, м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>)
- Естественные факторы формирования режима и баланса:
- Атмосферные осадки, испарение, конденсация, транспирация, подземный и поверхностный сток.
- Искусственные (техногенные) факторы:
- Орошение, потери из каналов и систем водоснабжения, подпор (повышение уровня ПВ при создании водохранилищ), дренаж

# Взаимосвязь режима и баланса ПВ

- Водный баланс предопределяет направленность и характер режима ПВ, а анализ режима ПВ позволяет определить некоторые трудно определяемые величины (элементы) баланса такие как:
  - инфильтрация,
  - испарение,
  - подземный сток



# Расчет инфильтрационного питания

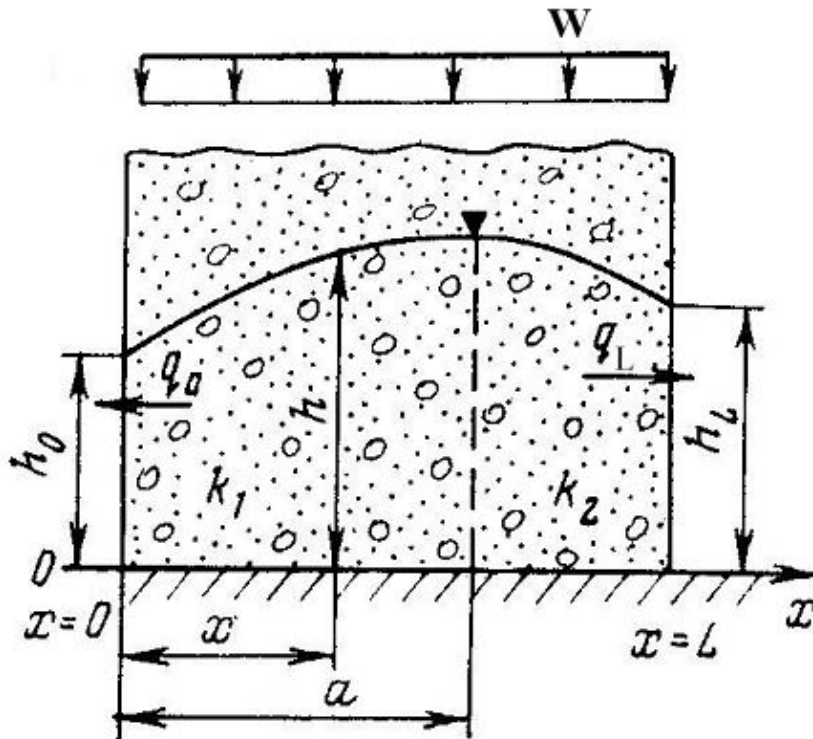


Рис. 16.5. Расчетная схема линейного потока с инфил

- Имея рез-ты наблюдений за уровнями по 3-м скважинам можно вычислить величину инфильтрации

$$W = K \left( \frac{h_0^2 - h_L^2}{L(L-x)} - \frac{h_0^2 - h_x^2}{(L-x)x} \right)$$

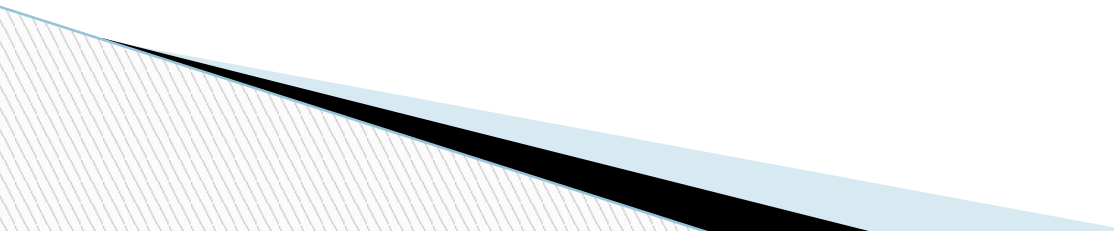
# Прогнозы режима

- ▣ **Прогноз естественного режима** необходим при планировании строительства, водоснабжения, в с/х производстве
- ▣ **Прогнозы нарушенного и смешанного режимов** выполняют при:
  - ▣ 1) Разведке МПВ;
  - ▣ 2) разведке и разработке м-ий твердых полезных ископаемых;
  - ▣ 3) при обосновании мелиоративных работ (осушении, орошении);
  - ▣ 4) при изысканиях под различные виды строительства и эксплуатации инженерных сооружений

