

# Бурение

---

нефтяных и газовых скважин

## 7. Промывка скважин

Балаба Владимир Иванович  
РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина

Фрагменты презентации



## 7.1. Принципиальная схема процесса промывки скважины

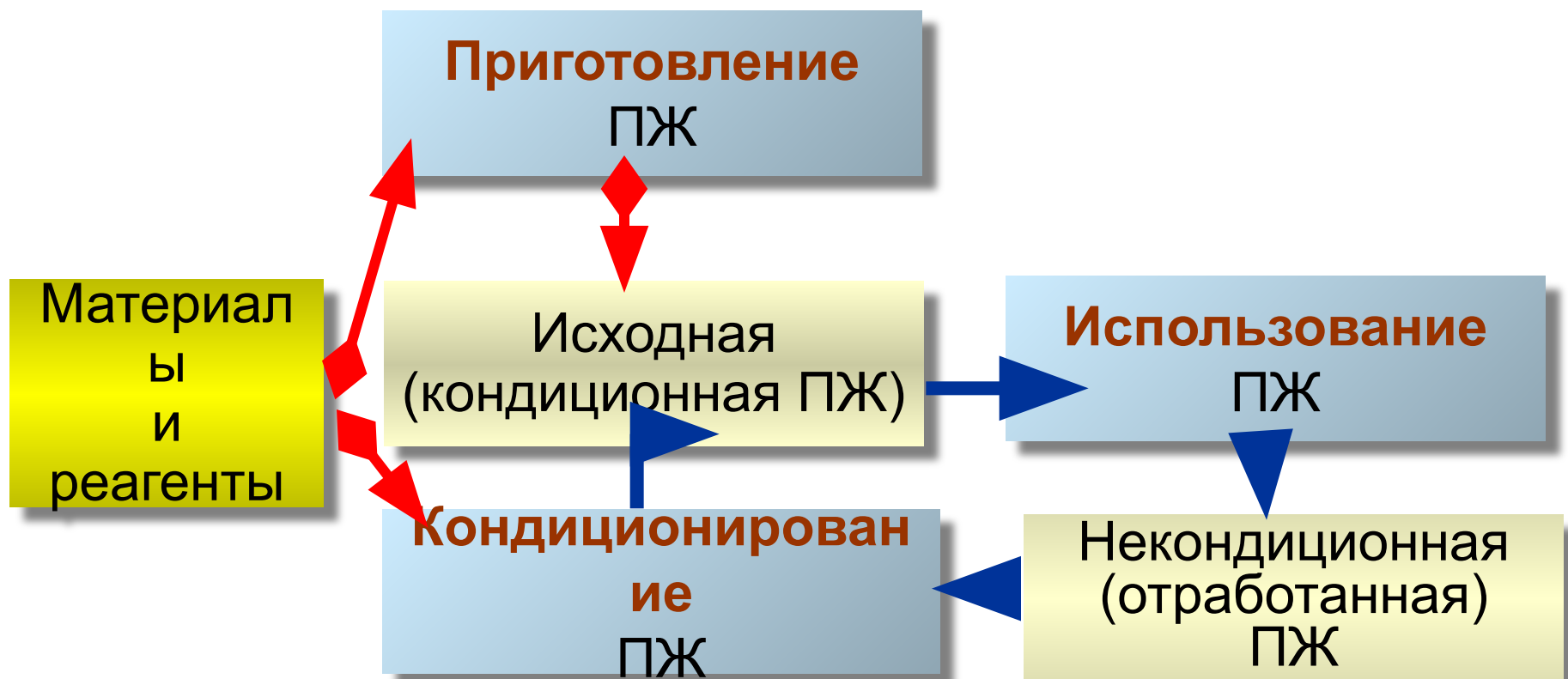
Для удаления выбуренной породы с забоя скважины и транспортировки ее на поверхность создают замкнутую циркуляцию через скважину технологического (циркуляционного) агента – жидкости или газа.

При использовании жидкости технологический процесс ее циркуляции через скважину называется **промывкой**, а при использовании газа – **продувкой**. Как правило, применяется промывка скважин. Технологическую жидкость, прокачиваемую через скважину, называют **промывочной (ПЖ)** или **буровым раствором (БР)**.

Балаба В.И.



# Принципиальная схема процесса промывки скважины



Балаба В.И.

3



## 7.2. Функции БПЖ

### **Основные функции:**

- удалять выбуренную породу с забоя скважины;
- транспортировать выбуренную породу (буровой шлам) на поверхность;
- охлаждать долото.
- передавать гидравлическую энергию забойному двигателю.



## Функции БПЖ

### Дополнительные функции:

- создавать достаточное давление на вскрытые скважиной пласты, чтобы исключить газонефтеводопроявление;
- образовывать на стенках скважины тонкую, но прочную и малопроницаемую фильтрационную корку, предотвращающую проникновение ПЖ или ее фильтрата в породы;
- удерживать во взвешенном состоянии твердую фазу при временном прекращении циркуляции;

Балаба В.И.



