

РГУ нефти и газа имени Губкина И.М.

**В.Н.Хлебников, С.В.Антонов, А.С.Мишин,
Лян Мэн, В.А.Винокуров**

НОВЫЙ ВАРИАНТ ЗАМЕСТИТЕЛЬНОГО МЕТОДА ДОБЫЧИ ГИДРАТНОГО МЕТАНА

**Докладчик: профессор РГУ нефти и газа им.И.М.Губкина,
д.т.н. Хлебников Вадим Николаевич**

Известные методы добычи метана из природных газовых гидратов

- Депрессионный метод (снижение пластового давления ниже давления разложения гидрата);
- Тепловой метод (закачка теплоносителей);
- Депрессионно-тепловой метод;
- Ингибиторный (разрушение гидратов в пласте под действием термодинамических ингибиторов гидратообразования);
- Метод замещения (замещение метана в гидратах на другой газа, например углекислый).

Извлечение метана предполагает его перевод в пласте в свободное состояние с последующим отбором традиционными способами

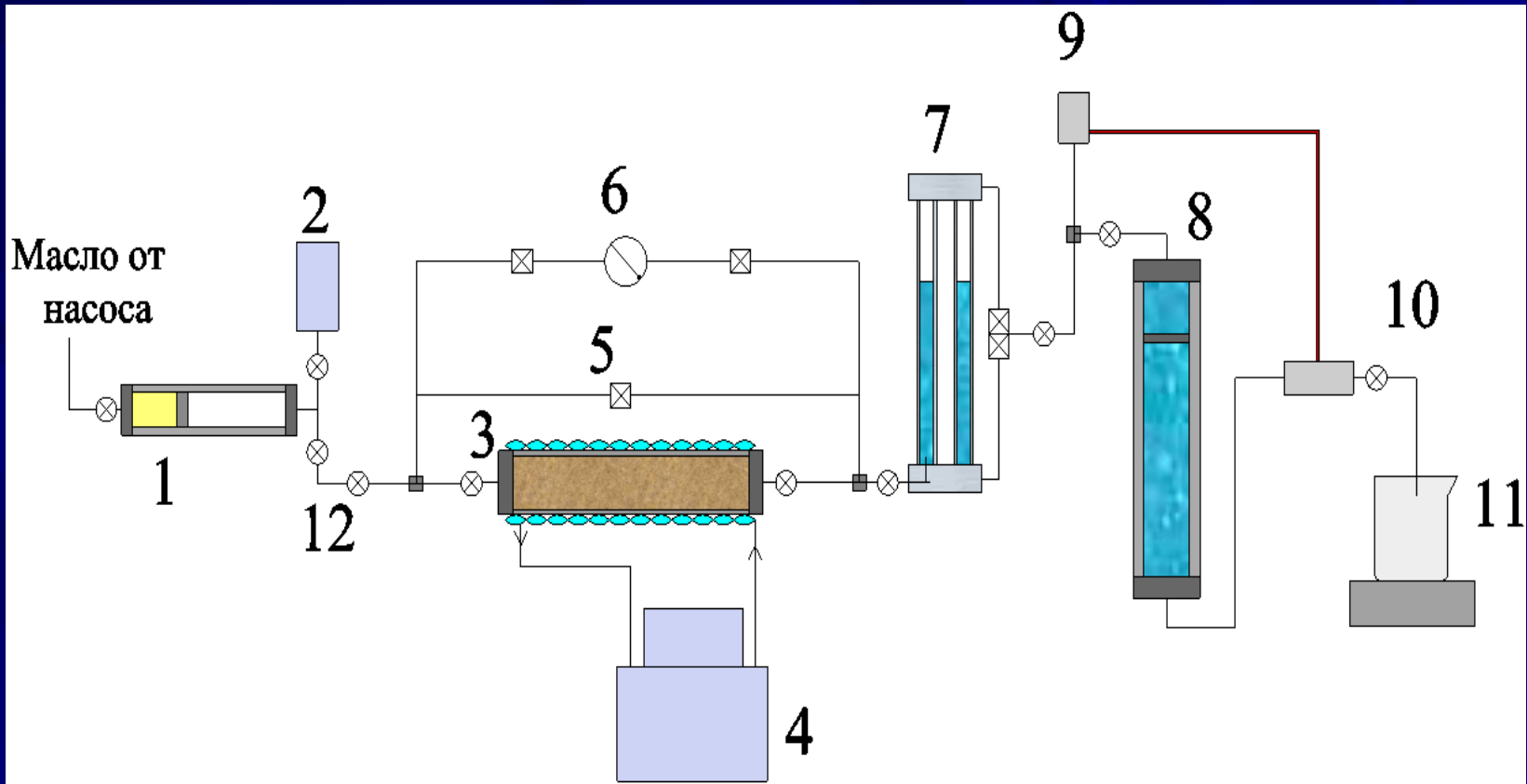
Основные преимущества метода извлечения метана из газогидратных месторождений с помощью его замещения углекислым газом

