

РГУ нефти и газа имени И.М.Губкина

Тема сообщения:

**Исследвоание и разработка научно-технических
решений по секвестрации парниковых газов в
геологических формациях**

*Исследование производится при поддержке
Федерального агентства по науке и инновациям*

*Докладчик – профессор РГУНГ, д.т.н.
Хлебников Вадим Николаевич*

Обоснование постановки исследования и основная идея работы

Проблемы:

- **Изменение климата на планете и выполнение обязательства РФ по Киотскому протоколу**
- **Истощение нефтяных запасов России и обеспечение ресурсной базы нефтедобывающей промышленности**

Основная идея работы – объединенное решения проблем секвестрации парниковых газов в геологических ловушках, повышения КИН нефтяных месторождений и разработки трудноизвлекаемых запасов нефти

Общепринятый и инновационный путь решения проблемы секвестрации парниковых газов

- Захоронение парниковых газов в угольных пластах, глубокозалегающих водоносных горизонтах, истощенных нефтяных и газовых коллекторах
- Захоронение парниковых газов в виде концентрированного флюида в жидком или сверхкритическом состоянии
- Одновременное создание всего комплекса установок для выделения, осушки и концентрирования секвестрируемого флюида, транспортной системы и полностью подготовленной и обустроенной ловушки
- Захоронение парниковых газов в работающих нефтяных пластах, при разработке запасов трудноизвлекаемой нефти с целью получения максимального положительного эффекта от добычи нефти
- Оптимизирование концентрации CO₂ в секвестрируемом флюиде. Постепенное повышение концентрации CO₂ в секвестрируемом газе
- Постепенное развитие проекта секвестрации путем постепенного ввода в действие установок концентрирования парниковых газов и т.п. оборудование

Геологические структуры, обеспечивающие
инновационный путь решения проблемы
захоронения углекислого газа:

- Пласты с трудноизвлекаемыми запасами нефти (ТИЗ) – низкопроницаемые пласты, вязкие нефти, подгазовые оторочки нефти и т.п.
- Работающие нефтяные месторождения – повышение их нефтеотдачи (повышение КИН с 20-40 до 40-70 %)

Анализ взаимного расположения источников эмиссии и геологических ловушек

Производственное объединение	Доля в эмиссии в РАО ЕЭС, %
МОСЭНЕРГО	10.4
ТЮМЕНЬЭНЕРГО	8.0
СВЕРДЛОВЭНЕРГО	7.9
КУЗБАССЭНЕРГО	5.5
БАШКИРЭНЕРГО	4.0
ТАТЭНЕРГО	3.7
ИРКУТСКЭНЕРГО	3.7
САМАРАЭНЕРГО	2.7
КРАСНОЯРСКЭНЕРГО	2.7
НОВОСИБИРСКЭНЕРГО	2.5
ХАБАРОВСКЭНЕРГО	2.2
ПЕРМЭНЕРГО	2.0
ЛЕНЭНЕРГО	2.0
ОМСКЭНЕРГО	2.0
ОРЕНБУРГЭНЕРГО	1.9
ЧЕЛЯБЭНЕРГО	1.8
ЯКУТСКЭНЕРГО	1.2
САРАТОВЭНЕРГО	1.0
КОМПЭНЕРГО	1.0
ДАЛЬЭНЕРГО	1.0

Ранжирование регионов стран по перспективности осуществления секвестрации:

- 1. Урало-Поволжье (республики Башкортостан, Татарстан и Самарская область)*
- 2. Западная Сибирь (ХМАО)*
- 3. Восточная Сибирь (Кузбасс)*
- 4. Центральный регион страны (наименее благоприятный регион – Московская область)*

Регион страны	Наиболее перспективных тип ловушек
Урало-Поволжье	Пласты с ТИЗ и разрабатываемые нефтяные месторождения
Западная Сибирь	Пласты с ТИЗ и разрабатываемые нефтяные месторождения
Восточная Сибирь	Неразрабатываемые угольные пласты
Центр страны	Глубокозалегающие водоносные горизонты

