

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Инженерная школа природных ресурсов



# Монтаж и эксплуатация бурового оборудования

*Курс  
лекций*

**Автор: Епихин А.В.  
ст. преп. ИШПР**

Томск-2018 г.



## **Лекция №5**

- ***Телеметрические системы и другое забойное оборудование для контроля процесса бурения***

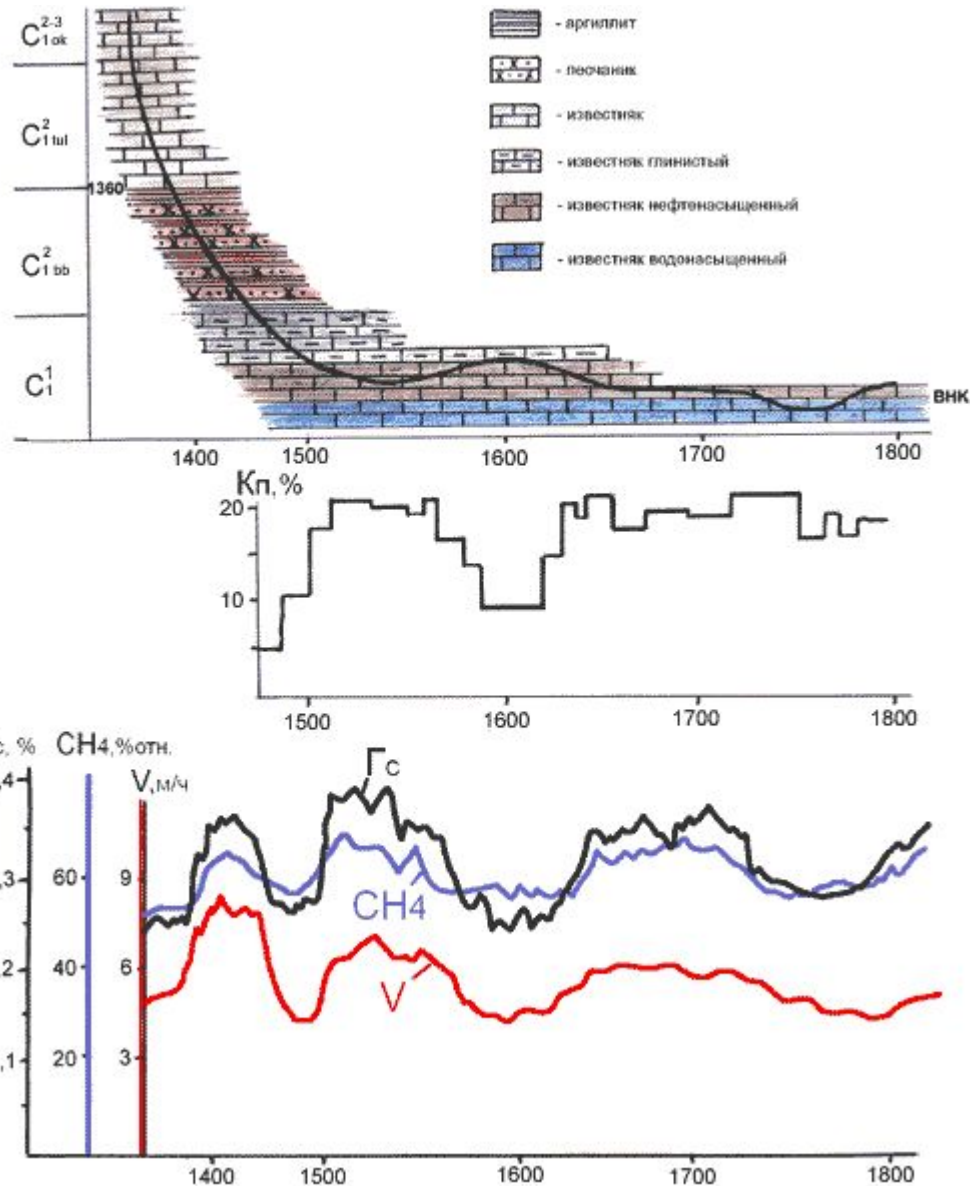


## **ТЕМА 1.**

# ***Телеметрические системы и другое забойное оборудование для контроля процесса бурения***



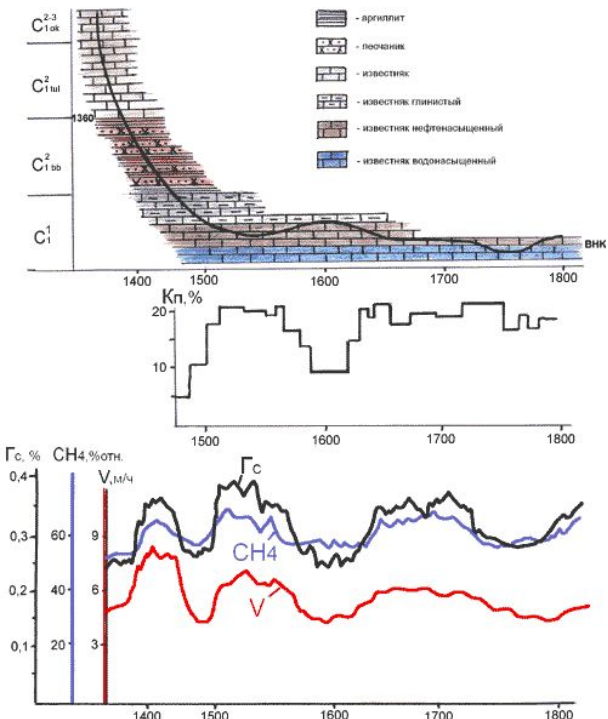
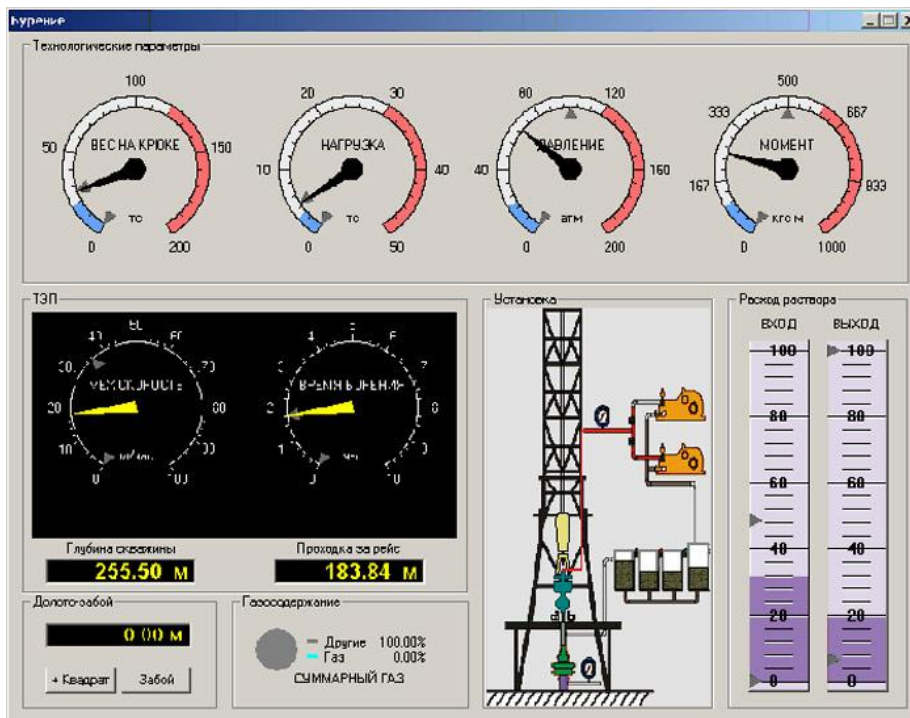
# Какие параметры процесса бурения на забое нужно контролировать?