## Функции БПЖ

### **Дополнительные функции:**

- **снижать трение между породой и долотом, между стенками скважины и БК;**
- **снижать вес БК или ОК, находящейся в скважине за счет выталкивающей силы, уменьшая нагрузку, действующую на подъемный механизм БУ.**



## 7.3. Требования к БПЖ

- **облегчать разрушение породы долотом или, по крайней мере, не затруднять процесс разрушения и удаления обломков с поверхности забоя;**
  - **не ухудшать коллекторские свойства продуктивных пластов;**
  - **не вызывать коррозию и износ бурильного инструмента и бурового оборудования;**
  - **обеспечивать получение достоверной геолого-геофизической информации при бурении скважины;**



# Требования к БПЖ

- не растворять и не разупрочнять породы в стенках скважины, сохраняя ее номинальный диаметр;
- обладать устойчивостью к действию электролитов, температуры и давления;
- обладать низкими пожаровзрыво-опасностью и токсичностью, высокими гигиеническими свойствами;
- быть экономичной, обеспечивая низкую стоимость метра проходки.

**Ни одна из известных ПЖ не является универсальной**





## 7.4. Классификация БПЖ

Большинство БПЖ представляет собой дисперсные системы, которые могут быть подразделены по следующим признакам:

- *фазовому состоянию дисперсионной среды;*
- *природе дисперсионной среды;*
- *степени дисперсности;*
- *фазовому состоянию дисперсной фазы;*
- *методу получения дисперсной фазы;*
- *природе дисперсной фазы.*



## Классификация БПЖ

Соответствующие данной классификации **типы** БПЖ принято далее подразделять на различные **виды** в зависимости от степени минерализации дисперсионной среды, вида растворенных в ней неорганических соединений, характера химической обработки, соотношения между водой и углеводородной жидкостью и т.п.



## 7.4.1. Дисперсная фаза и дисперсионная среда

**Фаза** - часть системы, имеющая одинаковые физические и химические свойства во всех своих точках, отделенная от всех других частей системы поверхностью раздела, причем эти другие части обладают иными физическими и химическими свойствами.

**Дисперсная система** - раздробленная система, в которой одно вещество раздроблено (диспергировано) и распределено в другом веществе.



## Дисперсная фаза и дисперсионная среда

Вещество, которое диспергировано, называется **дисперсной фазой**, а среда, в которой это вещество распределено, – **дисперсионной средой**.

Системы, состоящие из одной фазы, называются **гомогенными**, системы, состоящие из двух и более фаз и имеющие поверхность раздела между фазами, – **гетерогенными**.



# Дисперсная фаза и дисперсионная среда

К **гомогенным** относятся истинные (молекулярные) растворы веществ, к **гетерогенным** – **коллоидные растворы, суспензии, эмульсии, пены.**

**БПЖ** – это многокомпонентные двух- или трехфазные гетерогенные системы.



## Дисперсная фаза и дисперсионная среда

У гетерогенных систем **дисперсионная среда** представлена жидкостью (**вода, нефть, дизельное топливо, синтетическая жидкость**), а **дисперсная фаза**:

- **твердыми частицами** глины, утяжелителей, наполнителей (**суспензии**);
- **жидкостью**, нерастворимой в дисперсионной среде, например нефтью, дизельным топливом (**эмульсии**);
- **газом** (**пены и аэрированные жидкости**).



## 7.4.2. Классификация БПЖ по природе дисперсионной среды

### Тип БПЖ

На водной основе

На углеводородной основе

На синтетической основе

На газовой основе

### Вид БПЖ

Глинистые  
Безглинистые

Пресные  
Минерализованные

Утяжеленные  
Неутяжеленные

Прямые  
эмульсии

Обратные  
эмульсии

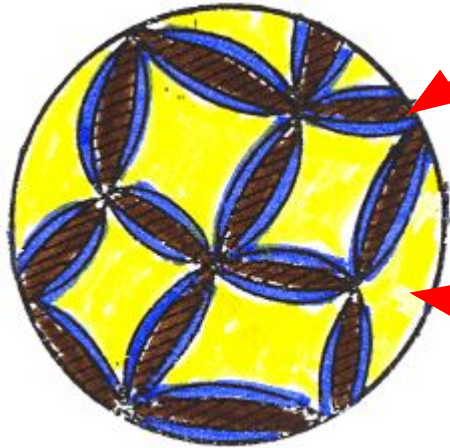
Пены

Аэрированные  
жидкости

Балаба В.И.



### 7.4.3. Глинистые суспензии



**Дисперсная фаза** в виде мицеллы - глинистой частицы, покрытой гидратной оболочкой

**Дисперсионная среда** - межмицеллярная жидкость (свободная вода)

В **БПЖ** как в дисперсных системах образуется пространственная **коагуляционная структура**, определяющая их основные свойства.



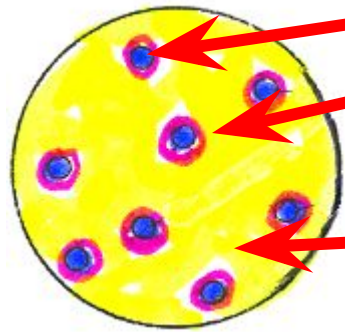
## 7.4.4. Эмульсии

**Эмульсия** - термодинамически неустойчивая дисперсная система, образованные двумя (или более) взаимонерастворимыми или слаборастворимыми друг в друге жидкостями.