Перспективные регионы для осуществления проектов секвестрации

Республика Башкортостан, р-ны г.Уфа и гг. Стерлитамак-Салават-Ишимбай-Мелеуз-Кумертау

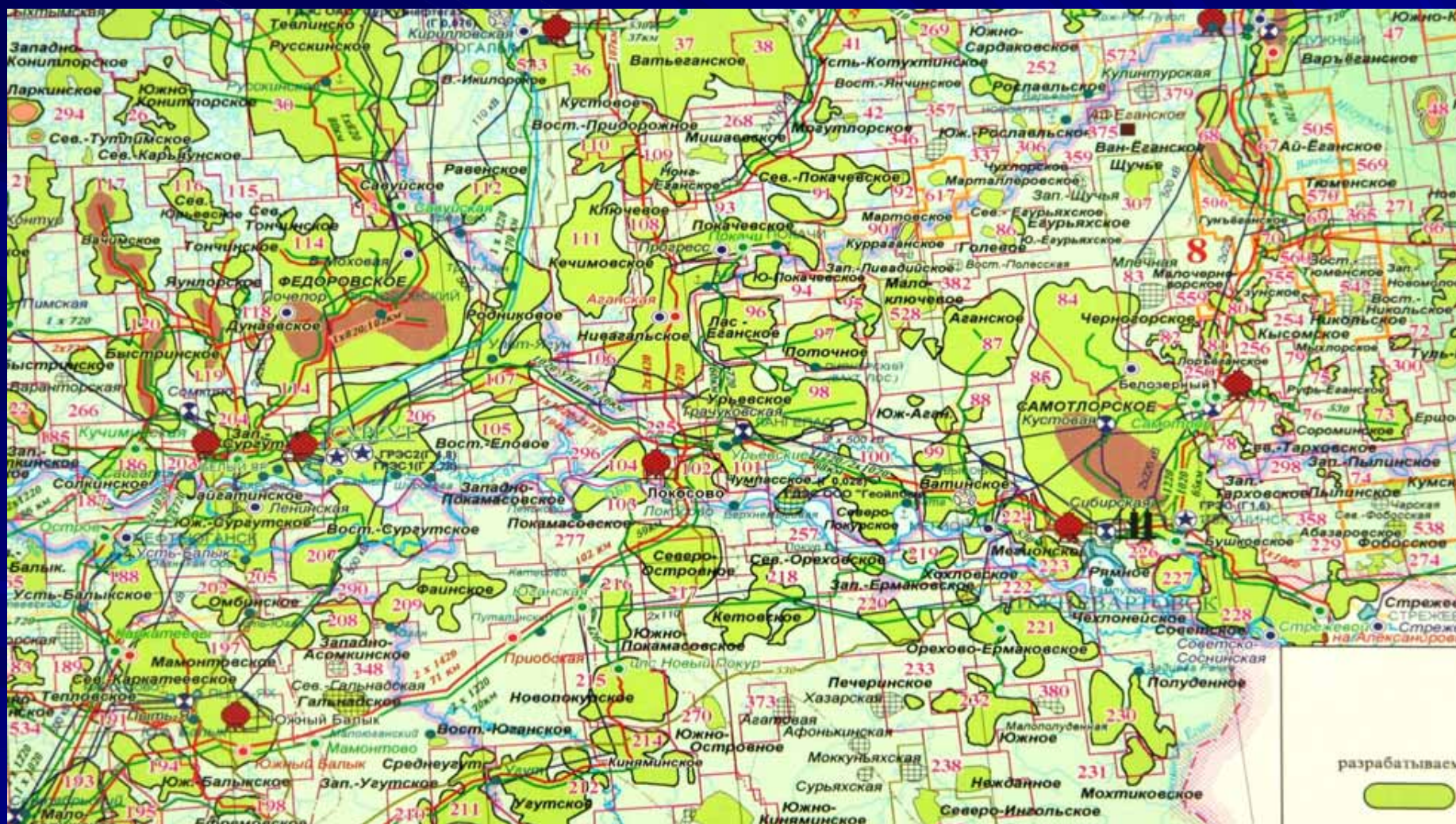


Район г.Уфа

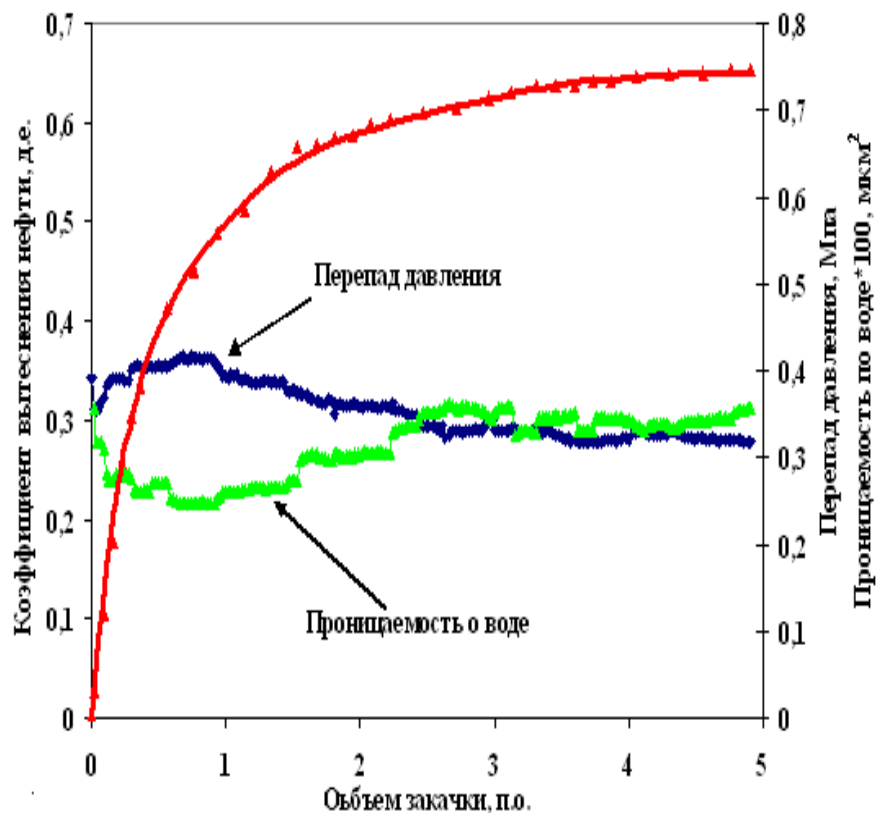