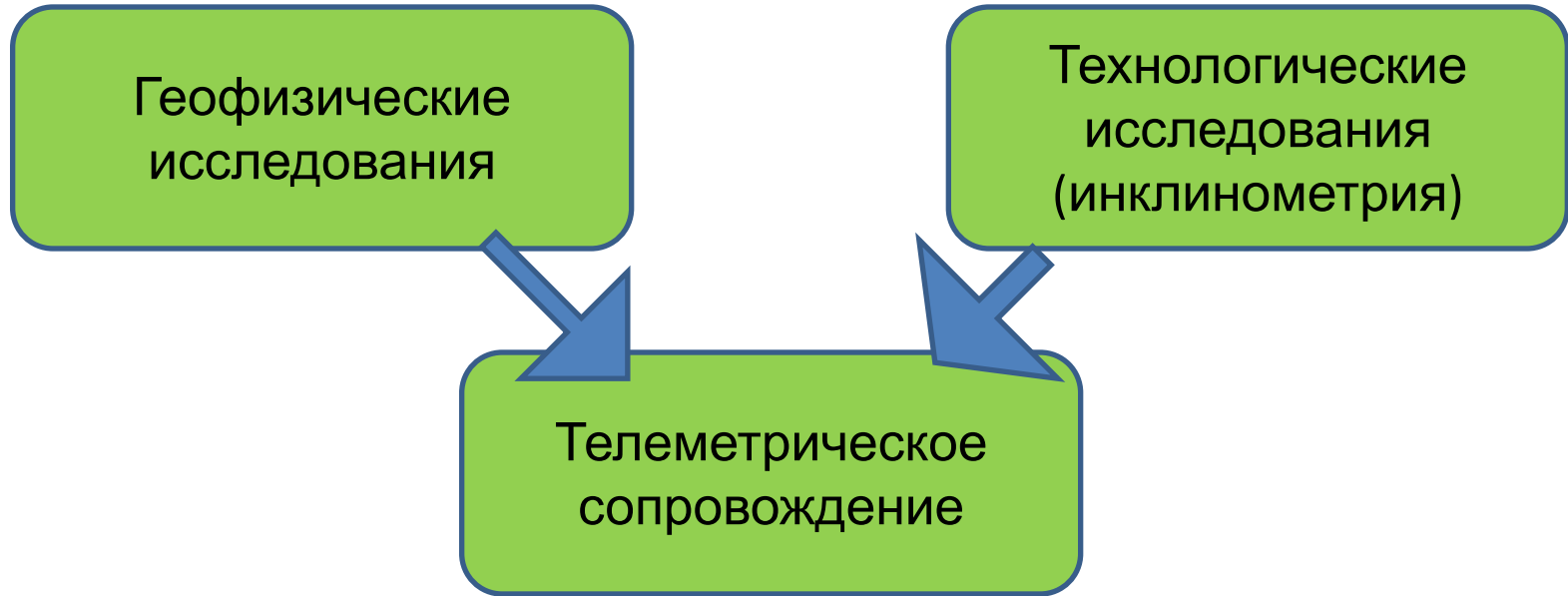
# Какие параметры процесса бурения на забое нужно контролировать?

- пространственное положение инструмента и параметры траектории скважины;
- состав геологического разреза;
- параметры режима бурения;
- техническое состояние бурового оборудования.





# Эволюция систем сопровождения процесса бурения





# Предпосылки

- **1950е** гг. – создание проводного канала связи «забой-устье» для контроля частоты вращения турбобура (отказы турбобура на мощностях, близких к максимальным).
- **1960е** гг. – развитие электробуров с наличием инклинометрического датчика в составе.
- **1960е** гг. – появление первых вариантов беспроводного электромагнитного канала связи
- **1950-1960е** гг. – разработка гидротурботахометра для контроля частоты вращения турбобура – предпосылка гидравлического канала связи.
- **Гидротурботахометр** – был единственным источником связи «устье-забой» на Кольской сверхглубокой скважине СГ-1 (при глубинах более 10 км).



# Первый опыт

- Первые практические разработки по телеметрическим системам измерений с использованием импульсов, передаваемых на поверхность через буровой раствор, были созданы в **50-х** годах.
- Спустя более **20** лет, в **1978** г. в результате интенсивных работ, проводимых в **США**, была создана серийная модель телеметрической системы (ТС) для измерения скважинных параметров, которая была отработана в промышленных условиях.
- В **СССР** были разработаны телеметрические системы СТЭ, СТТ с электропроводным каналом связи, телесистемы ЗИТ, ЗИС-4м с электромагнитным каналом связи, телесистемы ГИТ с гидравлическим каналом связи, прошедшие предварительные испытания в скважине Бориславского УБР "Укрнефть", а позднее телесистемы ТСГК ВНИПИморнефтегаза, также с гидравлическим каналом связи.