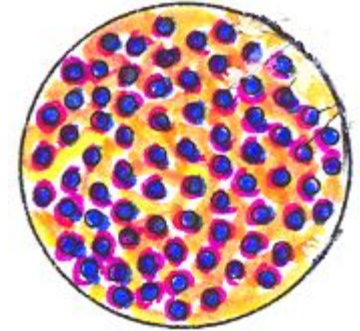
Жидкость, являющаяся непрерывной в эмульсии, в составе которой диспергирована другая жидкость в виде мелких глобул, называется **дисперсионной** (внешней) **средой**, а диспергированная жидкость - **дисперсной** (внутренней) **фазой**.



# Эмульсии



- глобула водной фазы
- адсорбционно-сольватный слой ПАВ
- углеводородная среда;



Если дисперсионная среда в эмульсии представлена:

- **полярной** жидкостью, то это эмульсия **прямая** или **I рода** - **масло в воде (м/в)**.
- **неполярной** или малополярной жидкостью (называемой, как правило, маслом), то это эмульсия **обратная** или **II рода** - **вода в масле (в/м)**.

Балаба В.И.



## Эмульсии

Термины: "*инвертная*", "*гидрофобная*", "*водонефтяная*" эмульсии являются синонимами **обратной эмульсии**.

**Обратными эмульсиями являются:**

- инвертно-эмульсионный буровой раствор (*ИЭР, ИЭБР*)
- высококонцентрированный инвертно-эмульсионный раствор (*ВИЭР*)
- гидрофобно-эмульсионный раствор (*ГЭР*).



## Эмульсии

Термины **ИЭБР**, **ВИЭР**, **ИЭР** и **ГЭР** **неверны**, поскольку объединяют два понятия - **эмульсию** и **раствор**, характеризующиеся принципиально различными коллоидно-химическими состояниями.

- **Раствор** - **гомогенная** (однородная) термодинамически **стабильная** жидкая система с растворенными в ней одним или несколькими компонентами.
- **Эмульсия** - **гетерогенная** (неоднородная) жидкая система с четким разделением компонентов на две фазы - полярную и неполярную, обладающие значительной свободной энергией.

Балаба В.И.



## Эмульсии

Размер **глобул** в эмульсиях, как правило, составляет **1 мкм** и более (можно наблюдать в оптический микроскоп), что придает им свойства, отличные от растворов.

Эмульсии, наряду с такими коллоидными системами как **пены** (*пузырьки газа, разделенные тонкими прослойками жидкости*) и **туманы** (*капли воды или кристаллы льда в воздухе*) являются неравновесными, т.е. **термодинамически неустойчивыми** системами.

Балаба В.И.



## Эмульсии

Процессы, происходящие в эмульсиях, самопроизвольно направлены на сокращение поверхности раздела, т.е. на слияние диспергированных частиц между собой и, в итоге, к полному расслоению их на две фазы. Это существенно отличает их от равновесных **коллоидных** систем (дисперсность **0,001-0,1 мкм**):

- **мицеллярных растворов** (растворы коллоидных ПАВ);
- **солюбилизированных систем** (растворы коллоидных ПАВ + дисперсная фаза);
- **микроэмульсий** (растворы коллоидных ПАВ + дисперсная фаза + спирт).



# Эмульсии

При дополнительном введении в эмульсию **мелкодисперсных твердых наполнителей**, полностью не растворяющихся ни в одной из фаз, но сохраняющих ее агрегативную стабильность, образуется **эмульсионно-суспензионная система.**



## 7.5. Свойства БПЖ

**Свойство** - то, что отличает один объект от другого. Свойства выражают в одном или нескольких *измеряемых* показателях.

Свойства подразделяют на простые и сложные.

**Простые свойства** раскрывает один показатель, который может быть непосредственно измерен *инструментально* или *экспертно*.

**Сложные свойства** непосредственно измерить нельзя, их для этого следует разделить на более простые.





# Свойства БПЖ

Свойства	Показатели
Физические	Плотность, относительная плотность
Реологические	Условная, динамическая и пластическая вязкость вязкости; Динамическое напряжение сдвига; Коэффициент пластичности; Показатель неньютоновского поведения; Показатель консистенции; Эффективная вязкость при скорости сдвига $100 \text{ с}^{-1}$ , полностью разрушенной структуре и др. При
Структурно-механические	Статическое напряжение сдвига (через 1 мин через 10 мин); Коэффициент тиксотропии
Фильтрационно-коркообразующие	Фильтратоотдача (показатель фильтрации статической, динамической, мгновенной); Толщина фильтрационной корки; Прихватопасность фильтрационной корки (напряжение сдвига, липкость, коэффициент трения и коэффициент сдвига корки и др).

Балаба В.И.



## Свойства БПЖ

<b>Свойства</b>	<b>Показатели</b>
<b>Электрохимические</b>	Удельное электрическое сопротивление; Электростабильность; Водородный показатель
<b>Теплофизические свойства</b>	Температура; Коэффициенты температуропроводности, теплопроводности; Удельная теплоемкость и др.
<b>Устойчивость к внешним воздействиям</b>	Термостойкость; Солестойкость; Недиспергирующая способность; Флокулирующая способность; Микробиологическая устойчивость; Агрегативная устойчивость
<b>Триботехнические</b>	Коэффициенты трения скольжения и трения качения; Интенсивность износа материала; Продолжительность работы пары трения без заедания; Диаметр пятна износа; Нагрузка заедания и др.

