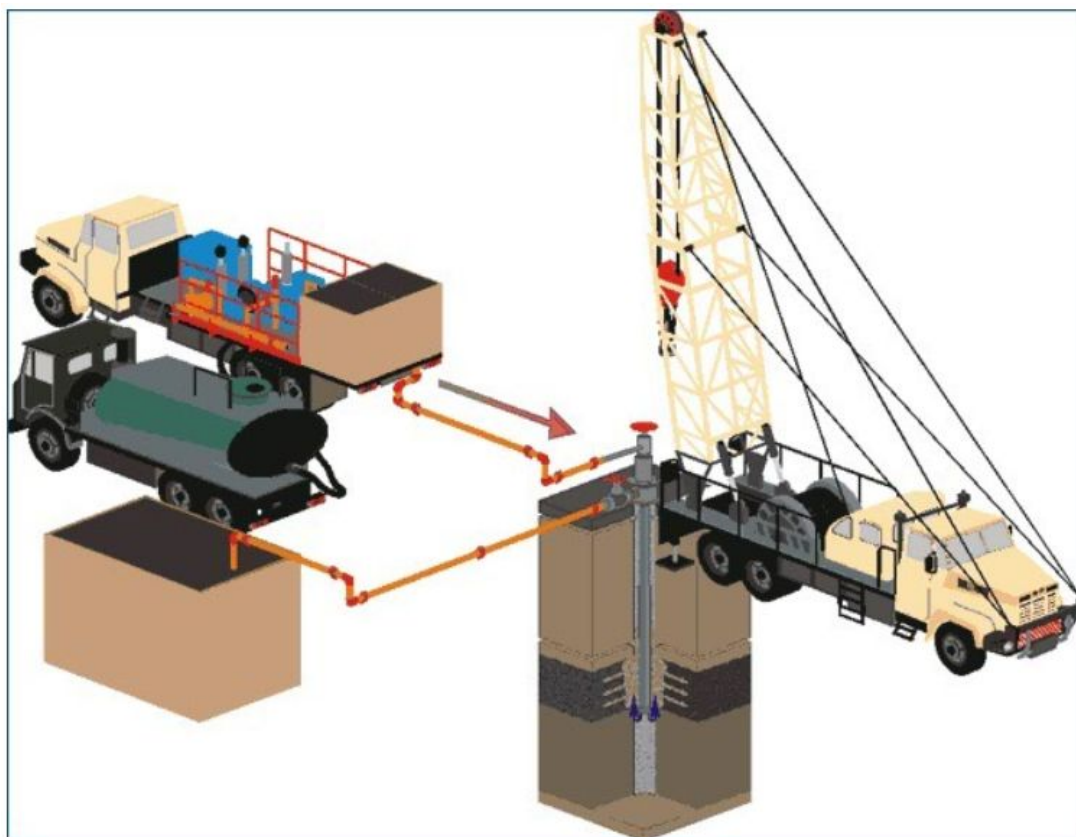
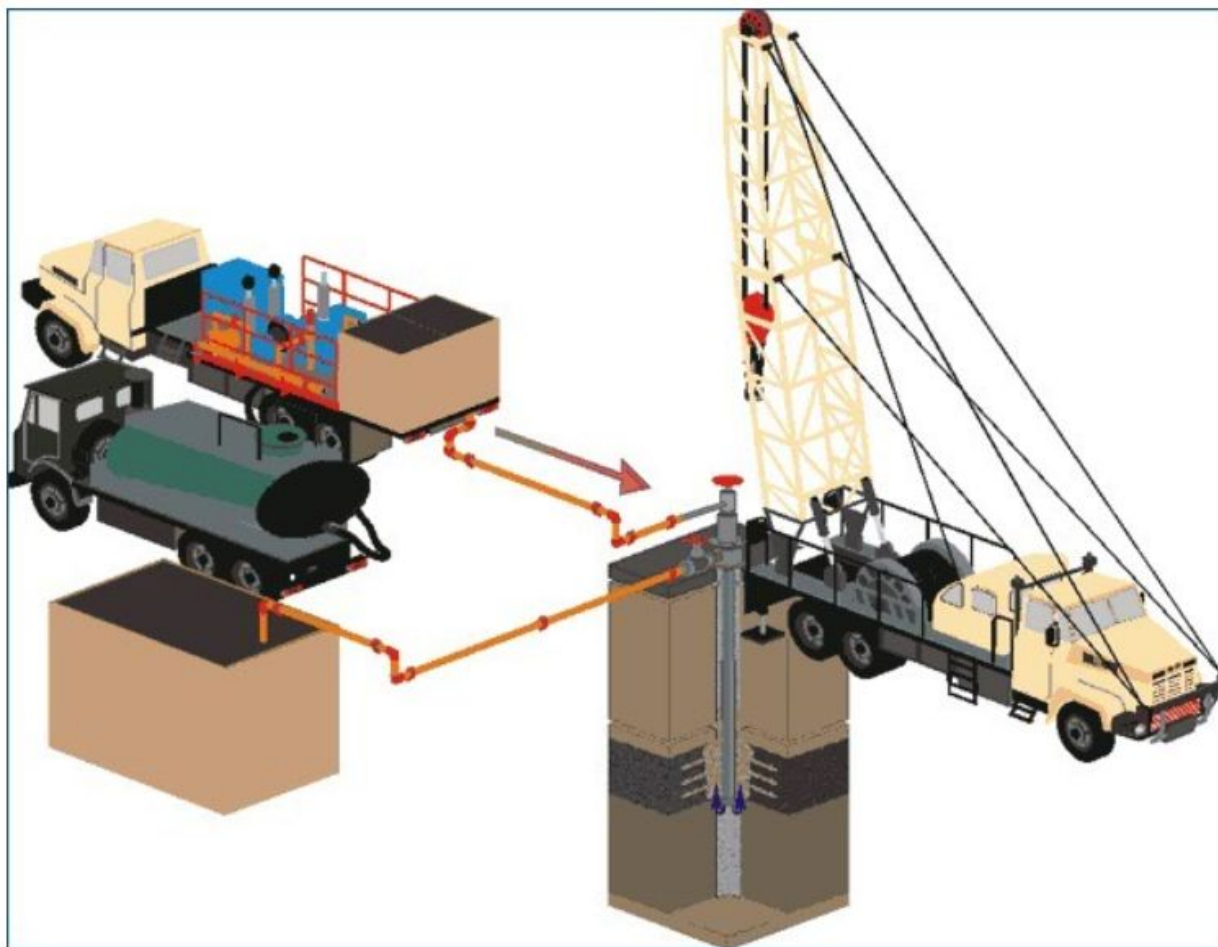


ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОЛЯНОКИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ

Проектирование солянокислотной обработки сводится к выбору концентрации кислотного раствора, устанавливаемой экспериментально, а также к расчету необходимого количества товарной кислоты и химических реагентов.



КИСЛОТНЫЕ ОБРАБОТКИ ПЭС



Методы кислотного воздействия

Основаны на способности кислот растворять горные породы или цементирующий материал