Район гг.Стерлитамак-Салават-Кумертау

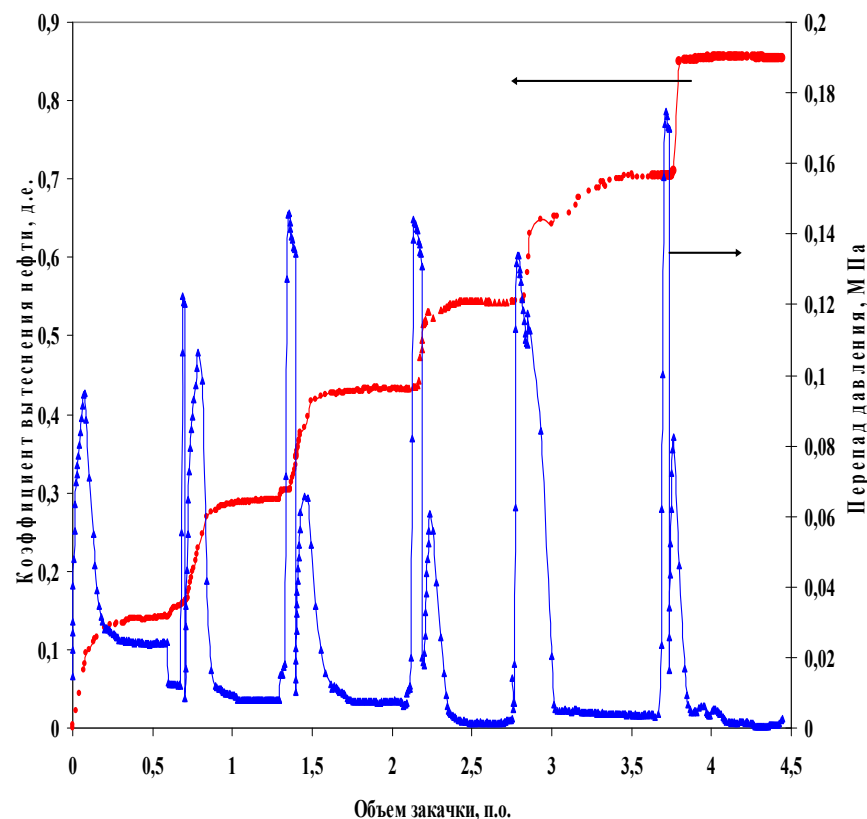
Перспективные регионы для осуществления проектов секвестрации Западная Сибирь, ХМАО, р-н г.Сургут



Поиск технологий эффективной добычи ГИЗ нефти с использованием парниковых газов