# Классификация телеметрических систем

По каналу связи

По непрерывности передачи информации

По скорости передачи информации

По способу представления информации

По дальности передачи информации

По целевому назначению

По составу первичных преобразователей информации



# Классификация телеметрических систем

По каналу связи

По непрерывности передачи информации

По скорости передачи информации

По способу представления информации

По дальности передачи информации

По целевому назначению

По составу первичных преобразователей информации

Непрерывная

При остановках бурения

При остановках циркуляции

Комбинированная



# Классификация телеметрических систем

По каналу связи

По непрерывности передачи информации

По скорости передачи информации

**По способу представления информации**

По дальности передачи информации

По целевому назначению

По составу первичных преобразователей информации

Выносной пульт бурильщика с цифровой индикацией

Стойка (пульт) бурильщика (оператора) с индикацией, регистрацией и обработкой

В составе комплексных компьютеризированных систем ГТИ и КТИ

Специальный лабораторный отсек с микро-процессорной обработкой информации и выдачей данных<sup>11</sup>



# Классификация телеметрических систем

По каналу связи

По непрерывности передачи информации

По скорости передачи информации

По способу представления информации

**По дальности передачи информации**

По целевому назначению

По составу первичных преобразователей информации

Большая  
(более 4,5 км)

Удовлетворительная  
(до 4,5 км)

Средняя (до 3 км)

Малая (до 1,2 км)



# Классификация телеметрических систем

По каналу связи

По непрерывности передачи информации

По скорости передачи информации

По способу представления информации

По дальности передачи информации

**По целевому назначению**

По составу первичных преобразователей информации

Инклинометрическая  
(И)

Технологическая  
(Т)

Геофизическая  
(Г)

И+Т

И+Г

И+Г+Т



# Классификация телеметрических систем

По каналу связи

По непрерывности передачи информации

По скорости передачи информации

По способу представления информации

По дальности передачи информации

По целевому назначению

По составу первичных преобразователей информации

Электрический проводной

Гидравлический

По бурильным трубам

По горным породам



# Конструкция телеметрической системы

Забойная часть

Канал связи

Наземная аппаратура





# Конструкция телеметрической системы

Забойная часть

Канал связи

Наземная аппаратура

Источник питания

Батарея

Турбогенератор







# Конструкция телеметрической системы

Забойная часть

Канал связи

Наземная  
аппаратура

Датчики

угол искривления (a)  
азимут искривления  
(b)  
угол установки  
отклонителя (g)  
текущая глубина  
забоя

обороты турбобура (n);  
давление в трубах и  
затрубье (RT, RЗ);  
разница давлений (DR);  
температура в трубах и  
затрубье (ТТ, ТЗ);  
разница температур (DT);  
нагрузка на долото (W);  
момент на долоте (МД);  
напряжения питания (Un)

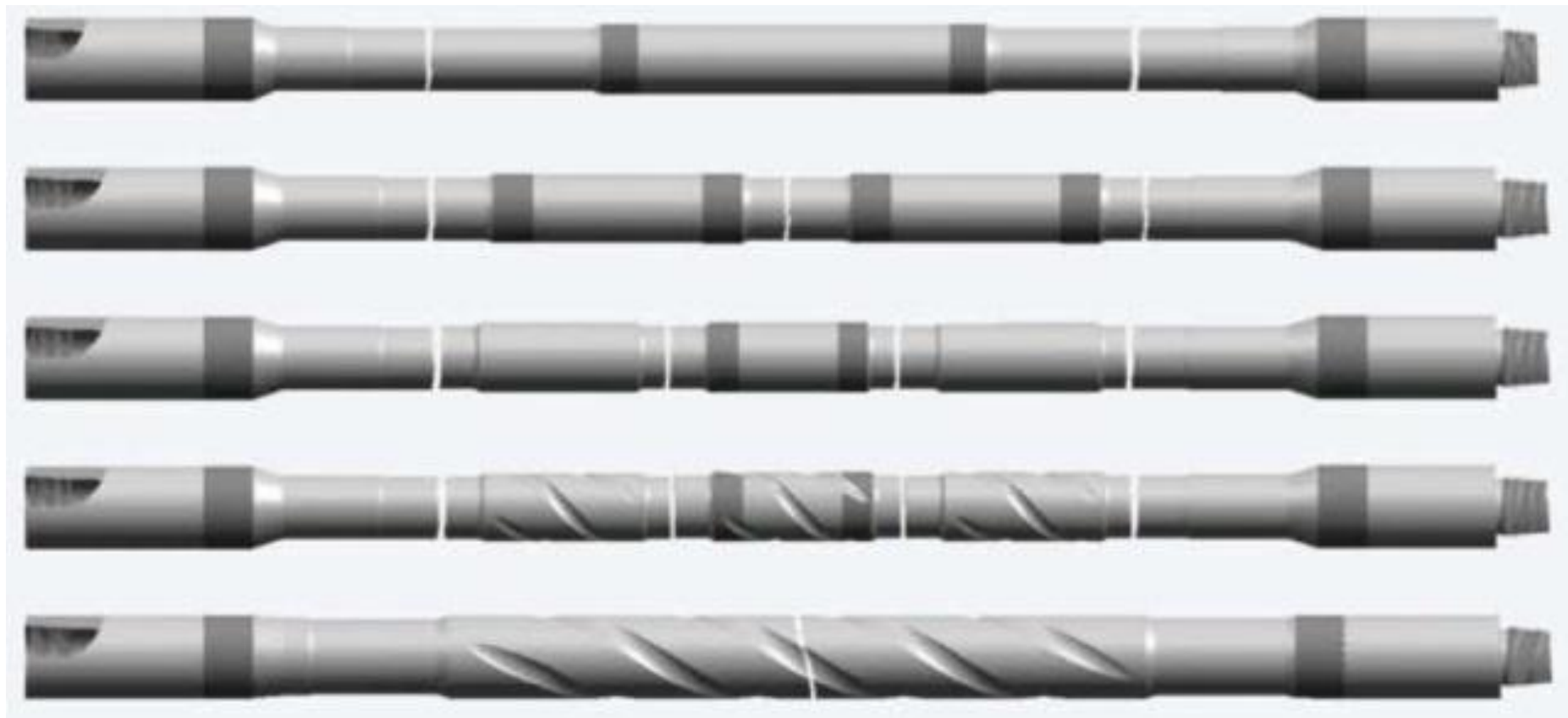
сопротивление горных  
пород (rr. n) по 1-2 зондам;  
гамма-активность горных  
пород (g-Ar. n);  
виброакустический  
каротаж (ВАК) в виде  
амплитуды  
виброускорения;  
самопроизвольная  
поляризация горных  
пород (DUc.n);  
КНК; ГГПК



