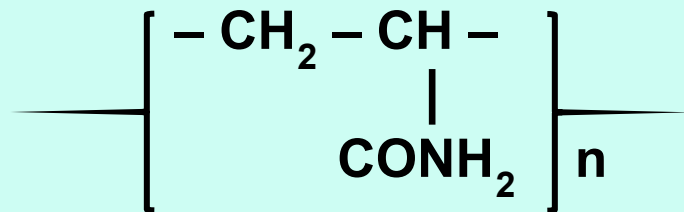


### 4.1.2. Полимерные растворы

Полимерными называются водные растворы высокомолекулярных веществ (ВМВ), молекулы которых построены путем многократного повторения одного и того же звена - **мономера**.

Например, мономер ПАА:



Если в молекуле чередуются разные мономеры, то такое ВМВ называется **сополимером**.

Молекулярный вес ВМВ может достигать нескольких миллионов (до 10... 14).



ВМВ могут быть полиэлектролитами и неэлектролитами.

К **полиэлектролитам** относятся реагенты на основе водорастворимых эфиров целлюлозы и на основе акриловых полимеров, которые при диссоциации в воде образуют сложный анион и простой катион.

К **неэлектролитам** относятся крахмальные реагенты, содержащие полярные группы, не имеющие заряда.

Последняя группа реагентов из-за отсутствия полиэлектролитных свойств и трудностей в хранении для получения полимерных растворов используется крайне редко.

Впервые полимерные растворы начали применяться в США в начале 60-х годов, в нашей стране – спустя десятилетие.



Основными особенностями полимерных растворов, определяющими их успешное применение для целей бурения, являются:

- ✓ **Псевдопластичные свойства**, благодаря которым полимерные растворы обладают хорошей очистной, несущей (транспортирующей) и удерживающей способностью.

Это обеспечивается тем, что при малых скоростях сдвига, имеющих место в затрубном пространстве скважин, вязкость полимерных растворов во много раз превышает вязкость воды, а при высоких скоростях сдвига, характерных для промывочных каналов долот, их вязкость близка к вязкости воды.



- ✓ **Способность создавать на стенках скважин полимерную пленку**, препятствующую проникновению фильтрата в поры горных пород. Это обусловлено проявлением полимерными растворами полиэлектролитных свойств, обеспечивающих, благодаря наличию зарядов, адсорбцию молекул полимера на стенках скважин, а также на частицах выбуренных пород. Последнее, т.е. адсорбция молекул полимера на частицах выбуренных пород, обеспечивает улучшение очистки бурового раствора от шлама вследствие процесса **флокуляции**.
- ✓ **Длинноцепочечные полимеры** обладают уникальной способностью снижать гидравлические сопротивления при турбулентном режиме течения (**эффект Томса**, 1949 г.). Экспериментально установлено, что добавки некоторых ВМВ позволяют снизить гидравлические сопротивления по сравнению с растворителем (водой) на 80 %.



### Вывод:

**Полимерные растворы по своим функциональным свойствам существенно превосходят техническую воду, а в ряде случаев, и качественные глинистые растворы, т.е. являются весьма перспективными очистными агентами при бурении в условиях отсутствия флюидопроявлений (бурении при равновесии давления в системе «ствол скважины – пласт»).**

### Недостатки полимерных растворов:

- ✓ **низкая стойкость к действию ионов кальция и других поливалентных металлов;**
- ✓ **высокая стоимость импортных ВМВ (3...16 тыс. долларов за тонну) и дефицитность отечественных (потребности в полимерных реагентах удовлетворяются только на 40...50 %).**



### 4.1.3. Водные растворы электролитов (солей)

Водные растворы солей ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ) могут применяться в качестве очистных агентов в следующих случаях:

- ✓ при бурении в многолетнемерзлых породах (ММП);
- ✓ при бурении в отложениях солей;
- ✓ для глушения скважин при капитальном ремонте (в качестве жидкости глушения);
- ✓ в качестве буферной жидкости при тампонировании скважин.



**При бурении скважин в ММП** (распространены более чем на половине территории России, мощность их доходит до нескольких сотен метров, температура достигает - 13 °С, обычно - 5...6 °С) **применяются водные растворы NaCl, реже CaCl<sub>2</sub>.**

Концентрация соли в растворе выбирается в соответствии с температурой ММП.