Балаба В.И.



## Свойства БПЖ

<b>Свойства</b>	<b>Показатели</b>
<b>Седиментационная устойчивость</b>	<b>Стабильность; Суточный отстой (показатель седиментации)</b>
<b>Коррозионная активность</b>	<b>Коэффициент коррозии</b>
<b>Поверхностное натяжение фильтрата ПЖ</b>	<b>Поверхностное натяжение на границе с газом, на границе с углеводородной жидкостью</b>
<b>Консолидирующая способность</b>	<b>Коэффициент консолидации</b>
<b>Ингибирующая способность</b>	<b>Обобщенный показатель устойчивости; Показатель увлажняющей способности; Коэффициент устойчивости, Коэффициент разупрочнения, Коэффициент набухания и др.</b>

Балаба В.И.



## 7.6. Параметры БПЖ

Из всей совокупности свойств БПЖ выделяют те, которыми можно оперативно управлять в процессе промывки скважины - **параметры** (*технологические свойства*).

Параметры подлежат обоснованию в рабочих проектах на строительство скважины.

К **основным** параметрам БПЖ относятся:



- Плотность  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>

**Масса единицы  
объема ПЖ.**



- **Условная вязкость УВ, с**

**Косвенно характеризует гидравлическое сопротивление течению. Определяется временем истечения заданного объема ПЖ через вертикальную трубку.**



# • Показатель фильтрации $\Phi$ , см<sup>3</sup>

Для ПЖ на водной основе - водоотдача.

Косвенно характеризует способность ПЖ отфильтровываться через стенки ствола скважины. Определяется количеством дисперсионной среды, отфильтрованной через проницаемую перегородку.

Регламентируют:

- *площадь*
- *перепад давления*
- *время.*

Балаба В.И.

31



- **Толщина фильтрационной корки  $K$ , мм**

**Косвенно характеризует способность ПЖ к образованию фильтрационной корки на стенках скважины.**

**Определяется толщиной корки, полученной при измерении показателя фильтрации.**





- *Пластическая вязкость  $\eta$ , Па·с*

**Характеризует темп роста касательных напряжений сдвига при увеличении скорости сдвига в случае, когда зависимость касательного напряжения сдвига от градиента скорости сдвига представлена в виде прямой (не проходящей через начало координат), определяемая углом наклона этой прямой.**



- **Статическое напряжение сдвига СНС, Па**

**Характеризует прочностное сопротивление ПЖ, находящейся в покое заданное время (1 и 10 мин). Определяется касательным напряжением сдвига, соответствующим началу разрушения ее структуры.**



# • *Динамическое напряжение сдвига $\tau_o$ , Па*

- **Косвенно характеризует прочностное сопротивление ПЖ течению. Определяется отрезком на оси касательного напряжения сдвига, отсекаемым прямой, отображающей зависимость касательной напряжения сдвига от градиента скорости сдвига при течении ПЖ.**



- **Водородный показатель  $pH$**

**Характеризует активность или концентрацию ионов водорода в ПЖ.**

**Равен отрицательному десятичному логарифму активности или концентрации ионов водорода.**



- **Показатель минерализации  $M_{NaCl}$ , %, мг/л.**

**Косвенно характеризует содержание водорастворимых солей в ПЖ.**

**Условно  
определяется  
эквивалентным  
содержанием  
хлорида натрия  
в  
фильтрате ПЖ.**

Балаба В.И.

37



- **Напряжение электропробоя  $U_{\text{э}}$ , В**

Косвенно характеризует стабильность **ПЖ** на углеводородной основе.

Определяется разностью потенциалов в момент разряда тока между расположенными на определенном расстоянии электродами, погруженными в ПЖ.

Балаба В.И.



## 7.6. Обоснование свойств БПЖ

### Правила, п. 2.7.3.3:

Плотность ПЖ в интервалах совместимых условий бурения должна определяться из расчета создания столбом ПЖ гидростатического давления в скважине, превышающего пластовое давление на величину:

- **10 %** для скважин глубиной до **1200** м (интервалов от 0 до 1200 м), но не более  $15 \text{ кгс/см}^2$  (**1,5 МПа**);
- **5 %** для интервалов от **1200** м до проектной глубины, но не более  $30 \text{ кгс/см}^2$  (**3,0 МПа**).



# Плотность БПЖ

- Максимально допустимая **репрессия** (с учетом гидродинамических потерь) **должна исключать возможность гидроразрыва или поглощения** ПЖ на любой глубине интервала совместимых условий бурения (п. 2.7.3.4).





## Плотность БПЖ

- В интервалах, сложенных неустойчивыми породами (глины, аргиллиты, глинистые сланцы, соли), **плотность, фильтрация, химсостав** ПЖ устанавливаются исходя из необходимости **обеспечения устойчивости стенок скважины**. При этом репрессия не должна превышать пределов, установленных для всего интервала совместимых условий бурения (п. 2.7.3.5).
- Допускается **депрессия** на стенки скважины в пределах **10-15 %** эффективных скелетных напряжений (разница между горным и поровым давлением пород).