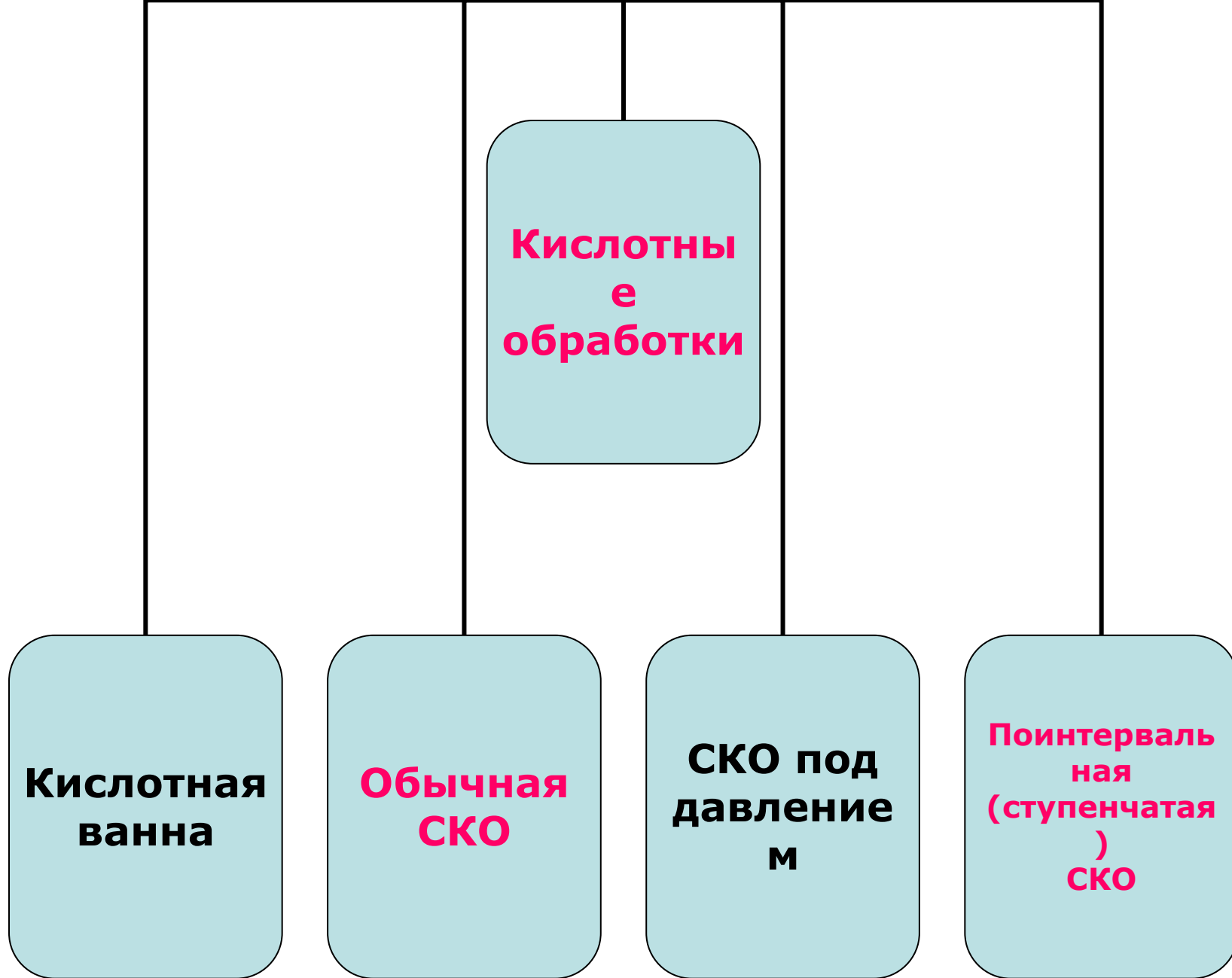
Кислотные
обработки ПЗС

Обработка ПЗС
терригенных
коллекторов
(HF+HCL)

Обработка ПЗС
карбонатных
коллекторов **(HCL)**

Растворение глинистых
(цементных) частиц в
ПЗС

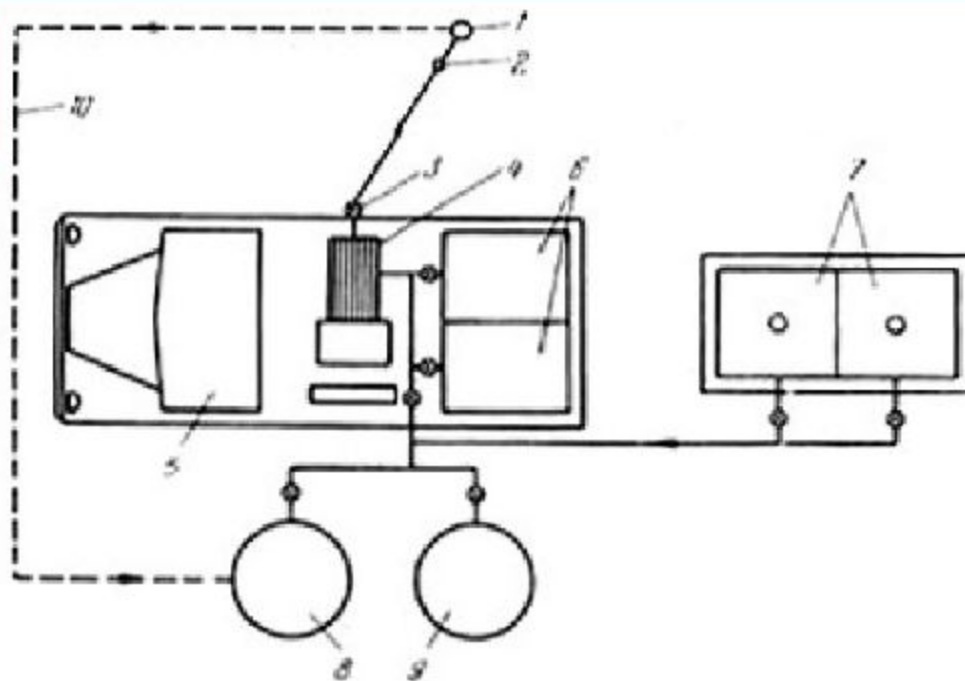
Растворение солей,
выпавших в ПЗС



Техника и технология кислотных обработок скважин

Рис. 1. Схема обвязки скважины при проведении простых кислотных обработок.

1 - устье скважины; 2 - обратный клапан; 3 - задвижка высокого давления; 4 - насос 4НК-500; 5 - агрегат Азинмаш 30А; 6 - емкость для кислоты на агрегате; 7 - емкость для кислоты на прицепе; 8 - емкость для продавочной жидкости; 9 - емкость для кислоты; 10 - линия для обратной циркуляции



Иногда для закачки используют два и более параллельно работающих агрегатов. Устье при обработке под давлением оборудуется специальной головкой и соединяется с выкидом насосного агрегата прочными трубами.

При термокислотной обработке используются реакционные наконечники из нефтепроводных труб диаметром 100 и 75 мм. Внутренняя полость трубы загружается магнием в виде стружки или брусков, а ее поверхность перфорируется мелкими отверстиями.

[Перейти на первую страницу](#)



Наземное оборудование для проведения СКО



Насосные установки типа УНЦ1-160 предназначены для транспортировки и нагнетания в скважину смеси кислот при солянокислотной обработке призабойной зоны



Кислотовоз предназначен для перевозки раствора ингибированной соляной кислоты и подачи ее на прием насосной установки или в другие резервуары в районах с умеренным климатом

Расчет СКО для известняка



или в количественных соотношениях

$$(40+12+3 \cdot 16) + 2(1+35,5)=(40+2 \cdot 35,5) + (2 \cdot 1+16) + (12+2 \cdot 16)$$

$$100\text{г} + 73\text{г} = 111\text{г} + 18\text{г} + 44\text{г}$$

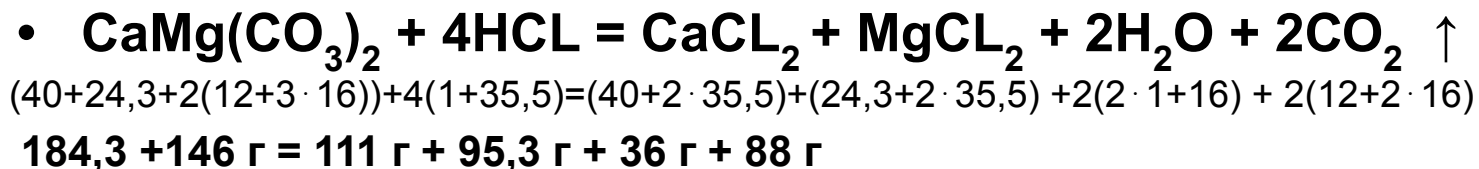
- При растворении **100 г** известняка **73 г** чистой HCl получается **111 г** растворимой соли хлористого кальция, **18 г** воды и **44 г** углекислого газа. На 1 кг известняка надо израсходовать 730 г. чистой HCl.

$$x = 73 \frac{1000}{100} = 730\text{г}$$

- 1 л 15%-ного раствора кислоты содержит **161,2 г** чистой HCl. Следовательно, для растворения 1кг известняка потребуется:

$$y = \frac{x}{161,2} = \frac{730}{161,2} = 4,53(\text{л}) \text{ раствора}$$

Расчет СКО для доломита



- При растворении **184,3 г** доломита **146 г** чистой HCl получается **111 г** растворимой соли хлористого кальция, **95,3 г** растворимой соли хлористого магния, **36 г** воды и **88 г** углекислого газа.
- Для растворения 1 кг **ДОЛОМИТА** потребуется кислоты