Добыча ГИЗ нефти в низкопроницаемых карбонатных пластах
 (на примере Якушкинского месторождения)



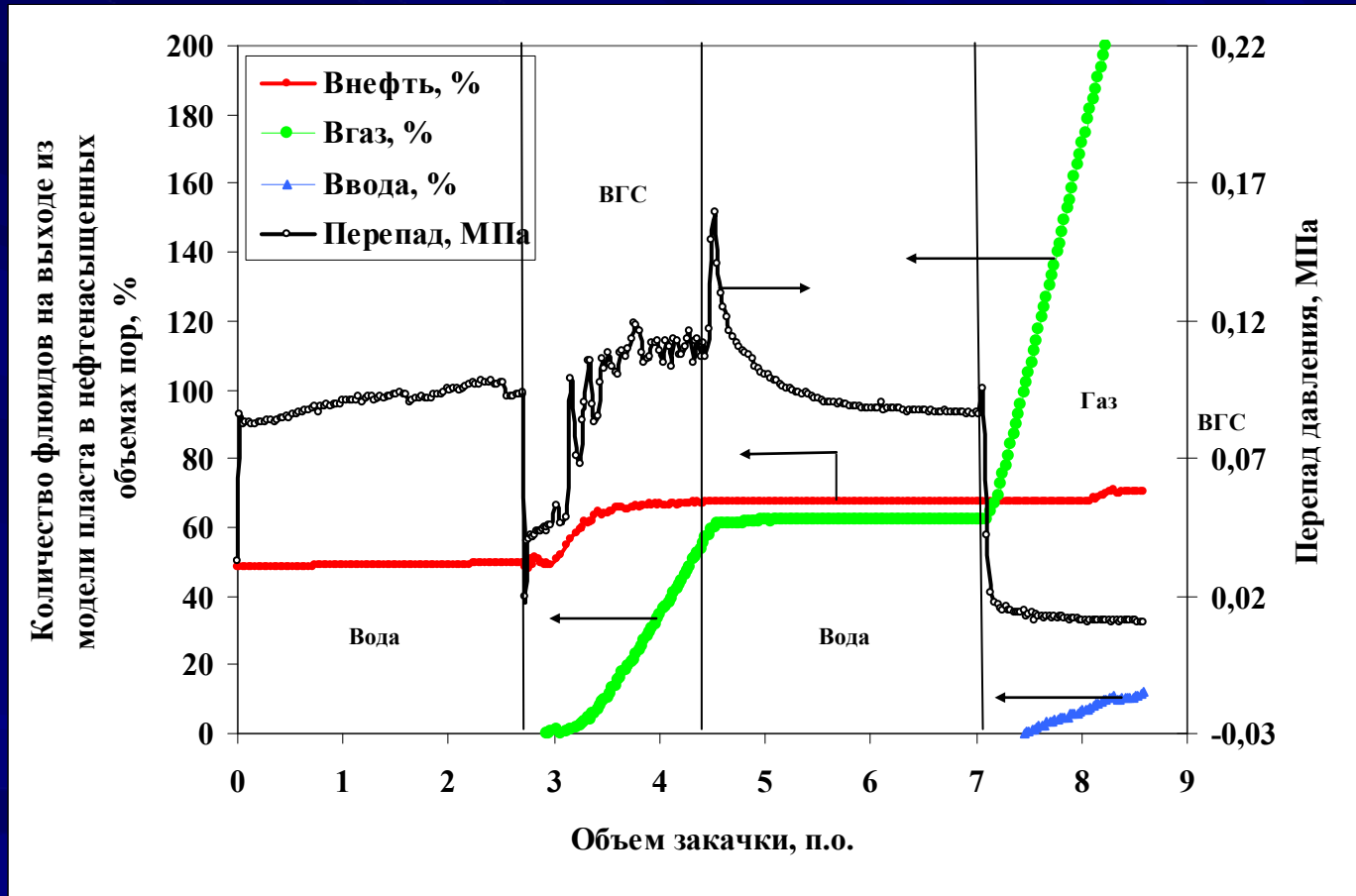
*Вытеснение нефти водой
 ($K_{газ}=0,035 \text{ мкм}^2$)*