- отсутствие необходимости подвода теплоты, необходимой для диссоциации гидратов метана;
- самопроизвольность протекания процесса замещения углекислым газом метана, связанного в гидрат, процесс замещения является слабо экзотермическим;
- при протекании процесса замещения не разрушается структура пласта, так как имеет место фазовый переход $\text{CH}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}(\text{тв}) + \text{CO}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}(\text{тв}) + \text{CH}_4(\text{г})$, протекающий с сохранением твердой фазы;
- одновременная секвестрация парникового углекислого газа.

Недостатки существующего метода замещения

- Малая скорость процесса замещения метана на углекислый газ в гидрате
- Низкая конверсия гидрата метана в гидрат CO_2 и, как следствие, малая степень извлечения газа из коллектора
- Образование в пласте и прискважинной зоне пробок из гидрата CO_2 и свободной воды
- Неприменимость метода при высокой насыщенности пласта гидратами

Схема фильтрационной установки

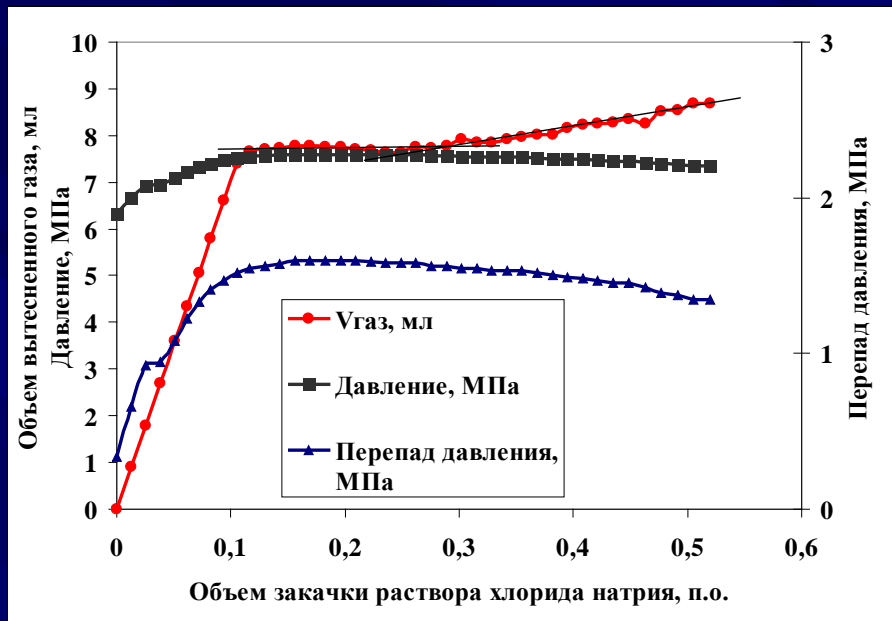


- 1 - поршневая колонка с флюидом (CH_4 или CO_2 или раствором ингибитора);
2 - управляющий насосом датчик давления; 3 - модель пласта с рубашкой охлаждения;
4 - криостат-термостат; 5 - пневматический клапан; 6 - дифманометр;
7 - ультразвуковой сепаратор-измеритель; 8 - выкидная емкость (поршневая);
9 - датчик клапана противодействия; 10 - клапан противодействия;
11 - аналитические весы с приемным стаканом; 12 - вентили высокого давления.