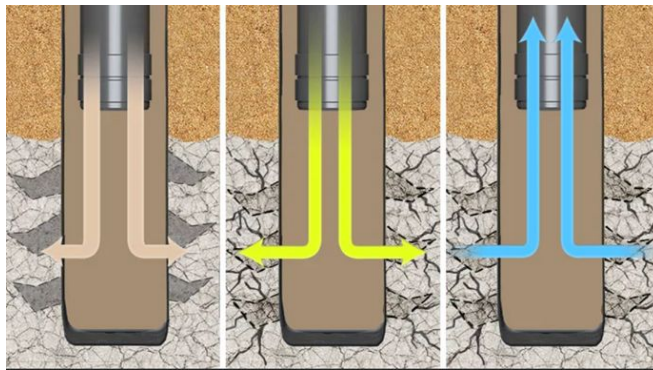
$$x = 146 \frac{1000}{184,3} = 792,2(\text{г})$$

- или 15%-ного раствора HCl:

$$y = \frac{x}{1612} = \frac{7922}{1612} = 4,914(\text{л})$$

Назначение обычной СКО

- **закачка кислоты в пласт на значительное расстояние от стенки скважины с целью расширения размеров микротрещин и каналов, улучшения их сообщаемости между собой** (увеличивается проницаемость системы и дебит (приемистость) скважины).
- **Глубина проникновения кислоты в пласт зависит от:**
 - скорости реакции,
 - **вещественного (химического) состава породы,**
 - удельного объема кислотного раствора ($\text{м}^3/\text{м}^2$ поверхности породы),
 - **температуры, давления и концентрации кислоты.**

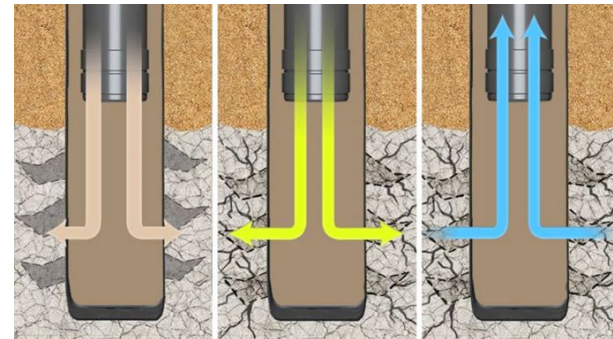


Скорость реакции кислоты

- характеризуется **временем ее нейтрализации** при взаимодействии с породой **и зависит температуры:**
- В зависимости от вещественного состава карбонатной породы **скорость реакции возрастает от 1,5 до 8 раз** при повышении температуры от 20 до 60°C.
- Изменение концентрации кислотного раствора от **5 до 15%** HCl не оказывает практического влияния на скорость реакции даже при температуре 60°C.

Концентрация растворов кислоты

- *Низкие концентрации* раствора *увеличивают глубину его проникновения в пласт*, но при этом возрастают требуемые объемы кислотного раствора (осложняется процесс освоения скважины после СКО из-за большого количества продуктов реакции).
- **Высокие концентрации раствора** приводят к образованию *насыщенных с повышенной вязкостью растворов* CaCl_2 и MgCl_2 , которые трудно извлекаются из пласта при освоении. Кроме того, *существенно возрастает коррозия* оборудования и труб.
- кислотные растворы с концентрацией более 15% HCl хорошо растворяют гипс и ангидрит, образуя твердый осадок, выпадающий в ПЗС и снижая ее проницаемость.

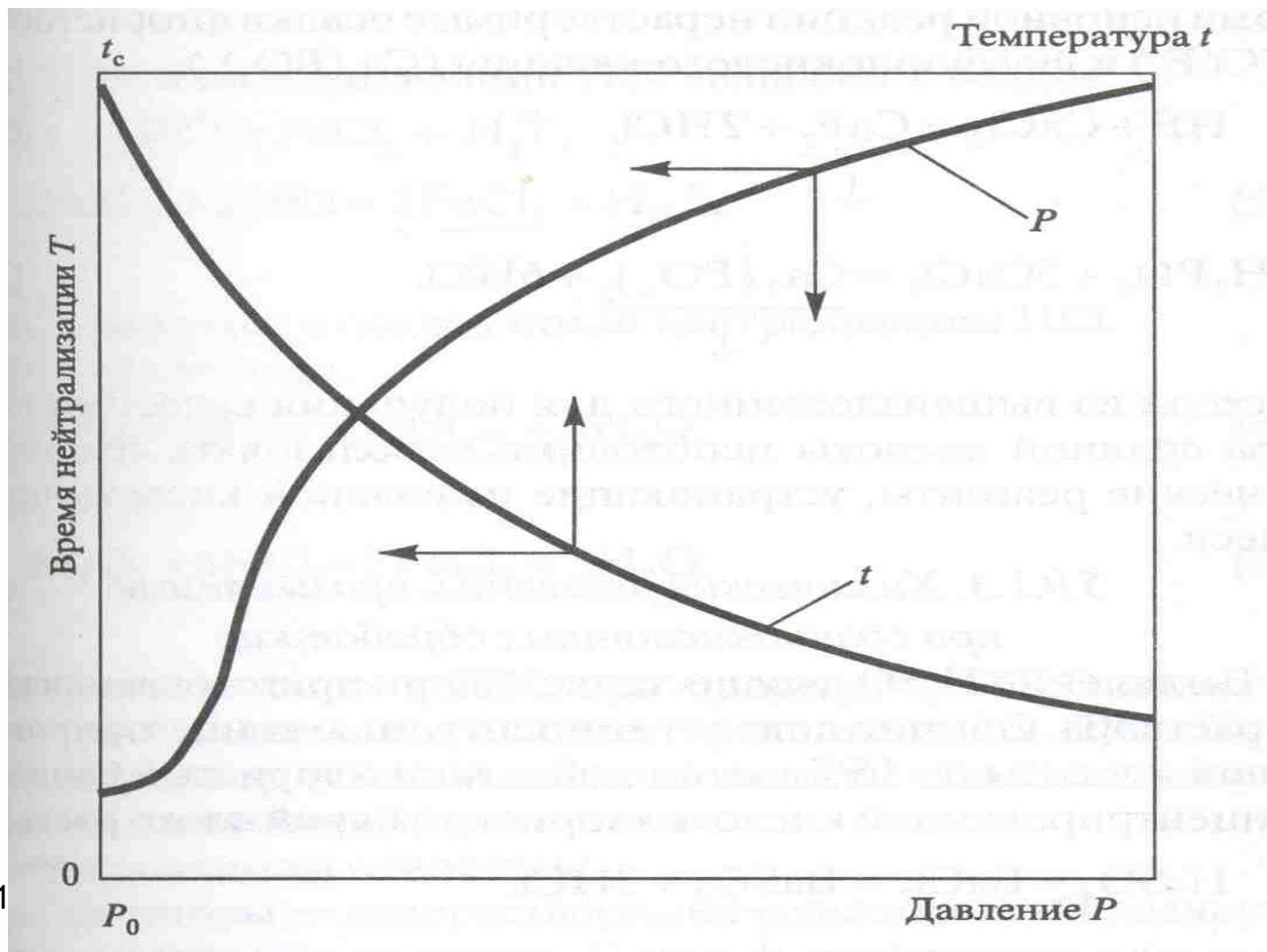


Влияние давления на скорость реакции

- **Повышение давления приводит к снижению скорости реакции.**
- время нейтрализации 75% объема кислотного раствора **увеличивается в 7-10 раз** при повышении давления с 0,1 МПа до 0,7 МПа;
- *при увеличении давления от 0,7 до 1 МПа время нейтрализации увеличивается в 30-35 раз,*
- при увеличении давления с 2 до 6 МПа скорость реакции снижается в 70 раз.

Влияние давления и температуры на время нейтрализации кислотного раствора

- P_0 – атмосферное давление; t_c – стандартная температура – 20 °С.



Вредные примеси, присутствующие в концентрированной кислоте

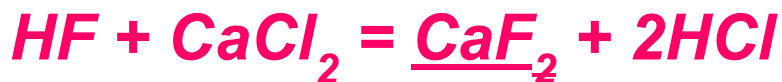
1. Серная кислота H_2SO_4 взаимодействует с продуктами
основной реакции образует гипс,
выпадающий в осадок:



2. Хлорное железо $FeCl_3$ $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2 \uparrow$

$FeCl_2$ преобразуется в $FeCl_3$, выпадающий в осадок.