# Конструкция телеметрической системы: забойная часть

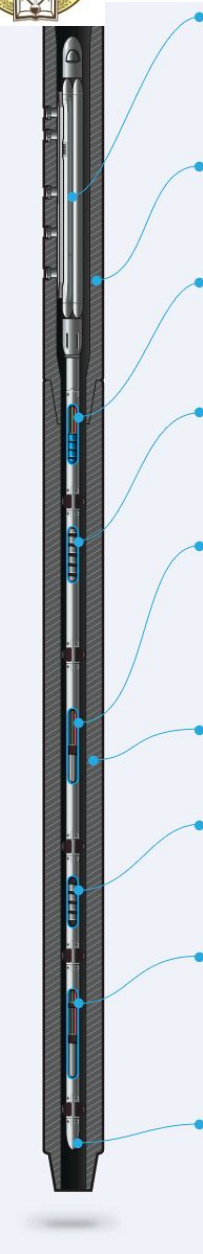
Немагнитные УБТ

Зачем?



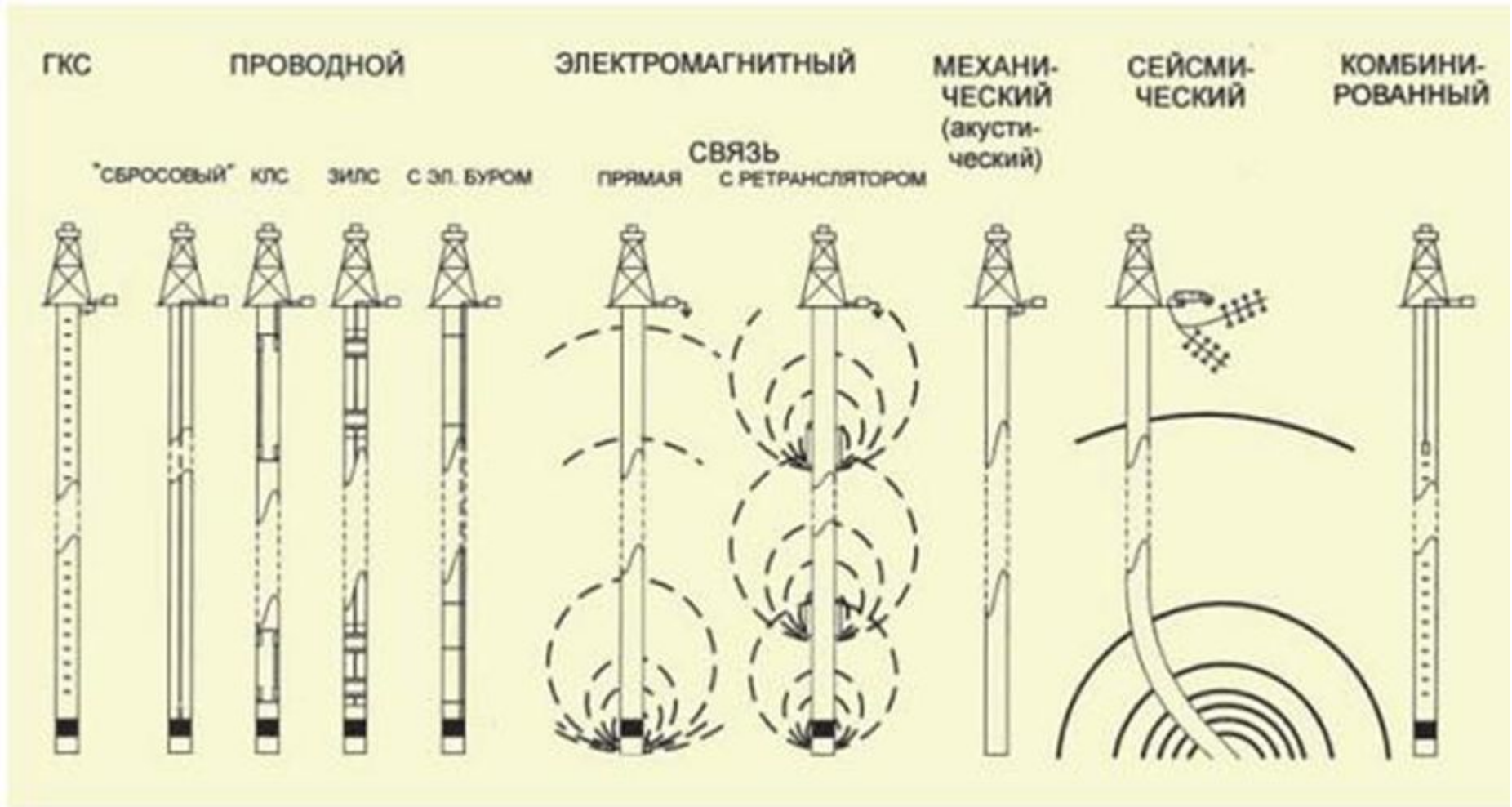


# Пример типовой сборки телесистемы

- 
- Стандартный передатчик:** Стандартный передатчик генерирует последовательность импульсов отрицательного давления, чтобы передавать полученные в скважине данные на поверхность. Передатчик заключен в корпус специально изготовленного для него немагнитного переводника передатчика.
  - Переводник передатчика:** Переводники передатчиков изготовлены из бериллиево-медных сплавов (BeCu).
  - Преобразователь питания:** Сборка преобразователя APC обеспечивает формирование электрических импульсов на передатчик для трансляции регистрируемых данных посредством гидравлического канала связи.
  - Сборка источника питания:** В состав сборки источника питания входит литий–тионил–хлоридная батарейная сборка, которая подает питание на датчики и передатчик. Батарейная сборка рассчитана на рабочую температуру до 150°C.
  - Считывающий инклинометр:** Считывающий инклинометр состоит из трехкоординатных инклинометрических датчиков (инклинометров и магнетометров), которые обеспечивают возможности исследования инклинометрии и управления на всем диапазоне наклона от 0 до 180°. Кроме того, инклинометр SEA оборудован электронной аппаратурой, регулирующей работу всего инклинометрического прибора.
  - Немагнитная УБТ:** Немагнитные УБТ изготавливаются из бериллиево–медных сплавов (BeCu).
  - Сборка электропитания гамма узла:** В состав сборки электропитания гамма узла входит литий–тионил–хлоридная батарейная сборка, которая обеспечивает питанием гамма–детектор и электронную аппаратуру управления.