Балаба В.И.



## **7.7. Материалы и реагенты для приготовления и кондиционирования БПЖ**

### **7.7.1. Состав БПЖ**

**БПЖ характеризуются компонентным (вещественным) и долевым составами, которые определяют его рецептуру.**

***Рецептура*** – перечень компонентов, составляющих ПЖ, и их долевой (массовый, объемный) состав.



## Рецептура хлоркалиевой ПЖ (кг на 1 м<sup>3</sup>):

- 50–100 глины;
- 30–50 КСІ;
- 5–10 полимера (КМЦ, М-14, метаса, крахмала);
- 30–50 КССБ;
- 5–10 КОН;
- 2–3 пеногасителя;
- 920–940 воды.

**Утяжелитель** добавляют до получения требуемой плотности ПЖ.



# Технологические свойства хлоркалиевой ПЖ

$\rho = 1,08-2,0 \text{ г/см}^3$ ,  
 $УВ = 25-40 \text{ с}$ ,  
 $\Phi = 4-8 \text{ см}^3$ ,  
 $СНС_1 = 2-60 \text{ дПа}$ ,  
 $СНС_{10} = 36-120 \text{ дПа}$ ,  
 $pH = 9-9,5$ .



## 7.7.2. Функциональное назначение компонентов БПЖ

По назначению:

- **общего назначения** используются для приготовления основы ПЖ и регулирования ее параметров,

- **специального назначения** – для придания специфических свойств (н-р, ингибирующих) либо для устранения недостатков и повышения эффективности веществ общего назначения (н-р, устранения пенообразования, повышения термостабильности).



## Компоненты БПЖ общего назначения

**1. Дисперсионная среда** – вода, углеводороды, синтетические жидкости.

**2. Структурообразователи** – материалы, придающие тиксотропные свойства ПЖ. Это глина, торф, специальные органические полимеры из класса полисахаридов (в частности биополимеры), синтетические полимеры, а для ПЖ на нефтяной основе – органофильные глины и битумы.

**3. Регуляторы pH** - неорганические вещества: основания (каустическая сода  $\text{NaOH}$ , известь  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ); щелочные (карбонат натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) и кислые (бикарбонат натрия  $\text{NaHCO}_3$ ) соли, изменяющие концентрацию ионов водорода в ПЖ.



**4. Понижители фильтрации** – вещества, снижающие величину показателя фильтрации ПЖ. Как правило, это природные и синтетические высокомолекулярные полимеры различной химической природы, н-р:

- **гуматные реагенты** – углекислотной реагент УЩР;
- **лигносульфонаты** – конденсированная сульфит-спиртовая барда КССБ;
- **полисахариды** – крахмал, эфиры целлюлозы (карбоксиметилцеллюлоза КМЦ);
- **акриловые полимеры** – гидролизованные полиакрилонитрил (гипан), полиакриламид (ГПАА).



**5. Разжижители** – вещества, снижающие предельную прочность структуры, тиксотропию и повышающие подвижность ПЖ:

**а) органические реагенты:**

- гуматные – УЦР;
- производные лигнина – нитролигнин;
- лигносульфонаты - ССБ, окзил

**б) неорганические реагенты:**

- комплексные фосфаты – гексаметафосфат натрия ( $\text{Na}_3\text{PO}_6$ ), тринатрийфосфат  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , триполифосфат натрия  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  и др.





# Компоненты БПЖ специального назначения

## 1. Ингибиторы разупрочнения глинистых пород.

Н-р, неорганические электролиты – известь  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , хлориды  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ , алюмокалиевые квасцы  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , силикат натрия  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , гипс  $\text{CaSO}_4$ .

## 2. Термостабилизирующие добавки.

Предотвращают загустевание и улучшают действие разжижителей при высоких температурах (анионные соединения хрома - хроматы и бихроматы натрия или калия  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ).

**Антиоксиданты** – вещества, замедляющие термоокислительную деструкцию полимеров (ароматические амины - анилин, алкилфенолы, аминоспирты (этаноламин)).

Балаба В.И.



**3. Смазочные добавки.** Графит, синтетические и растительные масла.

**4. Поверхностно-активные вещества (ПАВ).**

Снижают поверхностное натяжение на границе раздела фаз, обеспечивая качественное вскрытие продуктивных пластов. Используют водорастворимые ПАВ ионогенного типа (анионоактивные) – сульфонол, сульфонатриевые соли сланцевых смол СНС и неионогенные – ОП-10, УФЭ8.



**5. Эмульгаторы.** Служат для приготовления эмульсионных ПЖ. Большинство реагентов (УЦР, ССБ, КССБ, окзил, крахмал) – хорошие эмульгаторы прямых эмульсий. Применяют также водорастворимые ПАВ ионогенного типа (сульфонол) и неионогенные ПАВ (ОП-10).



**6. Пеногасители.** Предназначены для предупреждения и ликвидации вспенивания ПЖ. Используют: сивушное масло, соапсток, кальциевый мылонафт, полиметилсилоксановые жидкости ПМС, синтетические жирные спирты, окисленный петролатум, стеарат алюминия, резиновая или полиэтиленовая крошка в дизельном топливе (РС и ПЭС).