# Методы изучения режима ПВ

- Изучение режима ПВ осуществляется на **стационарных постах** по сети наблюдательных пунктов( скважин, источников, колодцев, шурфов)
- При изучении нарушенного режима в сеть включают другие горные выработки (дренажи, галереи, эксплуатационные скважины)

# Конструкция скважин

- Требования к конструкции наблюдательных скважин:
  - Исключение загрязнения с поверхности
  - Изоляция водоносного горизонта в разрезе
  - Возможность отбора проб воды
  - Возможность замеров уровня и температуры
- 

# Стационарные наблюдения

- Стационарные наблюдения в РФ ведутся в рамках государственного мониторинга состояния недр (ГМСН)
- На территории РФ существует Государственная опорная (федеральная) наблюдательная сеть, состоящая из 100 режимных станций и 25 тыс. наблюдательных пунктов (скважин, колодцев, источников)
- Кроме федеральной сети мониторинга создана территориальная и локальная наблюдательные сети, число пунктов наблюдений скважины могут консервироваться, ликвидироваться, закладываются новые скважины для расширения сети

# Наблюдательная сеть Тюменской области (2005)

№№ п/п	№ поста	Местонахождение и год организации поста	Количество скважин					
			всего	в том числе			Законсервированных	технически неисправных
				действующих	грунтовых	субнапорных		
1	2	3	5	6	7	8	9	10
I. Опорная государственная сеть								
1	22	Заводоуковский р-н, д. Семеново, 1967 г.	19	2	1	1	14	3
2	26	Тобольский р-н, п. Октябрьский, 1970 г.	44	8	4	4	31	5
3	33	Омутинский р-н, р.п.Вагай, 1994 г.	6	5	3	2	-	1
4	37	Бердюзский р-н, с.Бердюзье, 1968, 1989гг.	11	5	1	4	6	-
5	41	г.Тюмень, 1966, 1973,1989 гг.	21	20	20	-	-	1
6	44	Гольшмановский р-н, р.п. Гольшманово (балансовая площадка),1982г.	60	3	2	1	53	4
7	47	Тюменский р-н, д. Елань, 1971г.	11	2	1	1	8	1
8	49	Тюменский р-н, д.Решетникова, 1984г.	11	7	4	3	4	-
9	51	Аромашевский р-н, д. Новые Юрты, 1990г.	9	4	2	2	5	-
10	52	Вагайский р-н, д.Красная Гора, 1991 г.	7	4	2	2	3	-
		Всего:	199	60	40	20	124	15
II. Территориальная сеть								
11	21	Тобольский р-н, д.Чукманка, 1966г.	4	4	3	1	-	-
12	23	Армизонский р-н, с.Капралиха, 1967 г.	9	5	2	3	4	-
13	24	г. Ишим, 1967 г.	2	2	1	1	-	-
14	25	Армизонский р-н, с. Армизонское, 1967 г.	8	5	1	4	2	1
15	29	Тобольский р-н, с. Булашово, 1971 г.	14	6	4	2	8	-
16	30	Ярковский р-н, с. Ярково, 1967 г.	3	2	2	-	-	1
17	31	г.Ялуторовск, 1967 г.	2	2	1	1	-	-
18	34	Гольшмановский р-н, р.п.Гольшманово,1967г.	4	2	1	1	-	2
19	35	Абатский р-н, с. Абатское, 1967г.	3	2	1	1	-	1
20	36	Виколовский р-н,с. Викулово, 1967 г.	3	3	2	1	-	-
21	38	Казанский р-н, с.Ильинка, 1967 г.	5	1	-	1	4	-
22	40	Нижнетавдинский р-н, с.Средние Тарманы, 1967-68гг.	8	7	4	3	-	1
23	42	Тюменский р-н,с.Луговое, 1969 г.	29	5	1	4	24	-
24	48	Ялуторовский р-н, д. Кавдык	19	7	4	3	11	1
25	50	Ярковский р-н, с. Усалка, 1984 г.	21	8	5	3	13	-
		Всего:	134	61	32	29	66	7
III. Локальная сеть								
26	18	Тюменский р-н, п.Боровский, 1988 г.	23	17	4	13	-	6
27	45	Нижнетавдинский р-н, с.Велижаны, 1971 г.	87	79	18	61	1	7
28	46	Гольшмановский р-н, р.п. Гольшманово, 1970 г.	3	3	1	2	-	-
29	53	Уватский район, Кальчинский нефтепромьсел, 2002 г.	13	13	6	7	-	-
		Всего:	126	112	29	83	1	13