  - Секция гамма электроники отдельной сборки:** Сборка гамма–узла регистрирует данные измерения естественной радиоактивности разбуренной породы, направляет их инклинометру SEA для передачи в режиме реального времени, а также сохраняет информацию в скважинном запоминающем устройстве для последующей визуализации на поверхности.
  - Соединитель и наконечник:** Соединители сборки приборов Orienteer обеспечивают обмен данными между отдельными сборками и подачу питания, а также стабилизируют прибор внутри немагнитной УБТ.

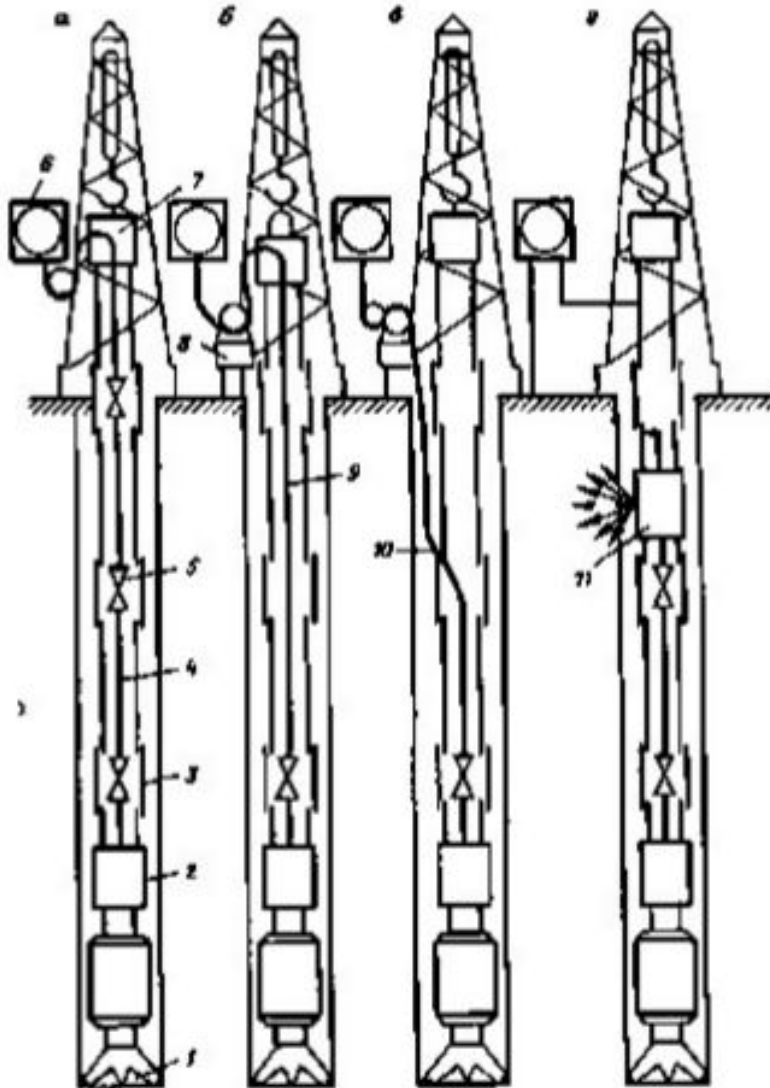


# Конструкция телеметрической системы: каналы связи «забой-устье»





# Принцип работы электропроводного канала связи



- 1 - долото;
- 2 - скважинный прибор;
- 3 - резьбовое соединение труб;
- 4 - провод;
- 5 - контактное устройство;
- 6 - наземный прибор;
- 7 - вертлюг;
- 8 - лебедка для подъема провода;
- 9 - сбросовый провод;
- 10 - вывод провода через резьбовое соединение;
- 11 - ретранслирующее устройство.



# Достоинства и недостатки каналов связи

**Электрический проводной**

**Непрерывный**

**Разъемный**

**Смешанное кабельное соединение**

## **Достоинства:**

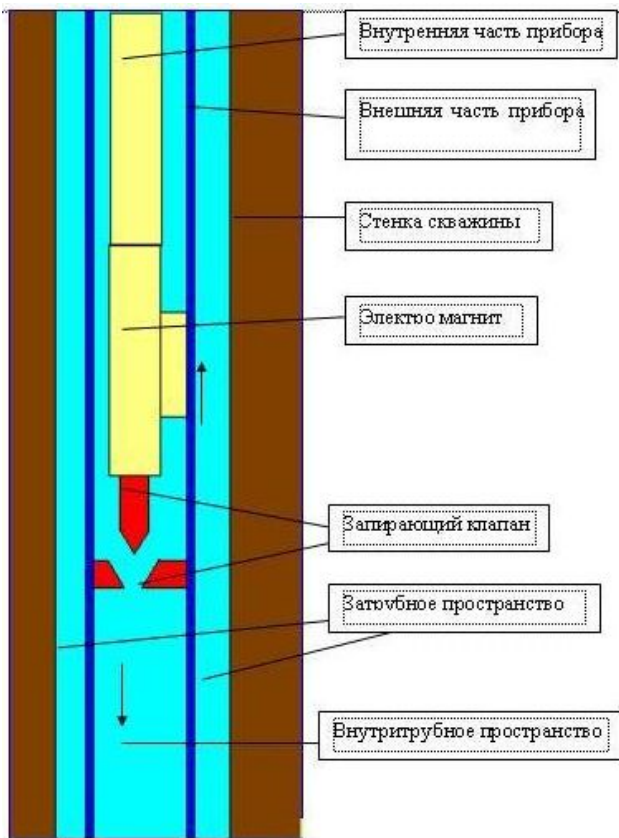
- максимально возможная информативность,
- быстродействие,
- многоканальность,
- помехоустойчивость,
- надежность связи,
- отсутствие забойного источника электрической энергии и мощного передатчика;
- возможность двусторонней связи;
- не требует затрат гидравлической энергии;
- может быть использован при работе с продувкой воздухом и с использованием азрированной промывочной жидкости

