



УДК 622.276.63

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРИТОКА ГАЗА НА АСТРАХАНСКОМ ГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

### GAS INFLOW STIMULATION ON THE ASTRAKHANSKOYE GAS AND CONDENSATE FIELD

**Сухин Андрей Александрович**

студент направления подготовки нефтегазовое дело,  
Ухтинский государственный технический университет  
andreisuxin@mail.ru

**Шиян Станислав Иванович**

кандидат технических наук,  
доцент кафедры оборудования нефтяных и  
газовых промыслов,  
Кубанский государственный технологический университет  
akngs@mail.ru

**Лукьянов Илья Аркадьевич**

студент направления подготовки  
«Технологические машины и оборудование»,  
института нефти, газа и энергетики,  
Кубанский государственный технологический университет  
lukyjanovilya2013@inbox.ru

**Эшназаров Атаджан Ёлдашевич**

студент кафедры оборудования нефтяных  
и газовых промыслов,  
Кубанский государственный технологический университет  
eshnazarov.00@bk.ru

**Спица Владимир Николаевич**

студент кафедры оборудования нефтяных и  
газовых промыслов,  
Кубанский государственный технологический университет  
spitsa.00@mail.ru

**Аннотация.** Астраханское газоконденсатное месторождение является сложным для освоения месторождением углеводородов. Для него характерно аномально высокое пластовое давление, высокая пластовая температура, высокое содержание кислых компонентов в составе пластового флюида, а также сложное геологическое строение коллектора. В силу этих особенностей освоение Астраханского газоконденсатного месторождения невозможно без проведения мероприятий по интенсификации притока газа к скважинам. Применяемые технологии интенсификации притока должны способствовать улучшению фильтрационно-емкостных характеристик коллектора, устранению кольматации продуктивных пропластков, минимальному коррозионному воздействию на элементы подземного оборудования, интенсивному выносу продуктов реакции, предотвращению их накопления и т.д.

**Ключевые слова:** интенсификация притока газа на месторождении; схема проведения интенсификации притока; виды обработок на месторождении; первоначальные обработки; новые технологии обработки; химические реагенты, используемые; кислоты и поверхностно-активные вещества.

**Sukhin Andrey Alexandrovich**

Student Training Direction  
Oil and Gas Engineering,  
Ukhta State Technical University  
andreisuxin@mail.ru

**Shiyan Stanislav Ivanovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of Oil and  
Gas Field Equipment,  
Kuban State Technological University  
akngs@mail.ru

**Lukyanov Ilya Arkadievich**

Student Training Direction  
Technological Machines and Equipment,  
Institute of Oil, Gas and Energy,  
Kuban State Technological University  
lukyjanovilya2013@inbox.ru

**Eshnazarov Atajan Yoldashevich**

Student,  
Department Equipment of Oil and Gas Fields,  
Kuban State Technological University  
eshnazarov.00@bk.ru

**Spitsa Vladimir Nikolaevich**

Student,  
Oil and Gas Field Equipment,  
Kuban State Technological University  
spitsa.00@mail.ru

**Annotation.** The Astrakhanskoye gas and condensate field is a difficult hydrocarbon field to develop. It is characterized by abnormally high reservoir pressure, high reservoir temperature, high content of acidic components in the composition of the reservoir fluid, as well as a complex geological structure of the reservoir. Due to these peculiarities, the development of the Astrakhan gas condensate field is impossible without taking measures to stimulate the flow of gas to the wells. The applied inflow stimulation technologies should help to improve the reservoir characteristics of the reservoir, eliminate clogging of productive interlayers, minimize corrosive effects on the elements of underground equipment, intensive removal of reaction products, prevent their accumulation, etc.

**Keywords:** intensification of gas inflow on the field; flow stimulation scheme; types of treatments at the field; initial processing; new processing technologies; chemical reagents used; acids and surfactants.



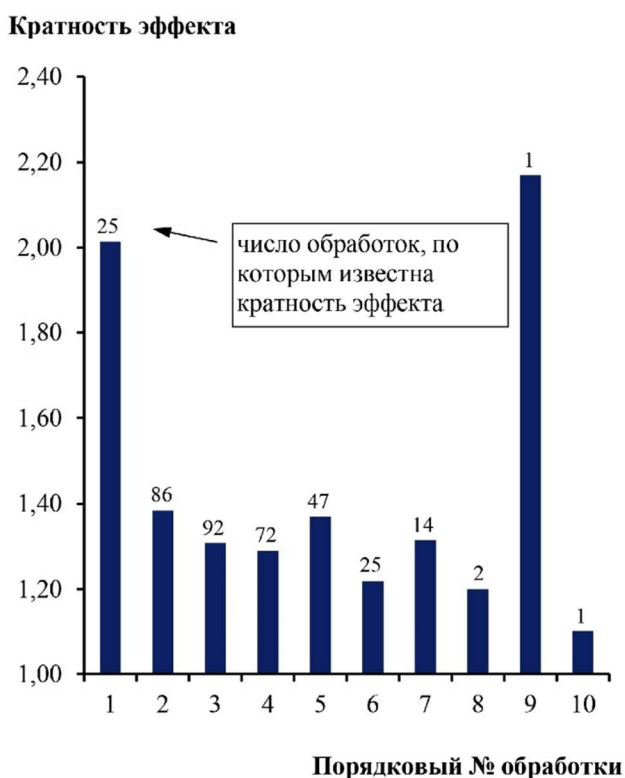
Работы по интенсификации притока газа на эксплуатационных скважинах Астраханского газоконденсатного месторождения проводятся с 1986 года. По данным на 01.01.2019 г. на месторождении было проведено свыше 500 кислотных обработок, которые различались как по технологии, так и по компонентному составу активной жидкости.