3. Фтористый водород и фосфорная кислота,



образуют с продуктами реакции нерастворимые осадки фтористого кальция (CaF_2) и фосфорнокислого кальция ($Ca_3(PO_4)_2$)

Химические реагенты, добавляемые в раствор кислоты

- **Стабилизаторы** — водорастворимые вещества, стабилизирующие свойства кислотного раствора (предотвращают выпадение солей Al и Fe - **уксусная кислота (CH_3COOH)**. $0,8 \div 2\%$ от объема кислотного раствора.
- **Ингибиторы** — водорастворимые вещества, понижающие коррозионную активность HCl (**формалин** (до 1%) реагент **И-1-А** (до 0,4%) в смеси с уротропином (до 0,8%) **УФЭ₈**, **ДС катапин-А**, реагент **В-2**, **карбозолин-О**, реагент «**Север-1**»)
- **Интенсификаторы** — вещества, обеспечивающие удаление продуктов реакции из ПЗС. ПАВ снижают межфазное натяжение, способствуют выносу воды и отмыву нефти с поверхности горной породы (**спирты**, **сульфокислоты**, **МЛ-72**, **ОП-10**, **марвелан К(О)**, реагент 4411, **тержитол**, катапин-А

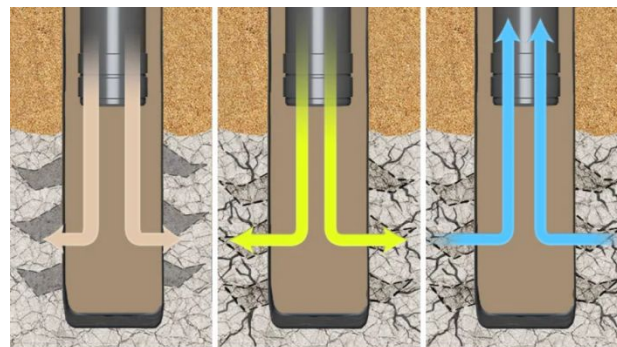
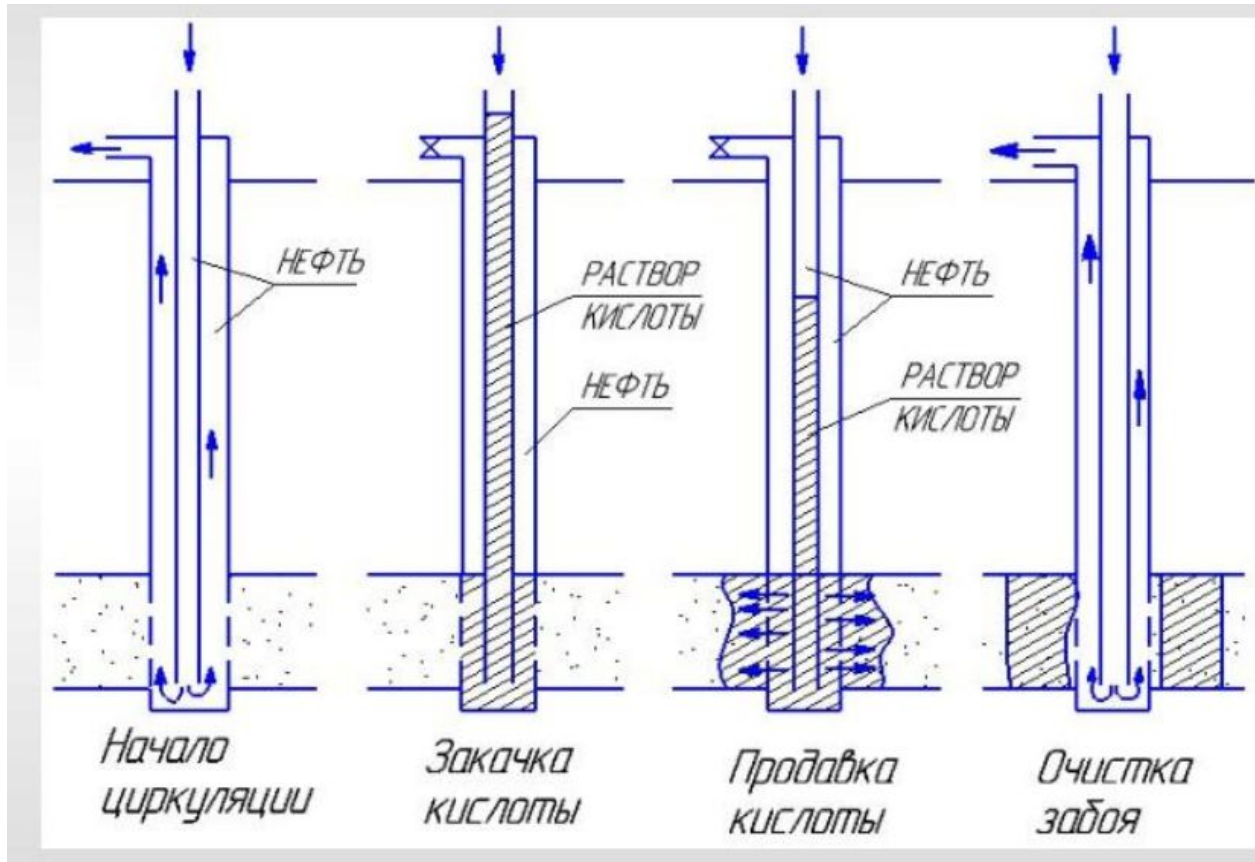
Порядок приготовления раствора HCl

- вода
- ингибиторы
- стабилизаторы
- концентрированная соляная кислота
- хлористый барий
- интенсификаторы

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОБЫЧНОЙ СКО

- **Промывка скважины** (прямая, обратная или комбинированная - открытые задвижки на устье и затрубном пространстве).
- **Закачка расчетного объема кислотного раствора в скважину.**
Объем кислотного раствора зависит от толщины обрабатываемого пласта, свойств призабойной зоны и желаемой (рациональной) глубины обрабатываемой зоны:
 - для низкопроницаемых коллекторов $0,2 \div 0,6 \text{ м}^3/\text{м}$;
 - Для высокопроницаемых коллекторов $0,2 \div 0,9 \text{ м}^3/\text{м}$;
 - для трещинных коллекторов — от $0,3$ до $0,9 \text{ м}^3/\text{м}$.
- При закачке кислотного раствора в скважину в течение времени достижения им обрабатываемого пласта задвижка на затрубном пространстве открыта, после чего она закрывается.
- **Продавка кислотного раствора в ПЗС.** Агрегатом закачивают расчетный объем кислоты в скважину и продавливают **нефтью или водой** до полного поглощения пластом. После задавки кислотного раствора в пласт закрывается задвижка на устье скважины. Скважина закрыта.
- **Нейтрализация кислотного раствора за счет реагирования его с обрабатываемой породой** ($1 \div 24$ ч).
- **Вызов притока и освоение, а затем — исследование скважины.**
По результатам исследования до обработки и после судят о технологическом эффекте.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОБЫЧНОЙ СКО



Норма расхода кислотного раствора v_p составляет 1–1,2 м³ на один метр обрабатываемой толщины пласта. Тогда объем кислотного раствора

$$V_p = v_p h, \quad (10.1)$$

где h – обрабатываемый кислотным раствором интервал продуктивного пласта, м.

Объем товарной кислоты (в м³)

$$V_k = V_p x_p (5,09 x_p + 999) / [x_k (5,09 x_k + 999)], \quad (10.2)$$

где x_p , x_k – соответственно объемные доли (концентрации) кислотного раствора и товарной кислоты, %.