## **Недостатки:**

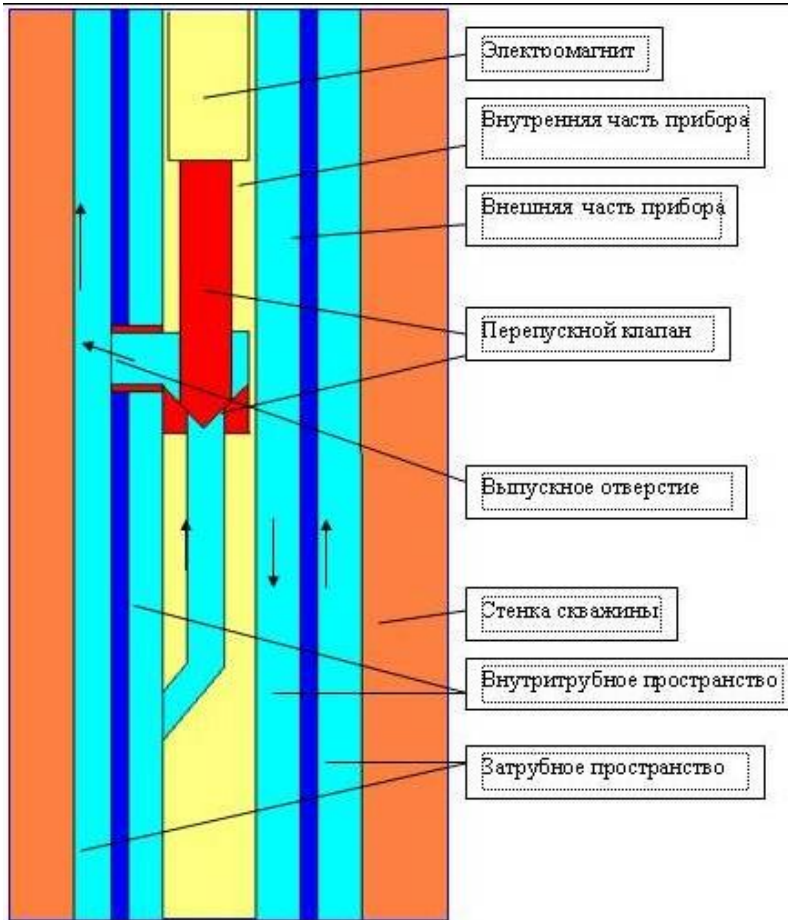
- наличие кабеля в бурильные колонне и за ней, что создает трудности при бурении;
- затраты времени на его прокладывание;
- необходимость защиты кабеля от механических повреждений;
- невозможность вращения колонны;
- невозможность закрытия превентора при нахождении кабеля за колонной бурильных труб;
- необходимость доставки (продавки) забойного модуля или контактной муфты до места стыковки (посадки) при зенитных углах более 60 градусов с помощью продавочного устройства.



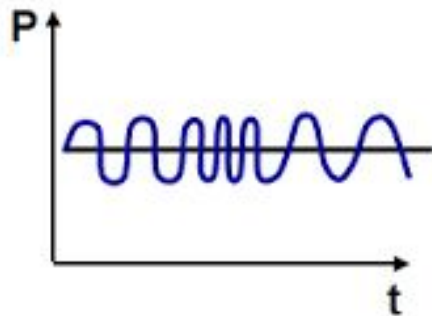
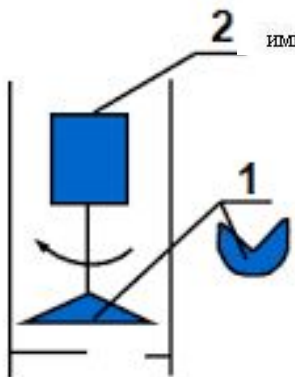
# Принцип работы гидравлического канала связи



Устройство передачи сигнала (с положительным импульсом) в системе с гидравлическим каналом связи.



Устройство передачи сигнала (с отрицательным импульсом) в системе с гидравлическим каналом связи.



Устройство передачи сигнала с импульсом типа «Сирена»



# Достоинства и недостатки каналов связи

## Гидравлический

Излучатель  
давления высокой  
частоты и малой  
амплитуды

Излучатель  
давления низкой  
частоты и большой  
амплитуды

Упругие  
колебания,  
возникающие при  
работе бурильного  
инструмента

### Достоинства:

- дальность передачи,
- независимость от геологических условий.