Для этого месторождения характерен трещиноватый карбонатный пласт-коллектор. Глубина залегания кровли продуктивных отложений – 3700–4100 м.

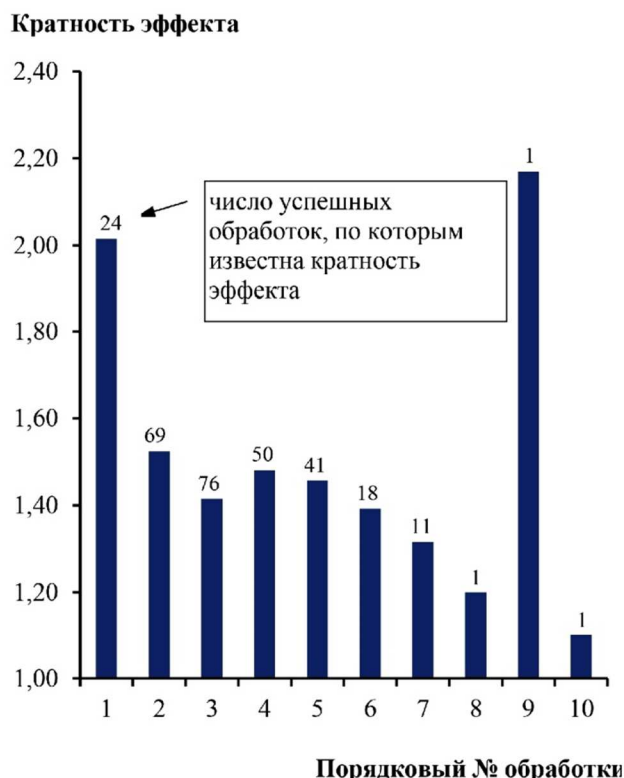
Начальное пластовое давление на месторождении 61,2 МПа при средней температуре пласта 110 °С. Коллекторские свойства пластов изменчивы: значение пористости колеблется от 5 до 15 %, а в некоторых районах составляет 20 %. Пласт характеризуют плохие фильтрационно-емкостные свойства. Среднее значение проницаемости 2–5 мД. Добываемый на месторождении газ содержит в своём составе большую долю кислых компонентов. Содержание H<sub>2</sub>S варьируется от 16 до 32 %, а содержание CO<sub>2</sub> может достигать 14–21 %.

Проведение кислотной обработки призабойной зоны пласта (ПЗП) в газовых скважинах с мощностью продуктивной зоны до 200 м связано с рядом сложностей, и качественная обработка всего интервала является непростой задачей. Ситуация на Астраханском газоконденсатном месторождении усугубляется сложностью конструкции скважины – продуктивный интервал на 80–90 % перекрыт неперфорированным хвостовиком НКТ, что ограничивает доступ к верхней и средней части интервала, и вынуждает проводить обработку ПЗП через нижнюю часть интервала с подъёмом жидкости обработки по затрубному пространству вдоль всего пласта.

Виды технологий солянокислотных обработок эксплуатационных скважин Астраханского газоконденсатного месторождения, средние значения кратности эффекта для каждой технологии за период с 1987 по 2018 гг. приведены в таблицах 1–3 и на рисунках 1–2.



**Рисунок 1** – Изменение кратности эффекта СКО в зависимости от их порядкового номера на Астраханском газоконденсатном месторождении за период с 1987 по 2018 гг.



**Рисунок 2** – Изменение кратности эффекта по успешным СКО в зависимости от их порядкового номера на Астраханском газоконденсатном месторождении за период с 1987 по 2018 гг.

Для оценки эффективности мероприятий по интенсификации притока газа на Астраханском газоконденсатном месторождении используется общепринятый в газопромысловой практике показатель «кратность эффекта», т.е. отношение дебита после обработки к дебиту до обработки.

Максимальное значение кратности эффекта достигнуто при проведении «простых» солянокислотных обработок. Так, например, по тем 32 обработкам, по которым имеется информация о кратности эффекта, этот показатель в среднем составил 3,6.



**Таблица 1** – Результаты солянокислотных обработок на Астраханском газоконденсатном месторождении за период с 1987 по 2018 г.

Порядковый № обработки	Количество		Результаты				
	Всего проведено, шт.	От общего кол-ва, %	Известное значение кратности эффекта, шт.	От кол-ва по порядковому номеру, %	От общего кол-ва, %	Среднее значение кратности эффекта	Интервал значений кратности эффекта min ÷ max
1	76	14,60	25	32,43	4,73	2,02	1,06 ÷ 4,8
2	124	24,26	86	69,11	16,77	1,38	0,25 ÷ 3,0
3	114	22,29	92	81,42	18,15	1,31	0,34 ÷ 2,9
4	94	18,34	72	77,42	14,20	1,29	0,32 ÷ 3,6
5	57	10,85	47	83,64	9,07	1,37	0,5 ÷ 3,6
6	32	5,52	25	89,29	4,93	1,22	0,14 ÷ 2,9
7	14	2,76	14	100	2,76	1,32	0,8 ÷ 2,2
8	5	0,79	2	50	0,39	1,20	1,0 ÷ 1,4
9	2	0,39	1	50	2,17	2,17	2,17
10	1	0,20	1	100	0,20	1,10	1,10
ИТОГО	519	100	365	–	71,40	1,44	–

**Таблица 2** – Зависимость кратности эффекта от порядкового номера успешных СКО на Астраханском газоконденсатном месторождении в период с 1987 по 2018 гг.