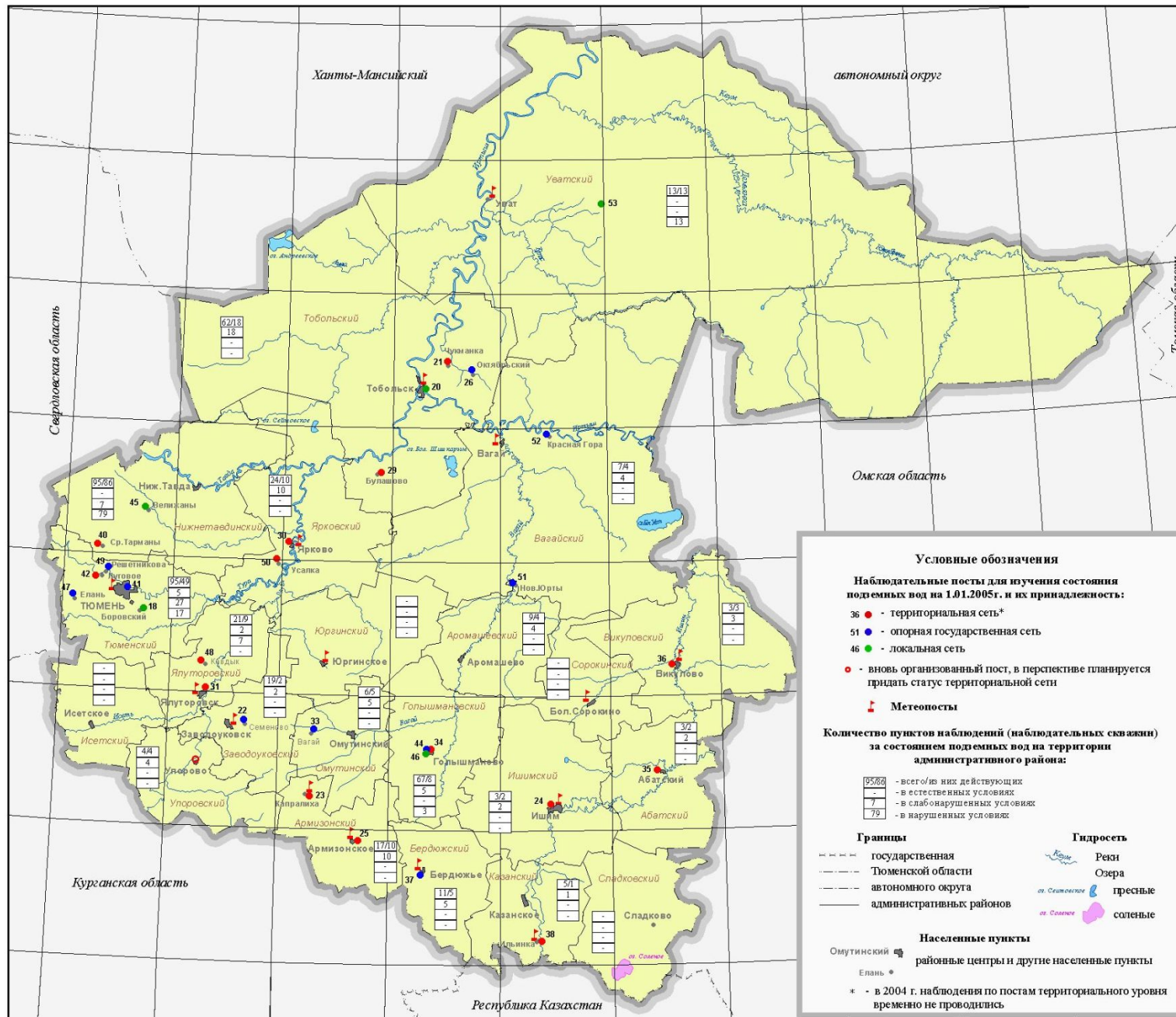


Рис. 2.1. Схематическая карта наблюдательной сети за состоянием подземных вод на территории Тюменской области. Масштаб 1 : 2 000 000

# Принципы размещения наблюдательной сети

- Скважины размещают в виде створов, ориентированных от водоразделов к долинам рек на разных геоморфологических элементах
- Поперечники (створы) состоят из 3-5 скважин – на водоразделе, на склонах террас, на террасах и у дрены
- При наличии взаимосвязи с напорным горизонтом створ дополняют 2-3 скважинами на водоразделе и в долине реки