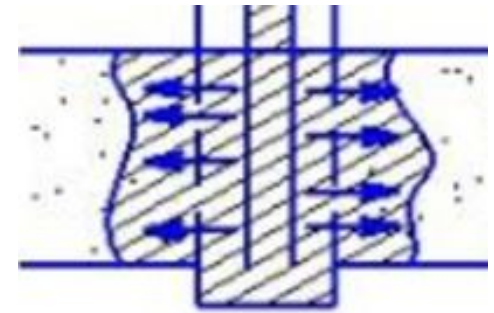
Если в процессе хранения и транспорта концентрация кислоты изменяется, то с учетом этого изменения объем товарной кислоты (в м³) V'_k рассчитывают по формуле

$$V'_k = V_p 5,09 x_p (5,09 x_p + 999) / [\rho_{k15} (\rho_{k15} - 999)], \quad (10.3)$$

где ρ_{k15} – плотность товарной кислоты при 15 °С, кг/м³:

$$\rho_{k15} = \rho_{kt} + (2,67 \cdot 10^{-3} \rho_{kt} - 2,5)(t - 15), \quad (10.4)$$

где ρ_{kt} – плотность кислоты при температуре t .



В качестве химических реагентов при солянокислотной обработке используют стабилизаторы (замедлители реакции), ингибиторы коррозии и интенсификаторы. Как правило, в технической соляной кислоте содержится до 0,4% серной кислоты, которую нейтрализуют добавкой хлористого бария, количество которого G_{x6} рассчитывают по формуле (кг)

$$G_{x6} = 21,3Vp(ax_p / x_k - 0,02), \quad (10.5)$$

где a – объемная доля серной кислоты в товарной соляной кислоте, % ($a \approx 0,4\%$).

Объем хлористого бария

$$V_{x6} = G_{x6} / \rho_{x6}, \quad (10.6)$$

где ρ_{x6} – плотность раствора хлористого бария, кг/м³ ($\rho_{x6} \approx 4000$ кг/м³).

В качестве стабилизатора используют уксусную кислоту, объем которой рассчитывают по формуле

$$V_{\text{ук}} = b_{\text{ук}} V_p / c_{\text{ук}}, \quad (10.7)$$

где $b_{\text{ук}}$ – норма добавки 100%-ной уксусной кислоты ($b_{\text{ук}} = 3\%$); $c_{\text{ук}}$ – объемная доля товарной уксусной кислоты ($c_{\text{ук}} = 80\%$).

Объем ингибитора

$$V_{\text{и}} = b_{\text{и}} V_p / c_{\text{и}}, \quad (10.8)$$

где $b_{\text{и}}$ – норма добавки ингибитора,%. Если в качестве ингибитора используют реагент В-2, то $b_{\text{и}} = 0,2\%$; $c_{\text{и}}$ – объемная доля товарного ингибитора, % ($c_{\text{и}} = 100\%$). Объем интенсификатора

$$V_{\text{ин}} = b_{\text{ин}} V_p / 100, \quad (10.9)$$

где $b_{\text{ин}}$ – норма добавки интенсификатора, %.

Если в качестве интенсификатора используют Марвелан-К, то $b_{\text{ин}} = 0,3\%$.

Объем воды для приготовления кислотного раствора

$$V_{\text{в}} = V_{\text{р}} - V_{\text{к}} - (V_{\text{хб}} + V_{\text{ук}} + V_{\text{и}} + V_{\text{ин}}). \quad (10.10)$$

Порядок приготовления кислотного раствора следующий: наливают в емкость воду, добавляют к воде расчетные объемы ингибитора $V_{\text{ин}}$, уксусной кислоты $V_{\text{ук}}$, а затем расчетное количество товарной соляной кислоты, тщательно перемешивая. Затем добавляют хлористый барий $V_{\text{хб}}$ и интенсификатор $V_{\text{и}}$. Перемешивают раствор и оставляют для реакции и осветления.

Задача 10.1. Рассчитать необходимое количество реагентов для приготовления кислотного раствора при обработке карбонатного продуктивного горизонта, вскрытая толщина которого $h = 11,5$ м. Техническая соляная кислота имеет концентрацию 27,5%, температура приготовления кислоты 15 °С. Плотность соляной кислоты при 25 °С составляет $\rho_{к 25} = 1134$ кг/м³. Кислотный раствор должен иметь концентрацию 13,5%.

Параметры	Единицы и измерения	Условное обозначение	Предпоследняя цифра в шфре									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вскрытая эффективная мощность карбонатного пласта	м	h	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Параметры	Единицы и измерения	Условное обозначение	последняя цифра в шфре									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кислотный раствор должен иметь концентрацию	%	Хр	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5

Решение. Рассчитываем по (10.1) объем кислотного раствора

$$V_0 = 1,1 \cdot 11,5 = 12,65 \text{ м}^3.$$

В соответствии с условиями задачи $x_k = 27,5\%$, $x_0 = 13,5\%$. По формуле (10.2) вычисляем объем товарной кислоты

$$V_k = 12,65 \cdot 13,5 (5,09 \cdot 13,5 + 999) / [27,5 (5,09 \cdot 27,5 + 999)] = 182339,02 / 31321,812 = 5,82 \text{ м}^3.$$

Рассчитываем плотность кислоты при $t = 15 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\rho_{k15} = 1134 + (2,67 \cdot 10^{-3} \cdot 1134 - 2,52) (25 - 15) = 1139,08 \text{ кг/м}^3.$$

При данной температуре объем товарной кислоты

$$V'_k = 12,65 \cdot 5,09 \cdot 13,5 (5,09 \cdot 13,5 + 999) / 1139,08 (1139,08 - 999) = 928105,61 / 159562,32 = 5,82 \text{ м}^3.$$

Рассчитываем количество хлористого бария по (10.5):

$$G_{\text{хб}} = 21,3 \cdot 12,65(0,4 \cdot 13,5/17,5 - 0,02) = 47,52 \text{ кг}$$

или его объем

$$V_{\text{хб}} = 47,52/4000 \approx 1,19 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3.$$

По формуле (10.7) рассчитываем объем уксусной кислоты

$$V_{\text{ук}} = 3 \cdot 12,65/80 = 4,74 \cdot 10^{-1} \text{ м}^3.$$

Затем по формулам (10.8) и (10.9) рассчитываем соответственно объем ингибитора и интенсификатора:

$$V_{\text{и}} = 0,2 \cdot 12,65/100 = 2,53 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{инк}} = 0,3 \cdot 12,65/100 = 3,795 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3.$$

Наконец, по формуле (10.10) рассчитываем объем воды $V_{\text{в}} = 12,65 - 5,82 - (0,0119 + 0,474 + 0,0253 + 0,03795) = 6,28 \text{ м}^3$.

Расчет давления и времени закачки кислотного раствора для известного агрегата ведется по известным формулам (см. раздел 3).

КИСЛОТНЫЕ ВАННЫ

- Проводятся в скважинах с открытым забоем после бурения или в процессе вызова притока и освоения.
- **Основная цель кислотных ванн** - очистка ПЗС от остатков глинистой корки, цементных частиц (при цементировании обсадной колонны выше продуктивного горизонта), отложений кальцитовых солей пластовой воды.
- **Объем кислотного раствора** - объем скважины от подошвы до кровли коллектора.
- **Концентрация раствора** - **20%** (при кислотных ваннах не происходит перемешивания раствора на забое).
- **Время нейтрализации** 16-24 ч.

Проектирование КИСЛОТНОЙ ВАННЫ

Для очистки продуктивного карбонатного пласта от глинистой и цементной корки, продуктов коррозии и т.д. можно применять в скважинах с открытым забоем кислотные ванны.

Основной вопрос при проектировании кислотной ванны – расчет объема кислотного раствора, который должен быть равен объему скважины в интервале от подошвы до кровли обрабатываемого интервала.

Если обозначить через r_c радиус скважины на этом интервале, то объем кислотного раствора (в м^3)

$$V_p = \pi r_c^2 h, \quad (10.11)$$

где h – толщина обрабатываемого пласта, м.

При проектировании кислотной ванны концентрация кислотного раствора принимается $x_p = 15 - 20\%$.

Количество химических реагентов рассчитывают точно так же, как и для простой солянокислотной обработки.

Проектирование КИСЛОТНОЙ ВАННЫ

Задача 10.2. Рассчитать необходимое количество кислотного раствора для проведения кислотной ванны, а также химических реагентов и воды, если радиус скважины $r_c = 0,18$ м, а толщина обрабатываемого пласта $h = 28,3$ м. Концентрация кислоты $x_k = 27,5\%$, а концентрация кислотного раствора $x_p = 20\%$.