**7. Бактерициды** (антисептики). Предотвращают ферментативное разложение реагентов. Используют вещества неорганические (NaOH, NaCl) и органические (формальдегид, параформальдегид, фенол).



## 7.8. Циркуляционная система буровой установки

**ЦС** - комплекс механизмов и оборудования, предназначенный для выполнения следующих операций с ПЖ:

- *приготовления;*
- *подачи в скважину;*
- *кондиционирования;*
- *хранения запаса ПЖ.*



## 7.9. Система приготовления ПЖ

**Блок хранения  
материалов  
и реагентов**

- **бункеры**

**Блок  
приготовления ПЖ**

- **дозатор**
- **смеситель**
- **диспергатор**
- **перемешиватель**



## 7.9.1. Блок приготовления ПЖ (БПР)

- 1** - цельнометаллический бункер (2 шт.);
- 2** - воздушный фильтр;
- 3** - гофрированный рукав;
- 4** - выносной гидроэжекторный смеситель;
- 5** - рама;
- 6** - стойки.



## **БПР**

**Порошкообразный материал (глина, барит и др.) из автоцементовоза загружается в бункер 1 пневмотранспортом при помощи компрессора. Воздух выходит в атмосферу через фильтр 2.**

Балаба В.И.

56





## **БПР-70**

Для подачи порошкообразного материала в **гидроэжекторный смеситель** вначале аэрируют материал в бункере, чтобы исключить его зависание при опорожнении бункера, затем открывают шиберную заслонку, в результате чего обеспечивается доступ материалов в гофрированный шланг.

Жидкость, прокачиваемая насосом через штуцер гидросмесителя, создает в его камере разрежение. Т. к. в бункере поддерживается атмосферное давление, то на концах гофрированного шланга возникает перепад давления, под действием которого порошкообразный материал перемещается в камеру гидросмесителя, где смешивается с прокачиваемой жидкостью.



## **БПР-70**

**Воронка гидросмесителя служит для ввода материала в зону смешивания вручную. В обычном случае ее патрубок закрыт пробкой.**

**Блок БПР-70 оборудован гидравлическим измерителем массы порошкообразного материала ГИВ-М.**



## 7.9.2. Гидроэжекторный смеситель

- 1** - загрузочная воронка;
- 2** - клапан;
- 3** - приемная камера;
- 4** - сливной патрубков;
- 5** - штуцер;
- 6** - смесительная камера;
- 7** - диффузор.

Линии подвода: **I** - жидкости, **II-III** - порошка; **IV** - слив



## 7.9.3. Гидродиспергатор типа «струя в струю»



- 1** - корпус;
- 2, 5** - патрубки;
- 3** - коллектор;
- 4** - входной патрубков;
- 6** - сопло;
- 7** - насадка.



## 7.10. Система кондиционирования

**Блок  
очистки ПЖ  
от  
твёрдой  
фазы**

- **1 ступень**
- **2 ступень**
- **3 ступень**
- **4 ступень**

**Блок  
очистки ПЖ  
от газа**

- **газовый сепаратор**
- **дегазатор**

**Блок  
химической  
обработки ПЖ**

- **дозатор**
- **смеситель**
- **диспергатор**
- **перемешиватель**



# 7.10.1. Дисперсный состав твердой фазы ПЖ и возможности ее удаления

Содержание  
ТВ. частиц

Размер  
частиц, мкм

1 - глинопорошок;  
2 - барит;  
3, 4 - БШ через 1 и 2  
цикла циркуляции

Вибросито  
(1 ступень)

Пескоотделитель  
(2 ступень)

Илоотделитель  
(3 ступень)

Центрифуга  
(4 ступень)



## 7.10.2. Трехступенчатая система очистки от твердой фазы

**1** - скважина; **2** - вибросито; **3, 5** - центробежный насос;  
**4** - пескоотделитель; **6** - илоотделитель; **7** - буровой насос; **8, 9, 10** - резервуары

## 7.10.4. Вибросита

**Принцип действия** - отделение частиц просеиванием через сито.

Основание **1**,  
поддон для сбора  
очищенной ПЖ **7**,  
приемник с  
распределителем  
потока **2**,  
вибрирующая  
рама **5** с сеткой **4**,  
вибратор **3**,  
амортизаторы **6**.

Балаба В.И.





# *Вибросита*

Глубина очистки и пропускная способность вибросита зависит от *размера ячеек сетки* и *просеивающей поверхности*.

Вибрирующие рамы располагают как в горизонтальной, так и в наклонной плоскости.



# ***Вибросита***

**Движение  
вибросеток:**

- ***возвратно-  
поступательное  
по прямой;***
- ***эллипсообразное;***
- ***круговое;***
- ***комбинированное***

***Линейное  
движение  
сетки  
вибросит***

***Эллиптическое  
движение сетки  
вибросит***

Балаба В.И.



# Очиститель ПЖ компании SWACO

Регулируемая  
**каскадная**  
система очистки  
ПЖ:  
вибросита с  
**линейным** и  
**эллиптическим**  
движением.

Балаба В.И.

67



# Вибросита

Вибросито ВБС-1

Вибросито ВЕМ-600  
компания SWACO

Балаба В.И.