**Характеристика насыпных моделей пласта
(длина моделей пласта – 34,5 см, диаметр – 3,0 см)**

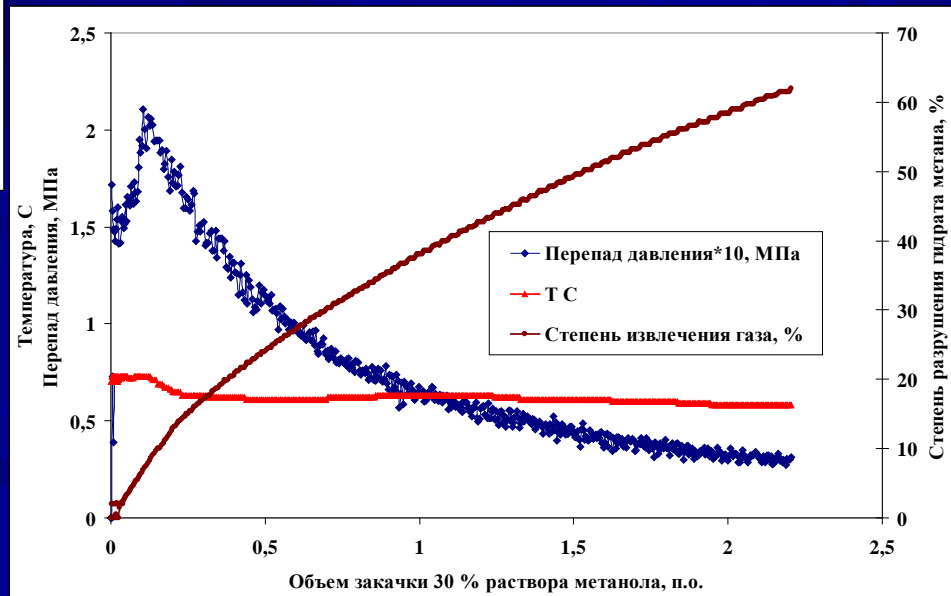
Номер опыта	Проницаемость по газу, мкм ²	Начальная газонасыщенность, %	Объем пор, мл
2/10	1,33	31,7	70,4
8(11)/16	1,93	45,9	79,7
21/13	1,36	65,3	78,5
22/13	2,01	27	80,1
1/15	1,185	43,9	80,5

Исследование процесса диссоциации гидрата метана под действием термодинамического ингибитора гидратообразования



Динамика фильтрации 10 % раствора хлорида натрия (опыт 2/10)

Динамика закачивания 30 % раствора метанола (опыт 21/13)