			Предпоследняя цифра в шфре									
Параметры	Единицы и измерения	Условное обозначение	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вскрытая эффективная мощность карбонатного пласта	м	h	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Радиус скважины	м	<u>r_c</u>	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24
			последняя цифра в шфре									
Параметры	Единицы и измерения	Условное обозначение	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кислотный раствор должен иметь концентрацию	%	x_p	15	15,5	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5

Проектирование КИСЛОТНОЙ ВАННЫ

Решение. Вычисляем по (10.10) объем кислотного раствора

$$V_p = 3,14 (0,18)^2 \cdot 28,3 = 2,88 \text{ м}^3.$$

Рассчитываем объем кислоты

$$V_k = 2,88 \cdot 20 (5,09 \cdot 20 + 999) / [27,5 (5,09 \cdot 27,5 + 999)] = 63406,08/31321,81 = 2,03 \text{ м}^3.$$

Количество хлористого бария

$$G_{\text{хб}} = 21,3 \cdot 2,88 (0,4 \cdot 20/27,5 - 0,02) = 16,62 \text{ кг или его объем}$$

$$V_{\text{хб}} = 16,62/4000 = 4,153 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Объем уксусной кислоты

$$V_{\text{ук}} = 3 \cdot 2,88/80 = 1,08 \cdot 10^{-1} \text{ м}^3.$$

Объем ингибитора

$$V_{\text{и}} = 0,2 \cdot 2,88/100 = 5,76 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Объем интенсификатора

$$V_{\text{инк}} = 0,3 \cdot 2,88/100 = 8,64 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Объем воды

$$V_{\text{в}} = 2,88 - 2,03 - (0,004153 + 0,108 + 0,00576 + 0,00864) = 0,724 \text{ м}^3.$$

Полученный раствор закачивают в скважину и оставляют для реакции на 16-24 ч.

КИСЛОТНЫЕ ОБРАБОТКИ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

- *Повышают эффективность кислотного воздействия на ПЗ коллектора, неоднородного по проницаемости*
- 1. *Снимается профиль притока* (приемистости) с целью установления зон повышенной проницаемости и поглощающих трещин
- 2. В скважину до кровли продуктивного горизонта **спускается колонна НКТ с пакером и якорем**
- 3. Проводится **закачка нефтекислотной эмульсии** для закупорки высокопроницаемых пропластков (смесь 12%-го раствора HCL и нефти: -70% по объему — кислотный раствор, 30% по объему — дегазированная нефть). При открытой задвижке на затрубе закачивают эмульсию до башмака НКТ
- 4. **Пакеруют и заякоривают НКТ**
- 5. Продавка эмульсии осуществляется кислотным раствором. По достижении границы раздела **«нефтекислотная эмульсия — кислотный раствор»** башмака НКТ давление закачки увеличивают
- 6. Под действием повышенного давления кислотный раствор закачивается в низкопроницаемые пласты, что существенно увеличивает охват пласта процессом кислотного воздействия

ТЕРМОКИСЛОТНАЯ ОБРАБОТКА

предназначена для повышения эффективности КО карбонатных коллекторов, когда в процессе эксплуатации скважин в ПЗ отлагаются АСПВ, *удаление которых возможно в процессе промывки после их расплавления за счет экзотермической реакции взаимодействия соляно-кислотного раствора HCL с магнием:*



Количество выделяющейся при реакции теплоты Q_T **зависит от:**

- **концентрации и количества кислотного раствора,**
- **количества магния и его вида** (магниева пыль, крошка, стружка или бруски),
- **степени нейтрализации раствора.**

Расчет ТКО



$$24,3 + 2(1 + 35,5) = (24,3 + 2 \cdot 35,5) + 2.$$

- При взаимодействии **73 г** чистой **HCl** с **24,3 г Mg** происходит полная нейтрализация раствора, при которой выделяется **461,38 кДж** тепловой энергии.
- При взаимодействии 1 кг Mg с раствором соляной кислоты (15%) выделяется **18 987 кДж** теплоты.
- количество 15%-ного раствора HCl для растворения 1 кг магния:

$$x = \frac{73}{24,3} 1000 = 3004,2$$

- Для растворения 1 кг магния потребуется $y = 3004 / 161,2 = \mathbf{18,61 \text{ л}}$ 15%-ного раствора HCl

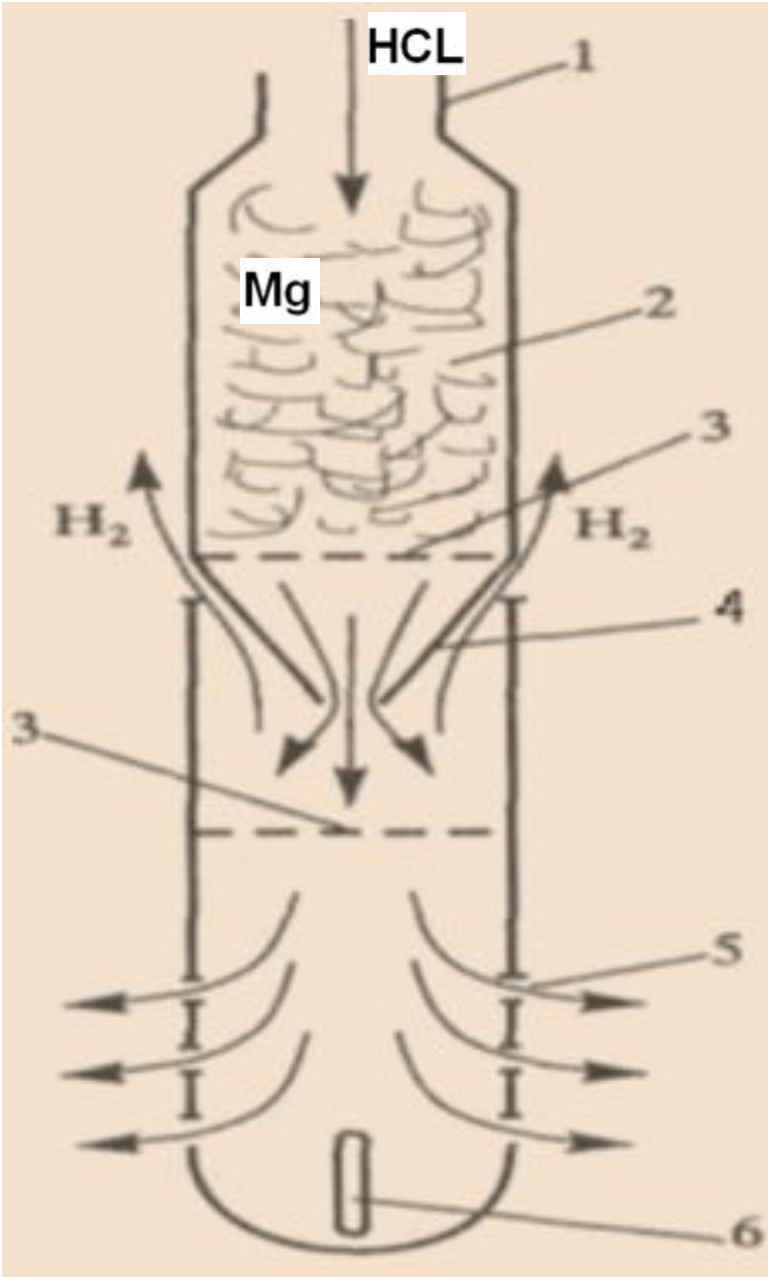
Необходимое количество 15%-ной соляной кислоты для получения различных температур раствора (на 1 кг магния):

Количество HCl, л.....	50	60	70	80	100
Температура раствора, °C.....	120	100	85	75	60
Остаточная концентрация HCl, %.....	9,6	10,5	11	11,4	12,2

Форма Mg при ТКО

- При давлениях > 3 МПа, рекомендуется применять **магний в виде стружки** (чем больше давление, тем магниевая стружка должна быть мельче и тоньше).
- При давлении $1 \div 3$ МПа – в виде **брусков квадратного и круглого сечения** - чем ниже давление, тем площадь поперечного сечения этих брусков может быть больше.
- при давлении до 1 МПа используются бруски с площадью **$10-15 \text{ см}^2$** .
- При давлении от 1 до 3 МПа размеры брусков уменьшают так, чтобы площадь сечения каждого была **$1-5 \text{ см}^2$** .
- Температура нагрева жидкости регулируется количеством магния и скоростью закачки кислотного раствора.