Порядковый № обработки	Количество		Результаты				
	Всего проведено, шт.	От общего количества, %	Известное значение кратности эффекта, шт.			Среднее значение кратности эффекта	Интервал значений кратности эффекта min ÷ max
			Всего	–	+		
1	76	14,6	25	–	24	2,02	1,06 ÷ 4,8
2	124	23,8	86	17	69	1,52	1,02 ÷ 3,0
3	114	21,9	92	16	76	1,41	1,01 ÷ 2,9
4	94	18,1	72	22	50	1,48	1,03 ÷ 3,6
5	57	10,9	47	6	41	1,46	1,05 ÷ 3,6
6	32	6,1	25	7	18	1,39	0,14 ÷ 2,9
7	14	2,7	14	3	11	1,32	0,8 ÷ 2,2
8	5	0,9	2	1	1	1,20	1,0 ÷ 1,4
9	2	0,4	1	–	1	2,17	2,17
10	1	0,2	1	–	1	1,10	1,10
Итого	519	100	365	72	293	1,51	

Практика показывает, что у последующих обработок, проведённых по более совершенным технологиям, в т.ч. предусматривающих использование многокомпонентных активных жидкостей с одновременным увеличением объёма закачиваемой соляной кислоты, кратность редко превышает 2.

Данные средней кратности эффекта мероприятий по интенсификации притока газа в зависимости от вида обработки представлены в таблице 4.

**Таблица 4** – Эффективность мероприятий по интенсификации притока газа на Астраханском газоконденсатном месторождении

Технология обработки	Средняя кратность эффекта
Солянокислотная обработка	2,26
Метанольная СКО	1,83
СКО с блокированием водопроявляющих интервалов (ВПИ)	1,58
Эмульсионная СКО	1,7
Скоростная СКО	1,5
СКО с применением КСПЭО	1,4



Таблица 3 – Эффективность СКО на скважинах Астраханского газоконденсатного месторождения за период с 1987 по 2018 гг.

Технология обработки	Количество скв./оп.		Результаты						
	Всего проведено, шт.	От общего количества, %	Известное значение кратности эффекта, шт.		Среднее значение кратности эффекта		Интервал значений кратности эффекта min ÷ max		
			всего	– +	общее	– +			
<b>1. Солянокислотная обработка</b>									
СКО	108	38,99	73	13	60	1,39	1,53	0,32÷4,8	1,01 ÷ 4,8
СКО(б)	35	12,64	30	9	21	1,31	1,53	0,25÷3,6	1,06 ÷ 3,6
СКО(ст)	105	37,18	88	13	75	1,33	1,43	0,34÷2,6	1,04 ÷ 2,6
СКО(с)	2	0,72	2	–	2	1,23	1,23	1,2÷1,26	1,20 ÷ 1,26
СКО при ГНКТ	37	10,47	30	2	28	1,60	1,66	0,9÷3,0	1,06 ÷ 3,0
<b>Итого</b>	<b>287</b>		<b>206</b>	<b>37</b>	<b>186</b>	<b>1,37</b>	<b>1,48</b>	<b>0,25 ÷ 4,8</b>	<b>1,01 ÷ 4,8</b>
<b>2. Кислотная ванна</b>									
СКВ	113	76,59	68	20	48	1,21	1,55	0,14 ÷ 2,7	1,03 ÷ 2,7
СКВ + инг.	26	18,06	3	–	3	1,29	1,29	1,06 ÷ 1,5	1,06 ÷ 1,5
СКВ при ГНКТ	13	5,56	13	2	11	1,30	1,38	0,83 ÷ 1,71	1,04 ÷ 1,71
<b>Итого</b>	<b>152</b>		<b>78</b>	<b>21</b>	<b>57</b>	<b>1,34</b>	<b>1,40</b>	<b>0,14 ÷ 2,7</b>	<b>1,02 ÷ 2,7</b>
<b>3. Метанольно-солянокислотная обработка</b>									
МСКО	19	58	12	4	8	1,25	1,48	0,6 ÷ 2,5	1,07 ÷ 2,5
МСКО(с)	14	42	12	2	10	1,52	1,66	0,8 ÷ 3,6	1,19 ÷ 3,6
<b>Итого</b>	<b>33</b>		<b>24</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>1,39</b>	<b>1,57</b>	<b>0,6 ÷ 3,6</b>	<b>1,07 ÷ 3,6</b>
<b>4. Эмульсионная СКО</b>									
СКОЭ	43	95	33	5	28	1,55	1,68	0,4 ÷ 2,9	1,02 ÷ 2,9
СКОЭ(б)	2	5	2	–	2	1,76	1,76	1,4 ÷ 2,12	1,4 ÷ 2,12
<b>Итого</b>	<b>45</b>		<b>35</b>	<b>5</b>	<b>30</b>	<b>1,66</b>	<b>1,72</b>	<b>0,4 ÷ 2,9</b>	<b>1,02 ÷ 2,9</b>
<b>5. Гидравлический разрыв пласта</b>									
ГРП	9	100	9	–	9	1,93	1,93	1,2 ÷ 3,0	1,2 ÷ 3,0



Годовой прирост добычи газа от проведённых работ по интенсификации в отдельные годы достигал 10–13 %, а в среднем за весь период разработки составил 6 %.