68



## 7.10.5. Гидроциклоны

**Гидроциклон** -  
инерционно-гравитационный  
классификатор твердых  
частиц

Полиуретано-  
вая песковая  
насадка с  
отверстием 15  
или 25 мм

ПЖ

БШ



# Технические характеристики гидроциклонов

Параметр	ПГ 60/300	ИГ М 45	ИГ М 45	ИГ 45/75	ИГ 45/75- К
Пропускная способность, м <sup>3</sup> /с	0,06	0,045	0,045	0,045	0,040
Наименьший размер частиц (мм) плотностью 2600 кг/ м <sup>3</sup> , удаляемых на 95 % при работе для промывочной жидкости плот- ностью 1100-1200 кг/ м <sup>3</sup> ;	0,07?	0,05	0,05	0,03	0,02
тестовой жидкости (вода - 98 %, тонкодисперсный кварцевый песок - 2 %)	0,04	0,02	-	0,01	-
Внутренний диаметр гидроциклона, мм	300	150	150	75	75
Рабочее давление перед гидроциклонами, МПа	0,28	0,3	0,3	0,3	0,3
Количество гидроциклонов	2	6	6	16	14

Балаба В.И.



## 7.10.11. Блок очистки ПЖ от газа

Последствия газирования ПЖ:

- **снижение плотности ПЖ (флюидопроявления, осыпи, обвалы);**
- **опасность взрыва или отравления (н-р,  $H_2S$ );**
- **снижение эффективной гидравлической мощности буровых насосов;**
- **ухудшение технологических свойств ПЖ и режима промывки скважины (ПЖ становится более вязкой, как и всякая двухфазная система; кислые газы, н-р двуокись углерода, могут привести к понижению рН и вызвать флокуляцию ПЖ );**
- **пузырьки газа препятствуют удалению шлама из ПЖ (очистное оборудование работает неэффективно).**



# Блок очистки ПЖ от газа

## Причины поступления газа из пласта в ПЖ:

- *отрицательное дифференциальное давление между скважиной и пластом;*
- *высокая скорость бурения (пластовый газ не успевает оттесниться фильтратом от забоя и стенок скважины и попадает в поток ПЖ вместе с выбуренной породой).*





## **Блок очистки ПЖ от газа**

**Газ в ПЖ может находиться**

- в свободном, жидком и растворенном состоянии.**

**По мере перемещения потока ПЖ к устью пузырьки свободного газа увеличиваются в объеме в результате снижения давления, сливаются друг с другом, образуя газовые пробки, которые прорываются в атмосферу.**

***Свободный газ* легко удаляется из ПЖ в результате перемешивания в желобах, на виброситах, в емкостях.**

**При устойчивом газировании, например при бурении на несбалансированном давлении, свободный газ удаляют из ПЖ с помощью газового сепаратора.**



## ***Блок очистки ПЖ от газа***

**Пузырьки газа, которые не извлекаются из ПЖ при естественном перепаде давления, оказываются вовлеченными в ПЖ.**

**Газ, проникший в молекулярную структуру ПЖ, извлечь трудно. Для этого требуется не только затратить некоторую энергию, но и часто необходимо применять понизители вязкости ПЖ и поверхностного натяжения, если используется недостаточно совершенная система дегазации.**

**Жидкие и растворимые газы удаляются из ПЖ на углеводородной основе плохо, так как газ входит в межмолекулярную структуру нефтяной фазы ПЖ.**

**Балаба В.И.**



# Схема дегазации ПЖ

ПЖ + газ

ПЖ

1


**1** - промежуточные емкости ЦС; **2** - скважина;  
**3** - вращающийся превентор; **4** - регулируемый штуцер  
и манифольд; **5** - газовый сепаратор; **6** - вибросито;  
**7** - дегазатор



## Схема газового сепаратора ( $V = 1-4 \text{ м}^3$ , $P$ - до 1,6 МПа)

**1** - корпус; **2** - отвод дегазированной ПЖ;  
**3** - регулятор уровня ПЖ поплавкового типа; **4** - манометр;  
**5** - трубопровод на факел; **6** - предохранительный клапан;  
**7** - тангенциальный ввод; **8** - поплавок;  
**9** - шлам;  
**10** - задвижка;  
**11** - эжектор для продувки и очистки сепаратора от шлама.

Действие инерционного и гравитационного полей



# Двухкамерный вакуумный дегазатор ДВС

К вакуумному насосу

Балаба В.И.

77

[Перейти на первую страницу](#)



## 7.10.12. Блок химической обработки

**Блок  
химической  
обработки ПЖ**

- **дозатор**
- **смеситель**
- **диспергатор**
- **перемешива-  
тель**



## 7.11. Система циркуляции

**Блок буровых насосов**

- **буровые насосы**

**Блок резервуаров**

- **резервуары**
- **перемешиватели**
- **шламовые насосы**

**Блок обвязки**

- **манифольд**
- **желоба**



# Манифольд ЦС установки кустового бурения

**1** - пол буровой;

**2** - нагнетатель-  
ный трубо-  
провод;

**3** - буровой  
насос;

**4** - резервуары;

**5** - скважина

1

2

3

4

5

Балаба В.И.