Скважинный реактор для ТКО



1 — резьба для соединения с НКТ;

2 — камера для загрузки магния;

3 — решетка;

4 — конус;

5 — отверстие для выхода нагретых жидких продуктов реакции;

6 — термометр



Этапы проведения ТКО

1. **Термическая обработка.** Рассчитываются такие количества магния и кислотного раствора, чтобы произошла полная нейтрализация по магнию, а температура поднялась до расчетной величины, достаточной для расплавления в ПЗС АСПО. Частично непрореагировавшая кислота обрабатывает только пристенную зону ПЗС, не проникая глубоко в пласт. Основное химическое воздействие осуществляется на втором этапе.
2. **Термокислотная обработка.** Количество кислотного раствора берется существенно большим, чем при термической обработке.

Расход магния на одну обработку от 40 до 100 кг, расход 15% кислотного раствора — до 10 м³.

- С целью снижения коррозии металла кислотный раствор ингибируется формалином (0,5% по объему), а стабилизируется уксусной кислотой (до 1,5% по объему). При такой обработке использование уникола нежелательно, т.к. он снижает скорость растворения магния.

Проектирование Термокислотной обработки

Задача 10.3. Рассчитать количество магнезия для проведения термокислотной обработки пласта толщиной 7,8 м. Использовать кислотный раствор концентрацией 15%. Температуру раствора в интервале обработки повысить до 70 °С.

			Предпоследняя цифра в шфре									
Параметры	Единицы и измерения	Условное обозначение	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вскрытая эффективная мощность карбонатного пласта	м	h	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
			последняя цифра в шфре									
Параметры	Единицы и измерения	Условное обозначение	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Температуру раствора в интервале повысить до	°С	tp	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160

Проектирование Термокислотной обработки

Решение. Вычисляем объем кислотного раствора по формуле (10.1)

$$V_p = 0,8 \cdot 7,8 = 6,24 \text{ м}^3.$$

На рис. 43 откладываем заданную температуру 70 °С и проводим горизонталь до пересечения с линией 1 (точка А). Из точки А проводим вертикаль до пересечения с линией 2 (точка Б). По правой шкале находим расход 15%-ного раствора соляной кислоты на 1 кг магния v_p . В данном случае $v_p = 0,087 \text{ м}^3/\text{кг}$.

Зная общий объем кислотного раствора V_p и норму расхода v_p , рассчитываем потребное количество магния Q_m по формуле

$$Q_m = V_p / v_p \quad (10.12)$$

или

$$Q_m = 6,24 / 0,087 = 71,7 \text{ кг}.$$

Таким образом, потребное количество магния составляет 71,7 кг.

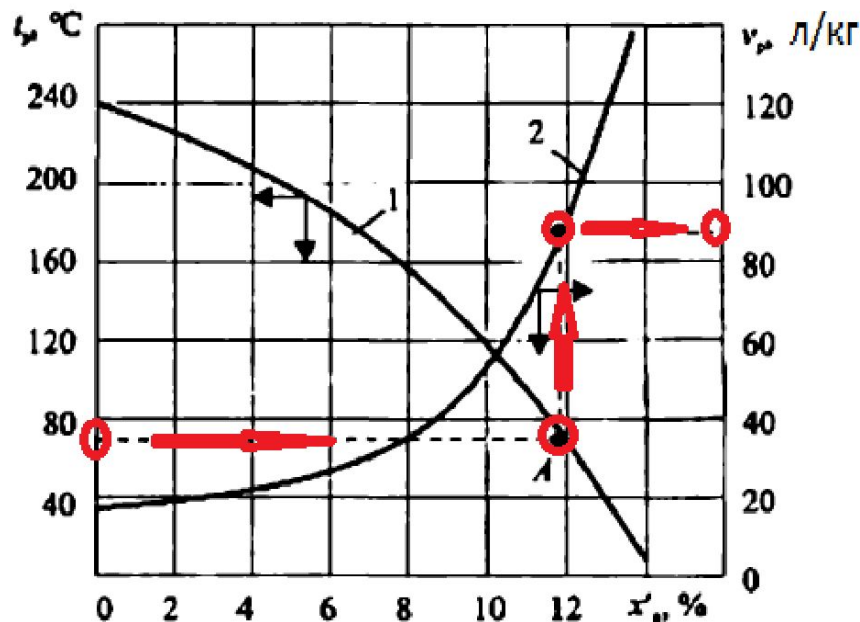


Рис. 43.
Нограмма
для определения
повышения
температуры
кислотного раствора
и нормы расхода
15%-ной кислоты
на 1 кг магния:

Проектирование Термокислотной обработки

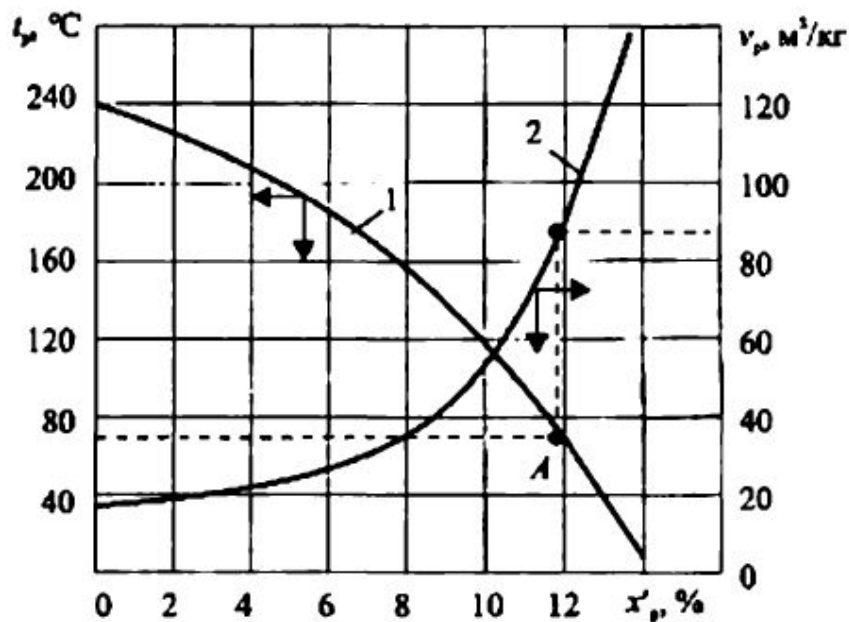


Рис. 43.
 Номограмма
 для определения
 повышения
 температуры
 кислотного раствора
 и нормы расхода
 15%-ной кислоты
 на 1 кг магния:

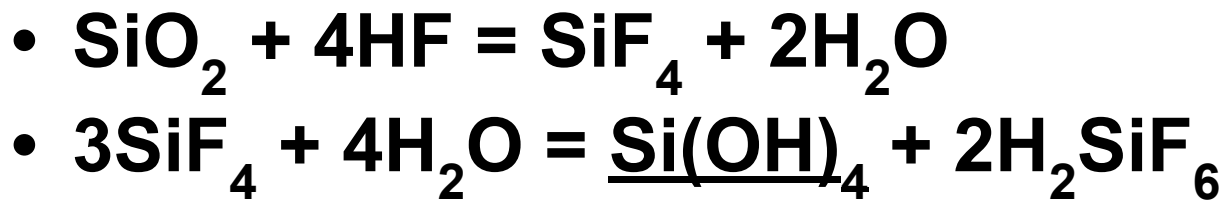
Как видно из рис. 43, остаточная концентрация прорсагировавшего кислотного раствора составляет $x'_p = 11,7\%$.

Проектирование Термокислотной обработки

ГЛИНОКИСЛОТНАЯ ОБРАБОТКА терригенных коллекторов

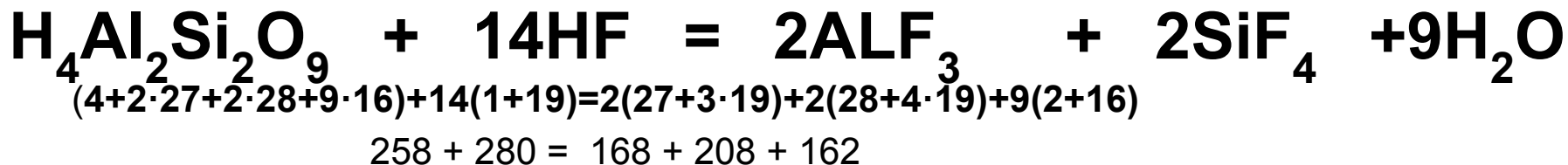
- смесь 3-5%-й фтористоводородной (HF) и 8-10%-й соляной кислот.
- Терригенные коллекторы содержат малое количество карбонатов (1÷5% по массе). Основная масса таких коллекторов представлена силикатными веществами (кварц) и алюмосиликатами (каолин).
- Силикатные вещества хорошо растворяются в плавиковой (фтористо-водородной) кислоте.
- Сущность глинокислотной обработки терригенных коллекторов состоит в учете особенностей их строения.
- При контакте глиняной кислоты с терригенными породами карбонатный материал, реагируя с солянокислотной частью раствора, растворяется, а фтористоводородная кислота, медленно реагирующая с кварцем и алюмосиликатами, глубоко проникает в ПЗС, повышая эффективность обработки.