Продолжительность действия технологического эффекта от СКО колеблется в широких пределах от 1–2 месяцев до 6–12 и даже более 2-х лет. Такое разнообразие результатов можно объяснить, с одной стороны, особенностями технологии и организации проведения обработки, с другой – особенностями коллекторских свойств карбонатной породы.

### **Схема проведения интенсификации притока на Астраханском газоконденсатном месторождении**

Работы по интенсификации притока на Астраханском газоконденсатном месторождении условно предусматривают три технологических уровня. Технологическая схема работ по интенсификации сводится к следующему:

#### I технологический уровень

Кислотная ванна (КВ) или малообъёмная СКО с объёмом HCl в пределах 30–40 м<sup>3</sup>, первичная обработка – СКО с объёмом кислоты до 100 м<sup>3</sup>, очистка НКТ и забоя скважин от отложений комбинированной закачкой загущенных инертных жидкостей и кислотных составов.

Цель этих обработок – максимальная очистка фильтровой части эксплуатационной колонны и околоствольной зоны пласта от глинистого раствора, барита, глины и продуктов коррозии.

#### II технологический уровень

СКО с увеличенным по сравнению с первичной обработкой объёмом кислоты до 200–250 м<sup>3</sup>. Разновидностью этой обработки является метанольно-(спирто)-кислотная обработка МСКО.

Эффективное осуществление технологий второго уровня неизбежно сопровождается увеличением объёмов закачиваемой активной жидкости с каждой последующей кислотной обработкой. Эффективность каждой последующей обработки, как правило, снижается. В случае если объёмы кислоты при обработках незначительно превышают предыдущие, не происходит увеличения глубины обработки пласта и установления надёжной гидродинамической связи ствола скважины с новыми, не вовлечёнными ранее в активную фильтрацию, участками.

#### III технологический уровень:

- закачка кислотной гидрофобной эмульсии;
- высокоскоростная кислотная обработка;
- обработка ПЗП модифицированными кислотными составами;
- эмульсионная кислотная обработка;
- кислотная обработка с временной блокировкой наиболее дренированного интервала (технология комплексной обработки ПЗП с применением модифицированного дисперсного кремнезёма «Кварц», технология интенсификации добычи газа с элементами водоизоляции на основе кислотных составов алюмосиликатов, технология обработки ПЗП блокирующими составами на углеводородной основе).

Работы проводятся в соответствии со стандартом предприятия ООО «Газпром добыча Астрахань» СТП 05780913.16.2-2006 «Интенсификация притока газа. Организация работ».

Процесс проведения работ по интенсификации проводится по следующей схеме:

- проводится расстановка ёмкостного и насосного оборудования;
- проводится монтаж быстросъёмных соединений линии нагнетания;
- обвязка линии нагнетания с линией глушения, опрессовка;
- закачка кислотных и продавочных составов ведётся через линию глушения через НКТ на поглощение (если ожидаемое давление нагнетания превышает допустимое, устанавливается устьевой пакер «Tree saver»). Устьевой пакер предохраняет фонтанную арматуру (ФА) от разрушения при проведении работ на давлениях, превышающих давление опрессовки ФА).

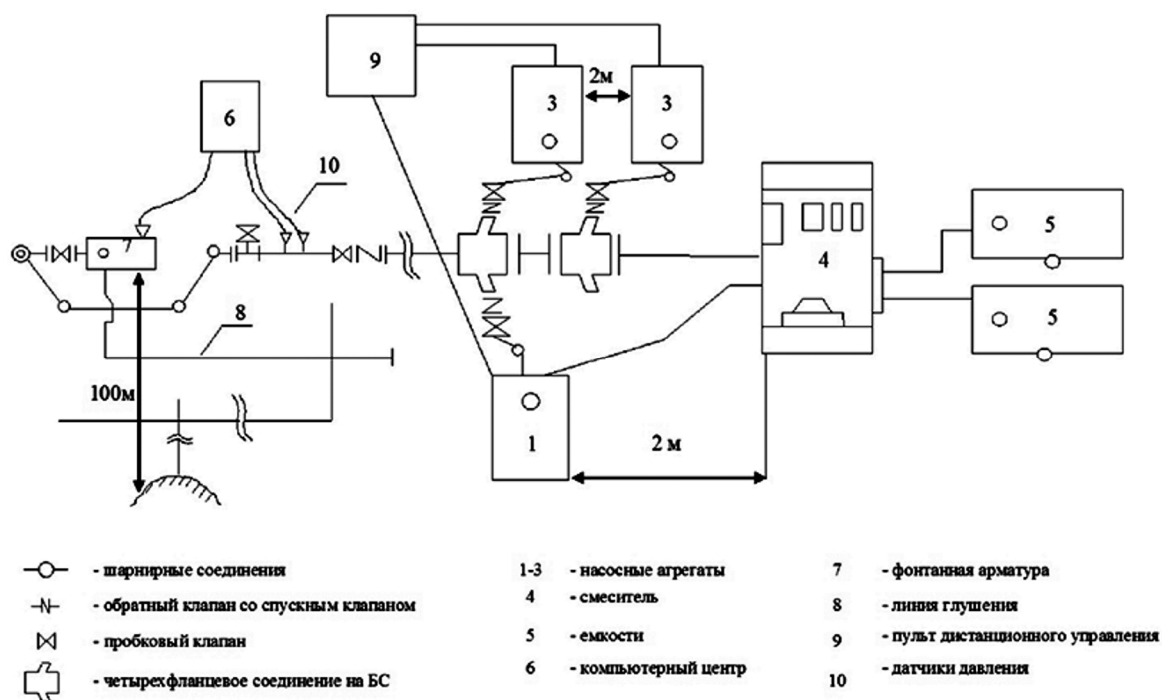
Типовая схема обвязки и расположения оборудования при СКО на Астраханском газоконденсатном месторождении показана на рисунке 3.