Незамерзающие водные растворы солей обладают такими же свойствами, как и техническая вода, но в отличие от воды имеют более высокую плотность и повышенное коррозионное воздействие на металл.

Они не пригодны для бурения в мерзлых породах, сцементированных льдом, так как вызывают его таяние.

**Водные растворы солей рационально применять только при бурении плотных, устойчивых, «сухих» мерзлых пород.**



При проходке мощных пластов солей во избежание образования каверн применяют насыщенные растворы этих солей:

- ✓ при проходке **галита** ( $\text{NaCl}$ ) - раствор  **$\text{NaCl}$** ;
- ✓ при проходке **сильвина** ( $\text{KCl}$ ) - раствор  **$\text{KCl}$** ;
- ✓ при проходке **бишофита** ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) - раствор  **$\text{MgCl}_2$** ;
- ✓ при проходке **карналлита** ( $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) - раствор ( **$\text{KCl} + \text{MgCl}_2$** ).

С повышением температуры растворимость солей увеличивается. Поэтому в глубоких скважинах циркулирующая жидкость в призабойной части способна растворять соль, а в верхней части скважины, где её температура понижается, - выделять соль в виде кристаллов (**рекристаллизация**).

**Таким образом, водные растворы солей могут использоваться при проходке пластов солей, залегающих лишь в верхних интервалах скважин.**

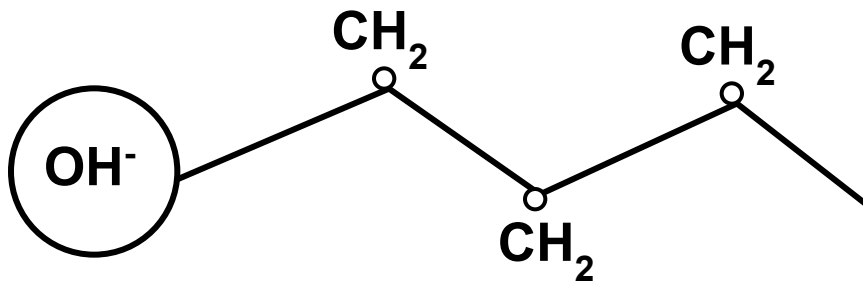




### 4.1.4. Водные растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ)

Поверхностно-активными называются такие вещества, которые способны адсорбироваться (концентрироваться) на поверхностях раздела фаз и понижать вследствие этого их поверхностное натяжение.

Молекулы ПАВ имеют **дифильное** (двойственное) строение. Их принято изображать в виде головастика, у которого головка полярная (гидрофильная), а хвостик – неполярный (гидрофобный).



Добавки ПАВ к технической воде позволяют:

- ✓ **Интенсифицировать процесс разрушения горных пород на забое.** Это объясняется следующим. В процессе бурения горная порода в зоне контакта с долотом покрывается сетью макро- и микротрещин, которые после снятия нагрузки смыкаются и таким образом, работа, затраченная на их образование в последующем не используется для облегчения разрушения горных пород. При адсорбции ПАВ на поверхности таких микротрещин, их смыкание предотвращается, обеспечивая тем самым как бы понижение прочности горных пород в зоне предразрушения (**эффект П.А. Ребиндера**, 1928 г.).



- ✓ **Снизить силу трения между стенками скважины (аксиальное трение) и бурильными трубами, а также износ последних.** Материал бурильных труб и горные породы гидрофобны, поэтому молекулы ПАВ адсорбируются на них своими гидрофобными (углеводородными) частями. Образующиеся в результате граничные пленки («молекулярный ворс») способны значительно уменьшить трение и износ контактирующих в скважине поверхностей.
- ✓ **Повысить износостойкость породоразрушающего инструмента** за счет образования аналогичной граничной пленки на вооружении и опорах долот.



В практике бурения наиболее часто применяют водные растворы **ОП-7, ОП-10, сульфонола и превоцела**.

Область применения водных растворов ПАВ та же, что и у технической воды.

Однако их преимущества говорят о необходимости и целесообразности добавок ПАВ к технической воде (полимерным и другим растворам) практически во всех случаях, когда это возможно (исключение: бурение в зонах поглощений и вскрытие водоносных горизонтов хозяйственно-питьевого назначения).