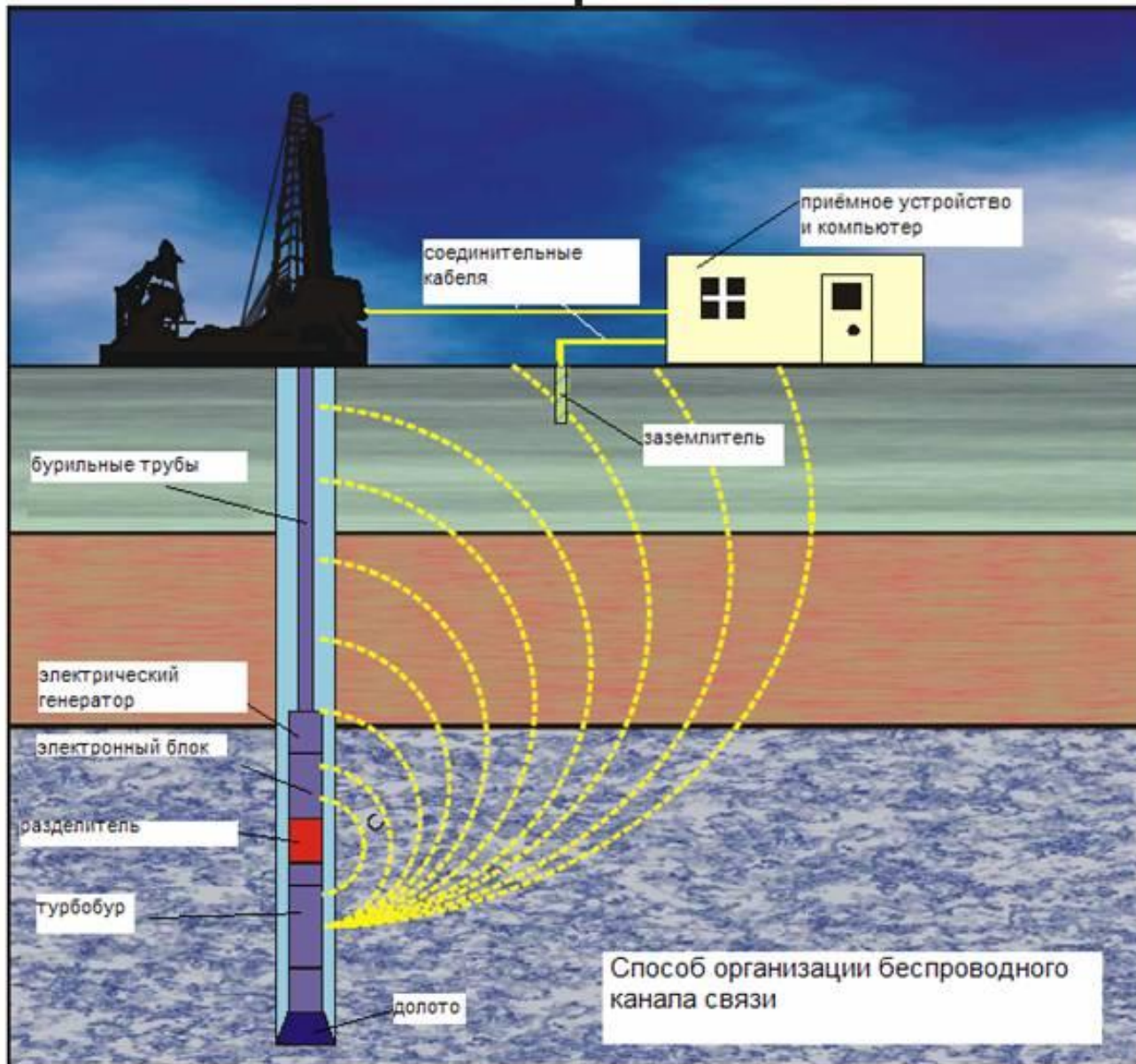
### Недостатки:

- низкая информативность из-за низкой скорости передачи,
- низкая помехоустойчивость, последовательность в передаче информации,
- необходимость в источнике электрической энергии (батареи, турбогенераторы),
- отбор гидравлической энергии для работы передатчика и турбогенератора,
- невозможность работы с продувкой воздухом и аэрированными жидкостями.





# Принцип работы электромагнитного канала связи





# Достоинства и недостатки каналов связи

## Электромагнитный канал

Передача по  
бурильным  
трубам

Передача по  
горным породам

### Достоинства:

- информативность,
- простота,
- скорость.

### Недостатки:

- дальность связи (зависит от проводимости и переменяемости горных пород, затухания сигналов),
- слабая помехоустойчивость,
- сложность установки антенны в труднодоступных местах,
- невозможность использования на море.



# Достоинства и недостатки каналов связи

**Акустический канал (передача по БТ)**

Акустических колебаний встроенных вибраторов

Акустических колебаний от спектра упругих колебаний долота

**Достоинства:**

- информативность,
- простота,
- скорость.

**Недостатки:**

- слабая помехоустойчивость.