### **Виды обработок на Астраханском газоконденсатном месторождении. Первоначальные обработки**

Обработки скоростные. Анализ эффективности работ по интенсификации притока газа за начальный период разработки Астраханского газоконденсатного месторождения позволил выделить наиболее результативные виды воздействия на продуктивный пласт. К ним следует отнести скоростные обработки.

Работы по данной технологии проводились при давлениях, превышающих раскрытие микротрещин, что определялось по увеличению скорости закачки рабочей жидкости и падению давления на устье скважины. Превышение давления раскрытия микротрещин обеспечивает максимальную глубину проникновения активной кислоты в пласт.

С использованием данной технологии проведено 15 обработок, при этом кратность эффекта составила 1,56.



**Рисунок 3** – Типовая схема обвязки и расположения оборудования при СКО на Астраханском газоконденсатном месторождении

Кислотный гидроразрыв пласта на Астраханском газоконденсатном месторождении

На Астраханском газоконденсатном месторождении имеется опыт проведения кислотного гидравлического разрыва пласта (1988–1991 гг.). Применение ГРП осложнялось большими глубинами эксплуатационных скважин (4100 м) и высокими забойными температурами (110 °С).

Технология осуществлялась при помощи специального оборудования фирмы «Fracmaster» (Канада). Технология проведения работ заключалась в следующем. Первоначально определялась приёмистость скважины закачкой метанола или конденсата. Затем с целью выравнивания профиля приёмистости и создания условий для обработки кислотным составом менее проницаемых участков и подключения к работе пласта по всей его толщине, закачивался гель либо комбинированная закачка стеклянных шаров диаметром 22,5 мм совместно с гелем. В качестве активной, реагирующей с пластом жидкости использовалась смесь соляной кислоты с метанолом либо гидрофобная кислотная эмульсия («соляная кислота в углеводородной среде»). Момент ГРП регистрировался на индикаторной диаграмме по резкому росту и последующему падению давления с одновременным ростом приёмистости.

Обработка кислотной эмульсией на скважинах Астраханского газоконденсатного месторождения

Одним из наиболее результативных видов интенсификации притока и широко применяемых видов обработок на Астраханском газоконденсатном месторождении является обработка пласта гидрофобной кислотной эмульсией. Основное преимущество данного вида работ заключается в существенном замедлении скорости реакции кислоты с карбонатной породой, селективность и глубокое проникновение активной жидкости в пласт, гидрофобизация коллектора, что снижает риск обводнения скважин.

Технология «Растворение ПЗП» на Астраханском газоконденсатном месторождении

Эффективной является разработанная специалистами Цехом научно-исследовательских и производственных работ (ЦНИПР) ГПУ ООО «Газпром добыча Астрахань» технология «Растворение ПЗП».

Из литературных источников известно, что при каждой последующей кислотной обработке необходимо увеличивать объём активной жидкости в 1,5–2,0 раза по сравнению с ранее использованным объёмом соляной кислоты. Целью данной технологии являлось не увеличение радиуса воздействия (перекрытие в 1,5–2,0 раза ранее закачанных объёмов), а растворение ПЗП с целью устранения негативного эффекта смыкания трещин. Технология предусматривала закачку 50 м<sup>3</sup> кислотного раствора.

Всего по технологии «Растворение ПЗП» было проведено 62 обработки.

Таким образом, в течение первых 10 лет эксплуатации месторождения использовались различные технологии интенсификации. На подавляющем количестве эксплуатационных скважин Астраханского газоконденсатного месторождения было проведено по 3–4, а на некоторых и большее количество кислотных обработок. На данных скважинах в результате закачки значительных количеств кислоты предпочтительно фильтрующейся в пласт по наиболее проницаемым каналам, возможно образование промытых зон. Этим фактом можно объяснить снижение кратности эффекта от проведения последующих кислотных обработок.



### Новые технологии обработки на Астраханском газоконденсатном месторождении

С целью повышения эффективности мероприятий по воздействию на пласт были разработаны и внедрены новые технологии, опробованы и адаптированы к условиям Астраханского газоконденсатного месторождения новые реагенты.

#### Применение модифицированных кислотных композиций на Астраханском газоконденсатном месторождении

Широкий ассортимент специализированных реагентов, разработанных в последнее время, позволяют поставить кислотную обработку по эффективности на один уровень с высокотехнологичными методами повышения производительности скважин, в том числе и с ГРП.