Расчет ГКО терригенных коллекторов



Кремнефтористоводородная кислота H_2SiF_6 остается в растворе, а кремниевая кислота Si(OH)_4 при понижении кислотности раствора образует гель кремниевой кислоты, выпадающий в осадок и закупоривающий ПЗ.

Реакция алюмосиликатов с HF



- Для растворения 1 кг алюмосиликата (каолина) необходимо HF

$$x = \frac{280}{258} 1000 = 1085,3 \text{ г}$$

- 4%-ный раствор HF в 1 л раствора содержит 40 г чистой HF. Тогда количество 4%-ного раствора фтористоводородной кислоты, необходимое для растворения 1 кг алюмосиликата составит:

$$y = \frac{x}{40} = \frac{1085,3}{40} = 27,13 \text{ л / кг}$$

Смесь соляной кислоты с фтористоводородной

- служит для растворения карбонатного материала терригенного коллектора
- предотвращает образование гелей кремниевой кислоты, удерживая кремниевую кислоту в растворе
- $\text{CaCO}_3 + \text{HF} = \text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
- Фторид кальция выпадает в осадок, снижая проницаемость. Поэтому соляная кислота, входящая в состав глиняной, предотвращает образование CaF_2 .
- **Технология двухступенчатой кислотной обработки:**
 - *на первом этапе проводят обычную СКО*
 - *на втором этапе закачивают глиняную кислоту.*

Удаление карбонатов из ПЗС на первом этапе позволяет сохранить кислотность раствора на втором этапе, предотвращая тем самым образование гелей кремниевой кислоты.

Аналог плавиковой кислоты

- фторидбифторидаммоний NH_4FHF - твердое кристаллическое вещество. 1 кг NH_4FHF химически эквивалентен 1,55 л 40%-й плавиковой кислоты.
- Фторидбифторидаммоний растворяют в соляной кислоте, что приводит к частичной ее нейтрализации (поэтому для растворения NH_4FHF используют солянокислотный раствор повышенной до 15% концентрации):



- Образующийся хлористый аммоний NH_4Cl остается в растворенном состоянии.

Вещества, добавляемые в раствор *глинокислоты*

- **Ингибиторы** - формалин, катапин, уротропин, уникол, ингибиторы В-1, В-2, производные мышьяка или меди, меркаптаны.

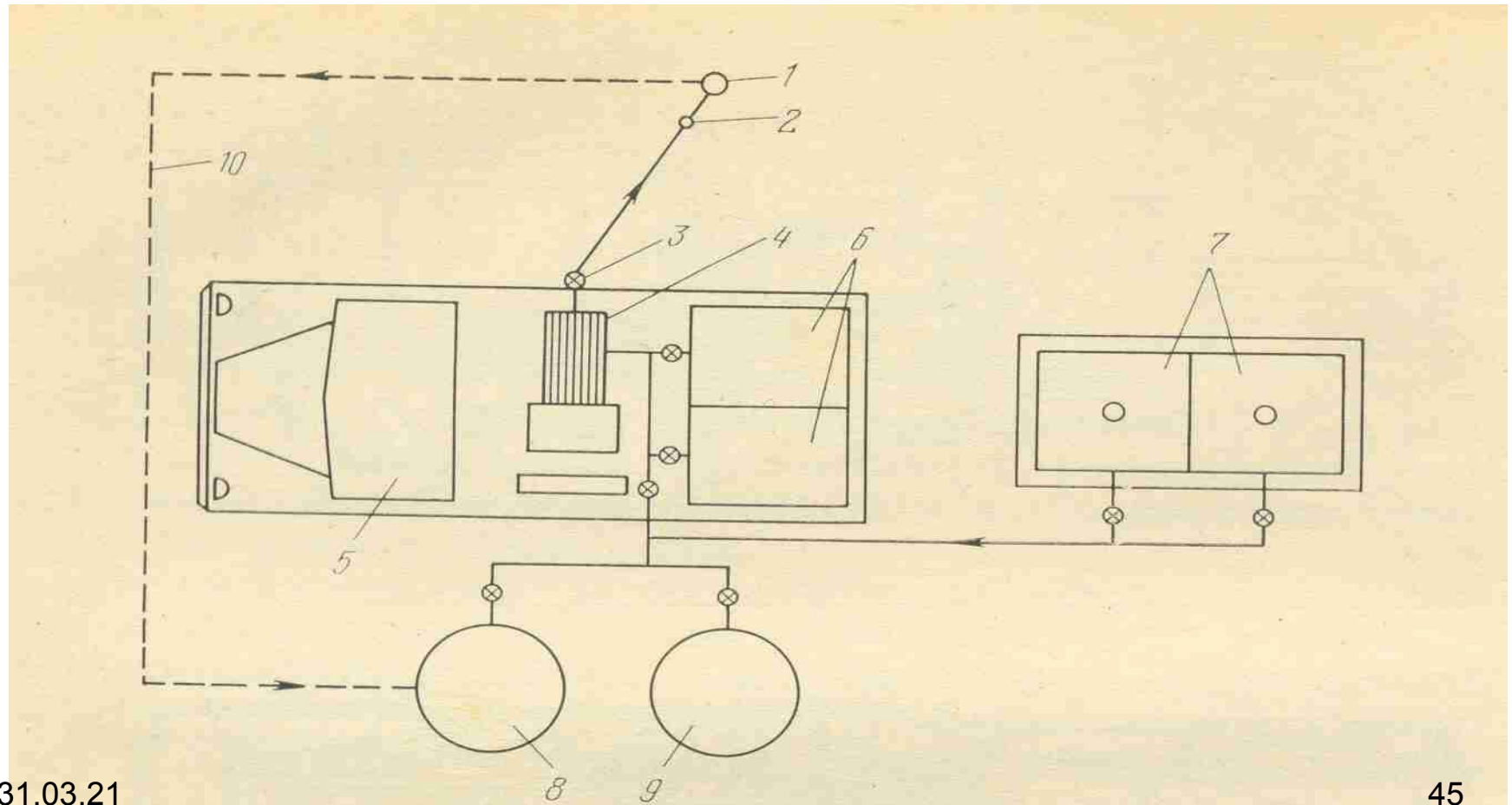
Норматив добавки ингибиторов 0,2÷1% по объему.

- **Интенсификаторы** –ПАВ (ОП-1)
- **Стабилизаторы**—лимонная кислота, молочная кислота (от 1 до 3%), 10%-й раствор уксусной кислоты.

- Технология проведения обработки и используемая техника принципиально не отличаются от обычной СКО.

ТЕХНИКА, ПРИМЕНЯЕМАЯ ПРИ СКО

- 1 – устье скважины, 2 – обратный клапан, 3 – задвижка высокого давления, 4 – насос 4НК-500, 5 агрегат Азинмаш-30А, 6 – емкость для кислоты на агрегате, 7 – емкость для кислоты на прицепе, 8 – емкость для продавочной жидкости, 9 – емкость для кислоты, 10 – линия для обратной циркуляции.



Меры безопасности при проведении СКО

- Растворы кислоты готовят с обязательным соблюдением правил по технике безопасности, которые предусматривают наличие **специальной одежды, резиновых перчаток** и **защитных очков**.
- Особые меры предосторожности необходимы при обращении с фтористоводородной кислотой, пары которой ядовиты.
- Соляную кислоту перевозят в **гуммированных железнодорожных цистернах**. Иногда для защиты железа цистерн от коррозии их внутри окрашивают в несколько слоев химически стойкой эмалью (ХСЭ-93).
- Фтористоводородную кислоту транспортируют в эбонитовых 20-литровых сосудах.