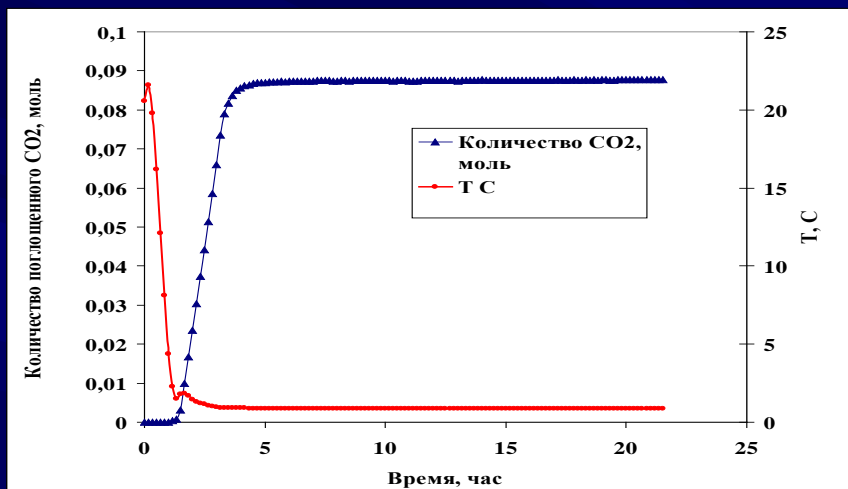


Результаты опытов по разрушению гидрата метана термодинамическими ингибиторами

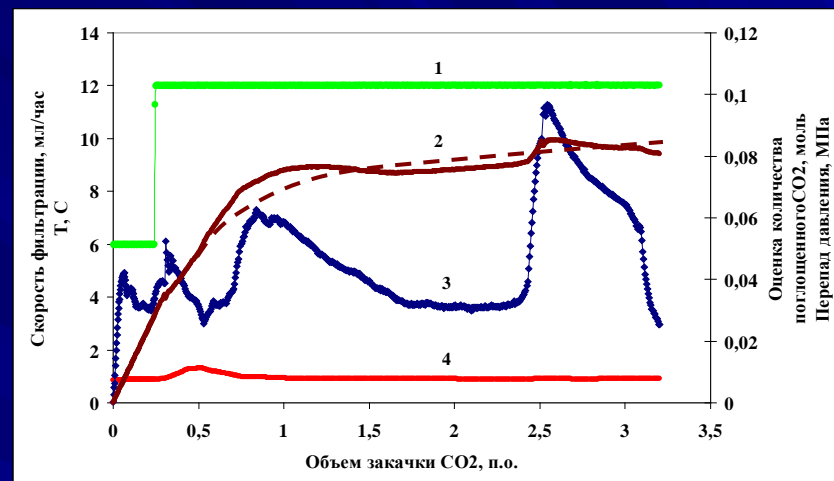
Операция, флюид		Время, час	Объем закачки, п.о.	Количество метана, моль	Максимальный перепад давления, МПа	Конечный перепад давления, МПа	Скорость фильтрации, мл/час	Температура, °С	Давление в модели пласта (избыточное), МПа
2/10	Фильтрация метана	5,0	1,98	-		0,00737	30	22	6,035
	Синтез гидрата метана	42,5	-	+0,2312	-	-	-	1,25	6,0
	Закачка 10 % NaCl	7	0,52	-	1,6	1,35	6,0	1,56	7,6...6,0
	Термическое разложение гидрата	2,5	-	-0,2377	-	-	-	22,5	6,0
8(11)/16	Синтез гидрата метана	18,5	-	+0,2418	-	-	15	1,57	5,0
	Фильтрация метана	1,5	0,40	+0,0096	0,1005	0,1005	15	1,57	5,0
	Закачка 10 % MgCl ₂	28,4	1,55	-0,0678	0,229	0,173	4,5	1,50	5,0
	Термическое разложение гидрата	2,33	-	-0,2558	-	-	-	1,50→22,76	5,0
21/13	Синтез гидрата метана	23,7	-	+0,3226	-	-	-	0,67	6,33
	Фильтрация метана	2,0	0,153	+0,0110	0,0874	0,0847	6,0	0,77	6,33
	Закачка 30 % метанола	19	2,20	-0,2068	0,207	0,0301	6,0	0,66-0,77	6,32
	Термическое разложение гидрата	1,0	-	-0,1185	-	-	-	0,66→22,5	6,32

Синтез гидрата углекислого газа в присутствии 5% раствора метанола (опыт 22/13)