Одним из путей повышения эффективности обработки продуктивного карбонатного коллектора является обеспечение глубокого и селективного проникновения кислоты именно в продуктивную часть разреза. Этого можно достичь вводом в кислотный раствор реагентов, снижающих поверхностное натяжение на границе «вода – углеводород» и замедляющих скорость химической реакции активной жидкости с породой. Немаловажно облегчение удаления продуктов реакции из каналов фильтрации при отработке скважины.

Причиной высокой эффективности модифицированной кислотной композиции является высокая селективность и проникающая способность КСПЭО в углеводородонасыщенную часть пласта, обусловленная использованием комплексных ПАВ. Комплексная добавка снижает межфазное натяжение на границе «кислота – углеводород» и замедляет скорость взаимодействия состава с карбонатной породой. Содержащийся в добавке комплексобразователь обеспечивает полное удаление продуктов реакции из каналов фильтрации. Преимущество их применения было доказано в ходе опытно-промышленных испытаний на промысле Астраханского газоконденсатного месторождения. Результаты проведенных работ приведены в таблице 5.

**Таблица 5** – Эффективность мероприятий по интенсификации с применением КСПЭО на Астраханском газоконденсатном месторождении

№ скважины	Порядковый № обработки	Скорость закачки (max), м <sup>3</sup> /мин.	Объем кислоты, м <sup>3</sup>	Кратность эффекта
85	6	2,0	191	2,00
56д	3	2,4	162	2,00
83	8	2,3	237	1,25
101	3	1,6	50	не исследовалась
250	3	1,8	50	не исследовалась
437	3	2,5	207	1,40
614	2	2,0	100	1,20
74	6	1,5	80	1,00
2090	1	1,1	50	1,60
924	3	1,5	100	1,50
919	3	1,5	100	1,30
406	4	2,0	90	1,00
112	3	1,7	105	не исследовалась
451	6	2,0	105	1,00
75	6	2,0	100	1,45
Среднее значение кратности эффекта				1,40

По скважинам, на которых в тот же период были проведены кислотные обработки с использованием «стандартной» HCl, средняя кратность эффекта составила 1,2.

#### Использование синтетической соляной кислоты

Согласно уравнениям химических реакций взаимодействия карбоната кальция и 1 тонны соляной кислоты с содержанием 20 масс. % хлористого водорода (2) и 0,5 масс. % фтористого водорода растворится 300 кг породы и получится 9,75 кг нерастворимого осадка фторида кальция:



При условии, что в среднем на одну солянокислотную обработку используется около 100 тонн кислоты, количество образовавшегося нерастворимого осадка будет достигать 975 кг, при плотности





фторида кальция 3180 кг / м<sup>3</sup>, объём осадка составит более 0,3 м<sup>3</sup>. С учётом низких фильтрационно-емкостных свойств (среднее значение пористости 8,7–9,9 %, проницаемости  $(0,1 \div 5) \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ ) продуктивного коллектора Астраханского газоконденсатного месторождения, такой объём нерастворимого осадка будет существенно снижать результативность обработки.

В настоящее время в основе всех кислотных композиций для увеличения производительности скважин Астраханского газоконденсатного месторождения используется кислота соляная синтетическая (производства ООО «Зиракс»), которая является целевым продуктом производства, следовательно, лишена посторонних примесей.

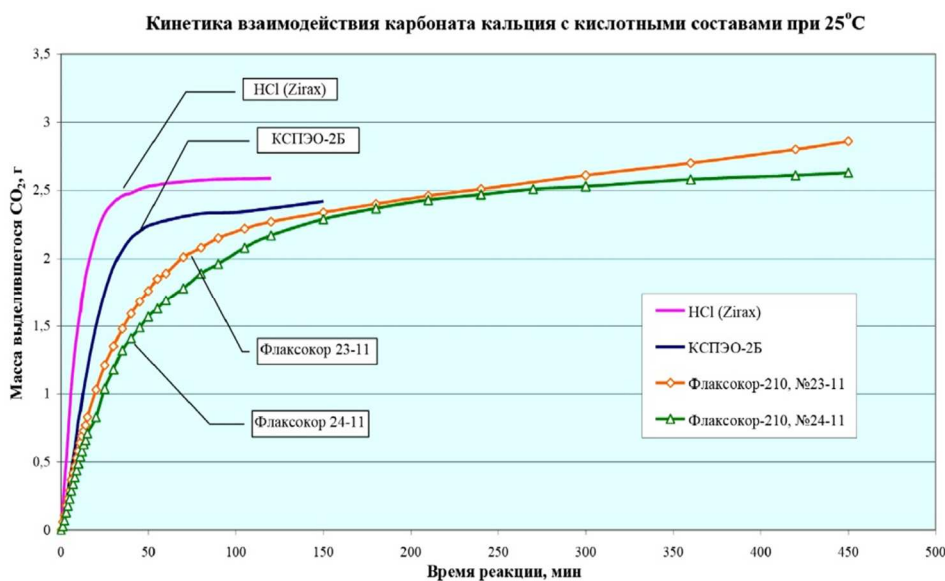
Комплексная очистка на Астраханском газоконденсатном месторождении (применение комплексного кислотного состава «Флаксокор»)

В последнее время на скважинах Астраханского газоконденсатного месторождения достаточно остро обозначилась проблема накопления шлама на забое скважин. Зачастую шламовые пробки настолько значительны, что имеют высоту более 1000 м с выходом в НКТ.