80





## 7.12. Размещение технологических отходов бурения

Технологические отходы бурения скважины (**ТОБ**):

- *буровой шлам* (**БШ**);
- *отработанные буровые технологические жидкости* (**ОБТЖ**);
- *буровые сточные воды* (**БСВ**).

Технологические отходы испытания и освоения скважины:

- *продукция, полученная из скважины - пластовые флюиды (вода, нефть, газ);*
- **ОБТЖ** (для вызова притока и глушения скважины);
- **БСВ**.



## 7.12.1. Объем технологических отходов бурения

Объем бурового шлама  $V_{\text{БШ}}$ , м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{БШ}} = K_{\text{п}} V_{\text{п}},$$
$$V_{\text{п}} = 0,785 K_{\text{к}} D^2 L,$$

где  $V_{\text{п}}$  - объем выбуренной породы, м<sup>3</sup>;

$K_{\text{п}} = 1,2$  - коэффициент разуплотнения выбуренной породы;

$K_{\text{к}}$  - коэффициент кавернозности;

$D$  - диаметр долота, м;

$L$  - длина интервала бурения, м.



# Объем технологических отходов бурения

Объем отработанной ПЖ  $V_{\text{ОБР}}$ , м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{ОБР}} = V_{\text{БШ}} K + 0,5V_{\text{Ц}},$$

где  $K = 1,052$  - коэффициент, учитывающий потери ПЖ со шламом при очистке на вибросите, пескоотделителе и илоотделителе;

$V_{\text{Ц}}$  - объем циркуляционной системы БУ.

Объем буровых сточных вод  $V_{\text{БСВ}}$ , м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{БСВ}} = 2V_{\text{ОБР}}.$$



## Пример расчета объема бурового шлама

Наименование показателя	Интервал бурения, м					
	0-40	40-600	600-3000	3000-4000	4000-4400	4400-5500
Диаметр долота, мм	914 (36")	610 (24")	406.4 (16")	311 (12-1/4")	215.9 (8-1/2")	152.4 (6")
Длина интервала бурения, м	40,0	560	2400	1000	400	1100
Коэффициент кавернозности	1,15	1,20	1,15	1,15	1,15	1,10
Объем выбуренной породы, м <sup>3</sup>	30,151	196,290	357,489	87,567	16,972	21,847
	всего 710,316 м <sup>3</sup>					
Объем бурового шлама, м <sup>3</sup>	30,182	235,548	428,987	105,080	20,637	26,216
	всего 852,379 м <sup>3</sup>					

Балаба В.И.



## Пример расчета объема ТОБ

Объем отработанной ПЖ  $V_{\text{ОБР}}$ , м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{ОБР}} = V_{\text{БШ}} K + 0,5V_{\text{Ц}},$$

При  $V_{\text{Ц}} = 200$  м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{ОБР}} = 1,2 \times 710 \times 1,052 + 0,5 \times 200 = 996 \text{ м}^3.$$

Объем буровых сточных вод  $V_{\text{БСВ}}$ , м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{БСВ}} = 2V_{\text{ОБР}} = 2 \times 996 = 1992 \text{ м}^3.$$

Соотношение БШ : ОБР : БСВ в данном случае **852 : 996 : 1992** или **1 : 1,2 : 2,4**.



## 7.12.3. Принципиальная схема безамбарной системы размещения ТОВ

- 1** - источник водоснабжения;
- 2** - блок сбора оборотной воды;
- 3** - блок приготовления и кондиционирования ПЖ;
- 4** - скважина;
- 5** - блок механической очистки;
- 6** - контейнер-шламосборник;
- 7** - переключатель;
- 8** - блок сбора БСВ;
- 9** - блок химической очистки;
- 10** - блок доочистки.



# Принципиальная схема системы обезвоживания

- 
- 1** - ПЖ из скважины
  - 2** - вибросита
  - 3** - очиститель ПЖ

**4** - ЦС;  
**7** - блок хим. очистки;  
**8** - бытовой отсек; **9** - смешительная емкость;  
**10, 11, 12** - блоки хранения полимера, кислоты и коагулянта;

**6** - центрифуга;



**5** - насос

**13, 14** - приемные емкости для чистой и грязная воды;  
**15, 16** - блоки хранения чистой и грязной воды.



## **7.13. Гидравлическая программа промывки скважины**

При проектировании гидравлической программы промывки скважины определяют:

- **величину подачи промывочной жидкости;**
- **режим течения жидкости в зависимости от скорости движения;**
- **параметры гидромониторных насадок;**
- **гидравлические сопротивления движению жидкости по характерным участкам системы циркуляции;**
- **суммарные гидравлические сопротивления в системе циркуляции;**
- **гидравлическую мощность бурового насоса.**





## 7.13. Гидравлическая программа промывки скважины

Потери напора в системе циркуляции ПЖ зависят от:

- **конструкции скважины;**
- **конструкции бурильной колонны;**
- **конструкции породоразрушающего инструмента;**
- **способа бурения;**
- **подачи ПЖ;**
- **свойств ПЖ** (н-р, плотности, вязкости, статического и динамического напряжений сдвига).

Общие потери напора подсчитывают как сумму потерь во всех элементах системы циркуляции ПЖ. По суммарным потерям напора подбирают тип бурового насоса, а по подаче – требуемое их количество.

Б