Статика

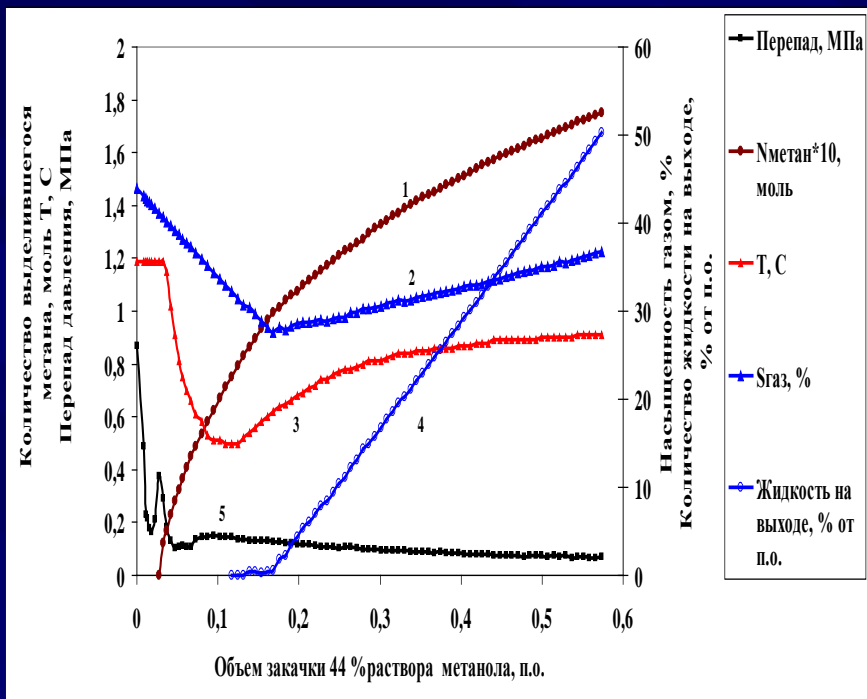


Динамика

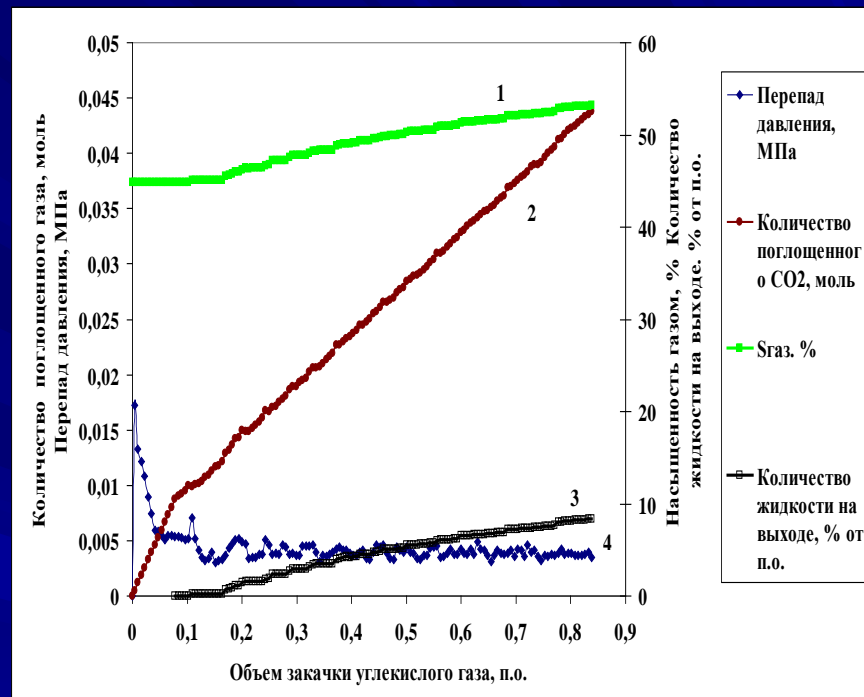


Операция, флюид	Время, час	Объем закачки, п.о.	Количество газа, моль	Максимальный перепад давления, МПа	Перепад давления, МПа	Скорость фильтрации, мл/час	Температура, °C	Давление (избыточное), МПа
Насыщение 5% раствором метанола	-	1,0+1,03	-	-	0,0040	43,4	23	2,0
Фильтрация газообразного CO ₂	-	1,68	-	-	0,0039	24,7	23,6	3,20
Синтез гидрата CO ₂	21,5	-	+0,0876	-	-	-	0,95	3,18
Фильтрация CO ₂	23	2,51	+0,0824	0,0966	0,0254	0-18,5	0,99	3,20
Термическое разложение гидрата	7,0	-	-0,1714	-	-	-	0,99→16,7	3,20

Последовательная закачка раствора метанола и углекислого газа (опыт 1/15)



Динамика закачивания 44 % СН₃ОН
 1 - количество метана на выходе, моль;
 2 - газонасыщенность, %;
 3 - температура, °С;
 4 - количество жидкости на выходе, % от п.о.;
 5 - перепад давления, МПа



Динамика закачивания CO₂
 1 - газонасыщенность, %;
 2 - количество поглощенного CO₂, моль;
 3 - количество жидкости на выходе, % от п.о.;
 4 - перепад давления, МПа

Условия проведения и результаты опыта 1/15

Операция	Время, час	Объем закачки, п.о.	Количество газа, моль	Перепад давления, МПа	Скорость фильтрации, мл/час	Насыщенность газом, %	Температура, °С	Давление (избыточное), МПа
Фильтрация метана	1,5	0,83	-	~0,0003	45	56,1	23,0	5,0
Синтез гидрата метана	22,5	-	+0,2691	-	15	56,1	1,25	5,0
Фильтрация метана	2,7	1,0	+0,0327	0,06011	15-45	43,9	1,26	5,0
Снижение давления	19,23	-	-0,0228	-	-	43,9	1,28	5,0→ 3,3
Закачивание 44 % раствора метанола	2,8	0,57	-0,1739	0,0683	18	36,8	0,91	3,3
Разрушение гидрата метана в статических условиях	14,73	-	-0,0831	-	-	44,8	1,16	3,3
Фильтрация CO ₂	4,53	0,83	+0,0948 -0,0502	0,0039	15	53,2	1,21	3,3
Синтез гидрата CO ₂ в статических условиях	14,33	-	+0,0201	-	15	53,2	1,29	3,3
Фильтрация CO ₂	1,0	0,18	+0,0206 -0,0100	0,0012	15	53,9	1,23	3,3
Термическое разрушение гидратов	5,73	-	-0,0448	-	-	-	1,10→ 22,7	3,3→ 3,4

Заключение

- Предложен новый метод добычи метана из природных газовых гидратов методом замещения с использованием реагентов-ускорителей процесса.
- Метод обладает патентной чистотой, что показал патентный обзор
- Метод находится на начальной стадии лабораторного изучения

Благодарю за внимание