ПАВ рекомендуется вводить в буровой раствор и перед вскрытием нефтяных пластов.



### 4.1.5. Нефть и дизельное топливо

Нефть и нефтепродукты определенного состава используются в качестве:

- ✓ **дисперсионной среды** растворов на углеводородной основе (РУО) и **гидрофобных эмульсий**;
- ✓ **дисперсной фазы гидрофильных эмульсий** (в качестве **противоприхватной добавки** наряду с неполярными жидкостями растительного и животного происхождения);
- ✓ **самостоятельных очистных агентов** (весьма редко).

Из нефтепродуктов наиболее широко используется **дизельное топливо** (чаще чем сырая нефть) марок ДЛ и ДЗ (летнее и зимнее).



### 4.1.6. Газообразные агенты

Использование газообразных агентов вместо буровых растворов или пневматического способа удаления продуктов разрушения вместо гидравлического позволяет:

- ✓ **Существенно увеличить механическую скорость бурения (в 4 - 5 раз в твердых и в 2 - 3 раза в мягких породах) и проходку на долото (в 2 - 5 раз).**

Столь существенные преимущества продувки объясняются следующим:

- практически отсутствует статическое давление на забой скважины ( $\rho_r = 0,6...18 \text{ кг/м}^3$ );
- происходит более интенсивная очистка забоя вихревым (высокотурбулентным) потоком огромной скорости.



- ✓ **Сохранить естественные свойства** отбираемого **керна**, так как исключается его размыв, растворение, загрязнение.
- ✓ **Без осложнений проходить зоны, катастрофически поглощающие буровой раствор.**
- ✓ **Существенно увеличить продуктивность пластов с низким пластовым давлением.**
- ✓ **Исключить набухание, растворение и обвалы горных (глинистых) пород**, естественная структура которых нарушается при контакте с буровым раствором на водной основе.



- ✓ **Успешно бурить интервалы ММП и льда** (теплоемкость воздуха в 4 раза ниже теплоемкости воды, поэтому его легко и быстро можно охладить до нулевой и даже до отрицательной температуры).
- ✓ **Улучшить условия труда буровой бригады** (отпадает необходимость в приготовлении бурового раствора и растворов химреагентов, не нужна циркуляционная и очистная системы, не перемерзает нагнетательная система и т.д.).
- ✓ **До минимума снизить техногенную нагрузку на окружающую природную среду.**





Несмотря на перечисленные достоинства и высокую эффективность (производительность буровых работ возрастает в 1,5 - 2 раза), объемы бурения с использованием пневматического способа удаления продуктов разрушения весьма незначительны ( $\approx 1...2\%$ ).

Объясняется это тем, что газообразные агенты имеют и целый ряд существенных недостатков:

- ✓ **Увеличивается стоимость наземного оборудования.** Для бурения с продувкой необходимы компрессор высокого давления; специальные нагнетательная и выкидная линии, пылесборники, влагомаслоотделитель, КИП и т. д. Кроме этого **продувка возможна только при роторном способе бурения.**



- ✓ **Повышается износ бурильных труб** вследствие окислительного действия газообразной среды (при использовании в качестве очистного агента сжатого воздуха), отсутствия архимедовой силы, абразивного действия смеси «газ + шлам», высоких значений коэффициента трения.
- ✓ **Отсутствует возможность регулирования противодействия на вскрываемые пласты**, в связи с чем значительно возрастает опасность флюидопроявлений, сложно бурить в потенциально неустойчивых породах.



- ✓ **Значительно осложняется бурение при притоках в скважину воды.**

В этом случае шлам становится влажным, налипает на буровой инструмент и стенки скважины, в результате чего образуются сальники. При незначительных водопритоках производят гидрофобизацию контактирующих поверхностей непрерывными добавками ПАВ (0,1...0,2 % к предполагаемому объему притока воды).
- ✓ **Ограничивается возможность проведения геофизических работ.**

Для проведения электрокаротажа и перфорирования обсадной колонны скважина должна быть заполнена жидкостью.