В условиях Астраханского газоконденсатного месторождения, характеризующихся карбонатным типом коллектора, использование для растворения шлама сильных кислот, таких как серная H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и фтористоводородная HF, недопустимо по причине образования нерастворимых осадков сульфата и фторида кальция.

Для скважин, где выявлены такого рода проблемы, была разработана и внедрена технология очистки НКТ и забоя скважин с помощью малообъемных кислотных составов с повышенной вязкостью. Для удаления шлама, приводящего к засорению дросселя ФА, совместно со специалистами ЗАО «Полиэкс» был разработан, исследован и адаптирован новый реагент «Флаксокор 110» по ТУ 2122-074-53501222-2009. Состав представляет собой 20 % раствор синтетической соляной кислоты с добавкой ингибитора коррозии и деструктора глин и полимерных материалов. Преимущество «Флаксокора 110» состоит в том, что он растворяет карбонатную составляющую шлама, а также разрушает и диспергирует крупные conglomerates, нерастворимые в соляной кислоте, что обеспечит их вынос на дневную поверхность в процессе отдувки. При этом полностью исключается вторичное образование нерастворимых осадков.

На рисунке 4 представлено сравнение кинетики реакции породы Астраханского газоконденсатного месторождения с различными кислотными композициями.



**Рисунок 4** – Сравнение кинетики реакции породы Астраханского газоконденсатного месторождения с различными кислотными композициями

Обработки с предварительной блокировкой ВПИ. В условиях постоянного роста обводнения продукции добывающих скважин Астраханского газоконденсатного месторождения целесообразно совмещение работ по стимуляции притока углеводородного сырья с одновременным ограничением поступления пластовой воды. На скважинах с незначительными водопроявлениями по технологии, разработанной ООО «АНИПИгаз», были проведены кислотные обработки, совмещенные с блокировкой водопроявляющих интервалов реагентом «Дисин». Сущность кислотной обработки с временной блокировкой наиболее дренированного интервала заключается в следующем: при попадании блокирующего материала в наиболее проницаемые пропластки происходит перераспределение потока кислотного состава в наименее дренированную часть коллектора, кроме того, при контакте с пластовой водой происходит увеличение содержания водной фазы в эмульсии, что приводит к резкому увеличению вязкости системы и блокированию водопроявляющих (высокопроницаемых) интервалов.





## Выводы

По результатам анализа данных о проведении обработок ПЗП на скважинах Астраханского газоконденсатного месторождения можно сделать следующие выводы:

– Наиболее эффективными (кратность дебита скважины после обработки по отношению к первоначальному дебиту достигает значения 3, 12) считаются первичные «простые» СКО на новых скважинах Астраханского газоконденсатного месторождения.

– КО с применением эмульсий, КО с блокировкой ВПИ, КО с применением вязких систем, КО с применением модифицированных кислотных композиций также являются эффективными методами обработки ПЗП на Астраханском газоконденсатном месторождении. Средними значениями кратность дебита скважин после обработки по отношению к первоначальному дебиту для этих технологий равна 1,72; 1,58; 1,46; 1,40; соответственно.

– Трёхкратное увеличение дебита на обрабатываемых скважинах Астраханского газоконденсатного месторождения и улучшению состояния ПЗП на них были достигнуты после проведения кислотного ГРП. Однако применение этой технологии осложняется большими глубинами эксплуатационных скважин (4100 м) и высокими забойными температурами (110 °С).

## Литература:

1. Стандарт предприятия ООО «Газпром добыча Астрахань» СТП 05780913.16.2-2006 «Интенсификация притока газа. Организация работ».
2. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин: учебное пособие для студентов вузов / А.И. Булатов [и др.]. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
3. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин: в 4 томах. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2012–2015. – Т. 1–4.
4. Савенок О.В., Лаврентьев А.В., Березовский Д.А. Проектирование кислотной обработки пласта: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Управление продуктивностью скважин» для студентов всех форм обучения направления подготовки 131000.62 «Нефтегазовое дело». – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2014. – 86 с.
5. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГУ», 2019. – 275 с.
6. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.]. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
7. Савенок О.В. Проектирование разработки нефтяных месторождений: учебное пособие. – Ухта : Ухтинский государственный технический университет, 2021.
8. Березовский Д.А., Савенок О.В. Анализ осложнений при эксплуатации газовых месторождений на завершающей стадии и разработка метода прогнозирования состояния пород-коллекторов на основе методов междисциплинарного моделирования // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2014. – № 1. – С. 26–34.
9. Березовский Д.А., Савенок О.В. Анализ современных методов и технологий, принимаемых на завершающей стадии эксплуатации газовых месторождений // ГеоИнжиниринг. – 2014. – № 2 (22) лето 2014. – С. 86–89.
10. Березовский Д.А., Кусов Г.В., Савенок О.В., Джозефс Эджемен Рэйчел. Технологии и принципы разработки многопластовых месторождений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2017. – № 1. – С. 33–50.
11. Березовский Д.А., Савенок О.В. Анализ процессов фазовых переходов при разработке газоконденсатных месторождений и рекомендации по учёту их влияния на запасы углеводородного сырья // XXIII Международная научно-практическая конференция «Инновация–2018»: сборник научных статей (26–27 октября 2018 года, г. Ташкент). Секция 4. Геология, горное дело и металлургия. – С. 153–154.
12. Савенок О.В., Кусова Л.Г. Нефтеотдача пласта и пути её увеличения // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования, 2018. – № 03 (6). – С. 97–120. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2018/03/31.PDF>
13. Сухин А.А., Шиян С.И. Анализ методов борьбы с гидратами на Астраханском газоконденсатном месторождении // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 383–392.
14. Сухин А.А., Савенок О.В. Анализ геолого-промысловой и технологической информации для проектирования мероприятий по интенсификации притока газа на Астраханском газоконденсатном месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 3. – С. 237–257.
15. Организация и управление охраной окружающей природной среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности / С.И. Шиян [и др.] // Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – С. 266–271.
16. Экологические аспекты в нефтегазовом комплексе / С.И. Шиян [и др.] // Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – С. 272–277.
17. Шиян С.И., Нелин А.К., Медведева Е.В. Источники и масштабы техногенного загрязнения в нефтяной промышленности // Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – С. 278–283.
18. Мероприятия по предупреждению и борьбе с осложнениями при эксплуатации скважин на Ключевом месторождении / И.И. Шаблий [и др.] // Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Краснодар, 2020. – С. 245–250.