# Конструкция телеметрической системы: наземная аппаратура

Универсальный наземный блок

Пульт бурильщика

Персональный компьютер

Прибор скважинный



Наземный пульт оператора



Пульт бурильщика

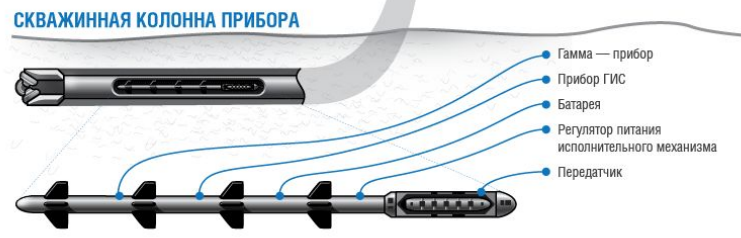
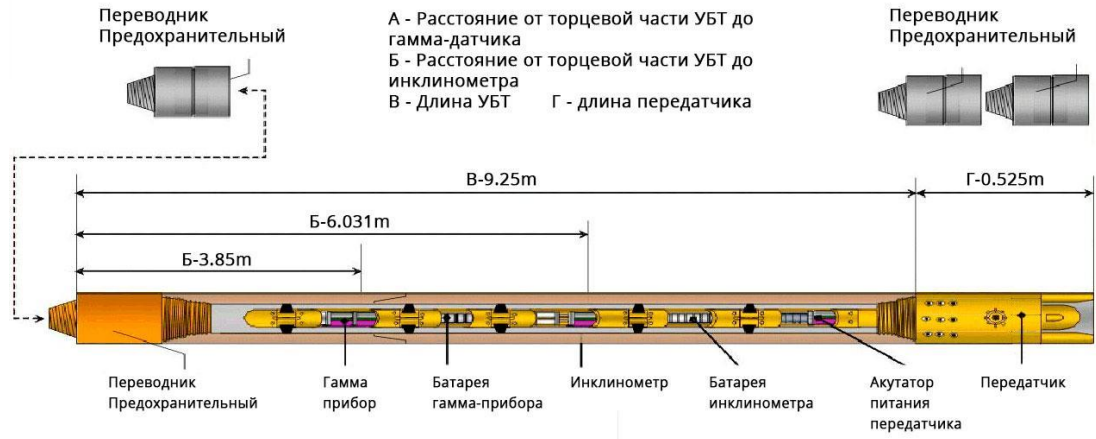
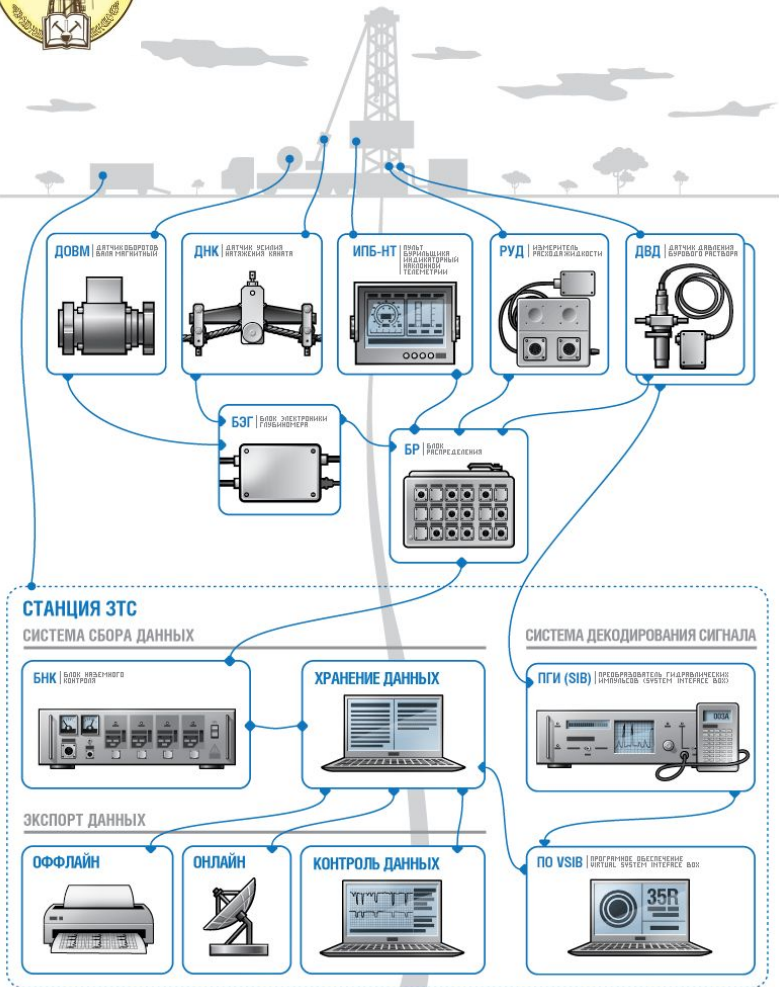


ПК





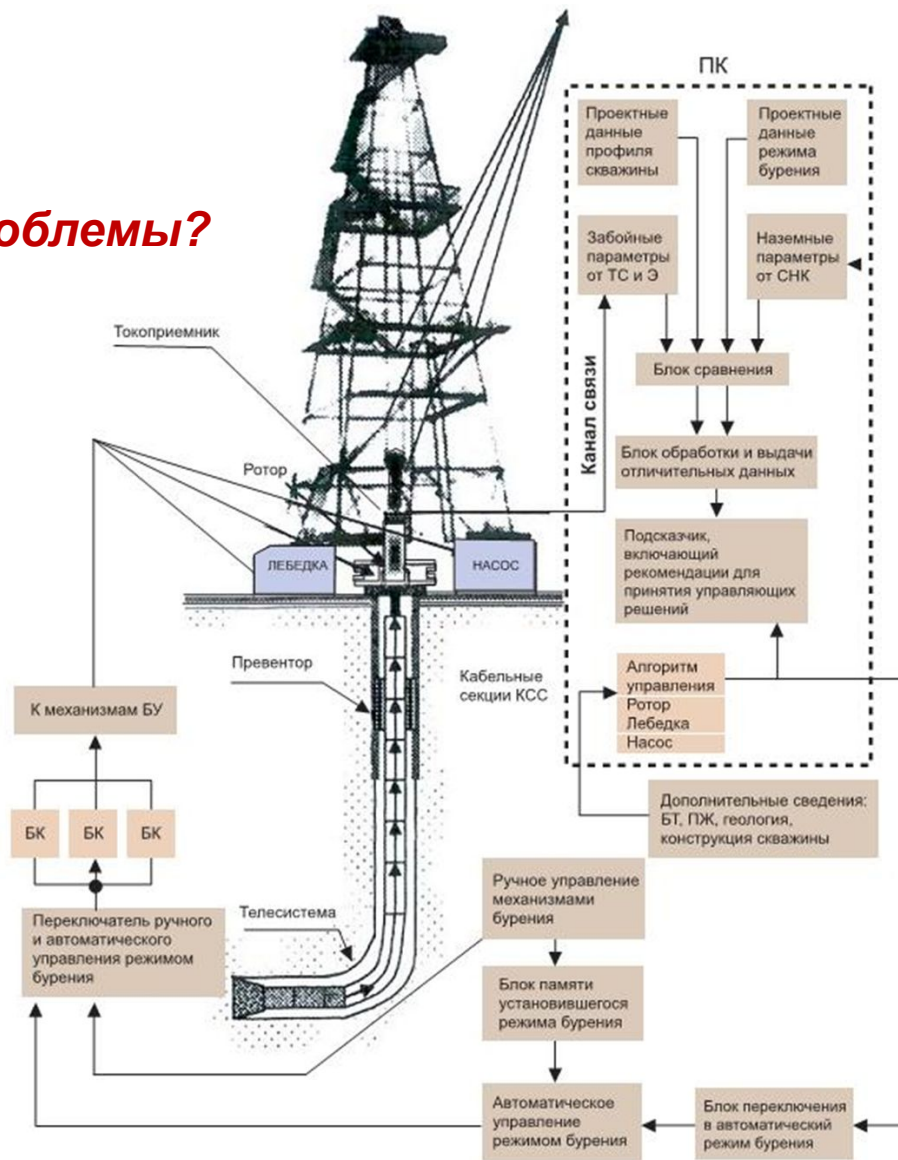
# Конструкция телеметрической системы





# Перспективы развития телеметрии

*Перспективы и проблемы?*



*Системы автоматического управления процессом бурения*

**Спасибо за внимание!!!**