### Вывод:

**Газообразные агенты экономически целесообразно использовать при проходке зон катастрофического поглощения, интервалов ММП и льда, при бурении в безводных и засушливых районах, при вскрытии продуктивных горизонтов с низким пластовым давлением (со строгим соблюдением правил безопасности).**

При наличии в разрезе газо- и нефтесодержащих пластов в качестве очистного агента необходимо применять природный газ и, лучше всего, от газовых магистралей промысла. При отсутствии газопровода обычно применяют азот или отработанный газ, полученный от ДВС, установленных на буровой.



## 4.2. Гетерогенные (многофазные) очистные агенты

### 4.2.1. Глинистые растворы

Широкое применение глинистых растворов обусловлено:

- ✓ **относительной доступностью и дешевой основой сырья** для их приготовления;
- ✓ их особыми, в какой-то мере **универсальными, свойствами**:
  - способностью образовывать малопроницаемую фильтрационную корку на стенках скважины;
  - способностью удерживать во взвешенном состоянии частицы выбуренной породы и утяжелителя;
  - возможностью регулирования реологических, структурно - механических и фильтрационных свойств в весьма широком диапазоне.



### 4.2.1.1. Полимерглинистые буровые растворы

Предназначены для массового бурения эксплуатационных и разведочных скважин в различных отложениях, а также для вскрытия продуктивных пластов.

Основой для получения полимерглинистых буровых растворов могут служить как естественные, так и приготовленные на поверхности глинистые суспензии.

Разновидности полимерглинистых растворов:

✓ **На основе одного полимерного реагента:** КМЦ, ПАА (его аналогов), метаса, КЕМ-ПАС, М-14ВВ, НР-5. При необходимости разжижения - обработка НТФ.

Предназначены для бурения в достаточно устойчивых, предпочтительно грубодисперсных, слабо набухающих породах (обычно при бурении под кондуктор).



- ✓ На основе одного полимерного реагента с добавками ГКЖ-10 (11) или Петросил-2М (*гидрофобизирующие растворы*).  
Варианты: ГКЖ + КМЦ, ПАА + ГКЖ, ГКЖ + М-14ВВ (метас), ГКЖ + NaOH + нитронное волокно.

Предназначены для разбуривания высококоллоидальных глинистых пород. Обусловлено это тем, что кремнийорганические соединения вследствие своей дифильности адсорбируются на глинистых минералах, создавая гидрофобный барьер, препятствующий контактированию глин с дисперсионной средой бурового раствора.

Недостаток гидрофобизирующих растворов – низкая устойчивость к воздействию катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  (не более 300...400 мг/л).



✓ **На основе комплексных или поликомплексных реагентов**, содержащих два или большее число полимеров, одни из которых обладают свойствами стабилизаторов (понижителей фильтрации), а другие – флокулянтов (ингибируют глинистые породы и предотвращают обогащение бурового раствора шламом).

**Стабилизаторы:** НР-5, метас, гипан, СУРАН и др.

**Флокулянты:** ПАА, DK-DRIL-A1, CYDRIL (высокая молекулярная масса).

Соотношение флокулянт : стабилизатор = от 1 : 3 до 1 : 10.

Назначение: бурение в набухающих глинах и неустойчивых глинистых сланцах.





Для эффективной работы полимерных реагентов оптимальные значения **pH** необходимо поддерживать в пределах **8,5...9,5**.

**Термостойкость** полимерглинистых растворов зависит от применяемых полимеров и варьирует в пределах **120...200 °C**.

Из трех разновидностей полимерглинистых растворов для вскрытия продуктивных пластов наиболее предпочтительны гидрофобизирующие, которые относятся к классу защитно-когельматирующих (образуют тонкий, низкопроницаемый экран, впоследствии разрушаемый перфорацией).

**Коэффициент восстановления проницаемости в заглинизированных гранулярных коллекторах составляет 0,8...0,85, т.е. проницаемость ухудшается на 15...20 %.**



### **4.2.1.2. Утяжеленные буровые растворы**

**Утяжеленные буровые растворы применяются при бурении скважин в отложениях, в том числе, продуктивных, с высоким пластовым давлением, а также в неустойчивых высокопластичных глинах, т.е. для предупреждения флюидопроявлений и сужений ствола скважины.**

**Утяжеляться могут любые структурированные буровые растворы.**