19. Техника и технология восстановления продуктивности скважины № 1273 Уренгойского месторождения путём зарезки бокового ствола / Е.А. Холопов [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 248–266.

### References:

1. Enterprise Standard of Gazprom добыча Astrakhan LLC STP 05780913.16.2-2006 «Intensification of gas inflow. Organization of work».
2. Ecology in construction of oil and gas wells: textbook for students of higher education institutions / A.I. Bulatov [et al.]. – Krasnodar : LLC Prosveshchenie – South, 2011. – 603 p.
3. Bulatov A.I., Savenok O.V. Capital underground repair of oil and gas wells: in 4 volumes. – Krasnodar : LLC Publishing House – South, 2012–2015. – Vol. 1–4.
4. Savenok O.V., Lavrent'ev A.V., Berezovsky D.A. Designing Acid Treatment of Formation: Methodological instructions for practical exercises in the discipline «Management of Well Productivity» for students of all forms of training 131000.62 «Oil and Gas Business». – Krasnodar : LLC «Publishing House – South», 2014. – 86 p.
5. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of oil and gas fields. – Krasnodar : Izd. FGBOU VO «KubGTU», 2019. – 275 p.
6. Environmental aspects in the construction of oil and gas wells: monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M. ; Volgda : Infra Engineering, 2021. – 652 p.
7. Savenok O.V. Designing of oil field development: manual. – Ukhta : Ukhta State Technical University, 2021.
8. Berezovsky D.A., Savenok O.V. Analysis of complications during exploitation of gas fields at the closing stage and the development of forecasting methods of reservoir rocks on the basis of interdisciplinary modeling methods // Nauka. Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2014. – № 1. – P. 26–34.
9. Berezovsky D.A., Savenok O.V. Analysis of modern methods and technologies adopted at the final stage of exploitation of gas fields // GeoEngineering. – 2014. – № 2 (22) summer 2014. – P. 86–89.
10. Berezovsky D.A., Kusov G.V., Savenok O.V., Josephs Edgemen Rachel. Technologies and principles of development of multilayer deposits // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2017. – № 1. – P. 33–50.
11. Berezovsky D.A., Savenok O.V. Analysis of phase transition processes in the development of gas condensate fields and recommendations for taking into account their impact on hydrocarbon reserves // XXIII International Scientific and Practical Conference «Innovation–2018»: collection of scientific papers (October 26–27, 2018, Tashkent). Section 4. Geology, mining and metallurgy. – P. 153–154.
12. Savenok O.V., Kusova L.G. Oil recovery and ways to increase it // Bulletin of student science ka-department of information systems and programming, 2018. – № 03 (6). – P. 97–120. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2018/03/31.PDF>
13. Sukhin A.A., Shiyani S.I. Analysis of methods to combat hydrates in the Astrakhan gas condensate field // Bulatov Readings. – 2020. – Vol. 2. – P. 383–392.
14. Sukhin A.A., Savenok O.V. Analysis of geological and technological information for designing measures to intensify gas inflow in the Astrakhan gas condensate field // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 3. – P. 237–257.
15. Organization and management of environmental protection in the oil and gas industry / S.I. Shiyani [et al.] // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference: in 3 vol. – Krasnodar, 2020. – P. 266–271.
16. Environmental aspects in oil and gas complex / S.I. Shiyani [et al.] // Proceedings of the International Scientific-Practical Conference: in 3 vol. – Krasnodar, 2020. – P. 272–277.
17. Shiyani S.I., Nelin A.K., Medvedeva E.V. Sources and extent of technogenic pollution in the oil industry // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference: in 3 vol. – Krasnodar, 2020. – P. 278–283.
18. Measures to prevent and combat complications in the operation of wells in the Kluchevoye field / I.I. Shabliy [et al.] // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference: in 3 vol. – Krasnodar, 2020. – P. 245–250.
19. Technique and technology of restoration of productivity of the well № 1273 of Urengoy field by sidetracking / E.A. Kholopov [et al.] // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 248–266.