*Вытеснение нефти газом и водой
 ($K_{газ}=0,047 \text{ мкм}^2$)*

Повышение нефтеотдачи истощенных девонских пластов

Оценка концентрации CO₂ в секвестрируемом газе, используемом для повышения нефтеотдачи истощенных пластов маловязкой нефти

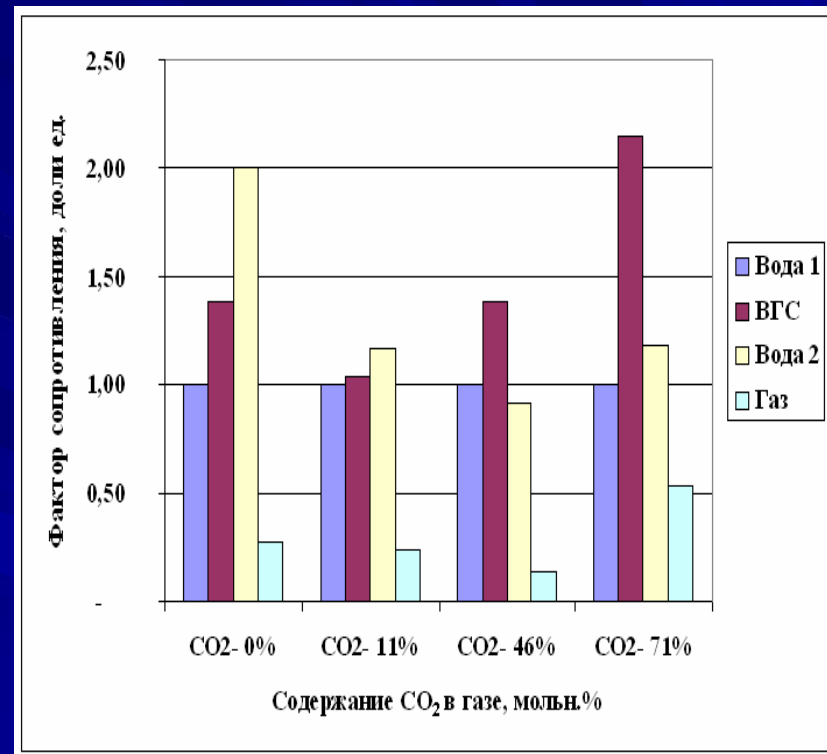
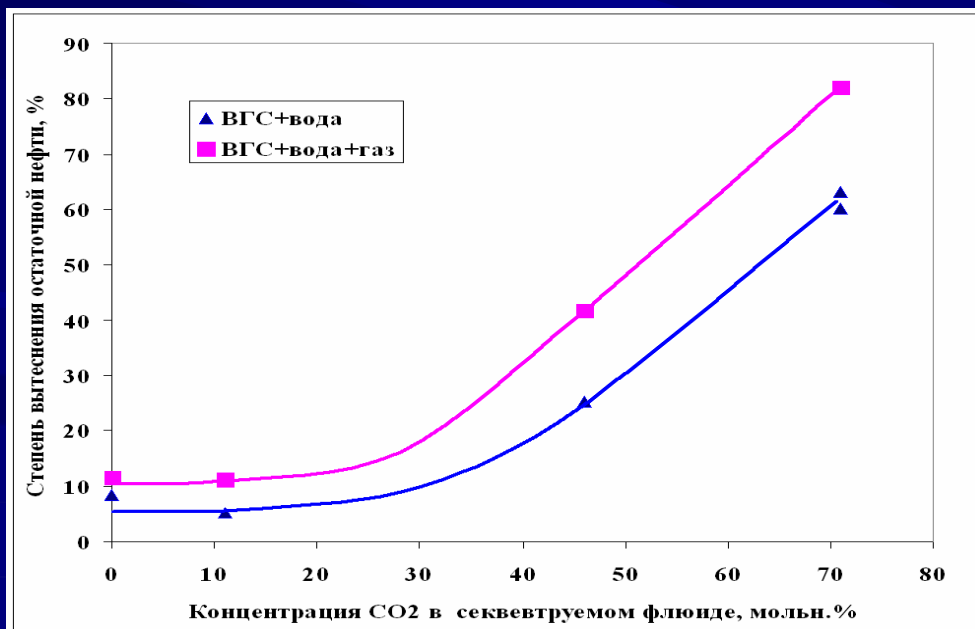
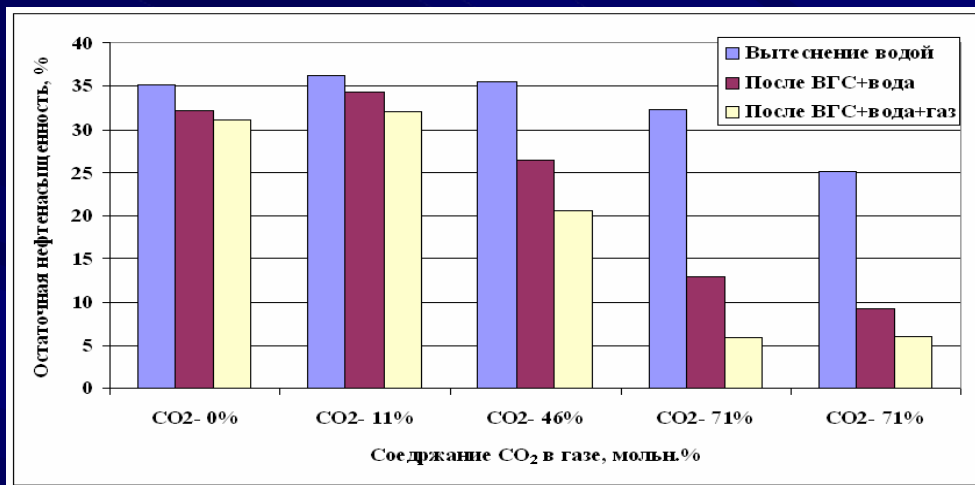


Динамика фильтрации (опыт 1)

Концентрация CO₂ – 46 мольн.%, азот - остальное

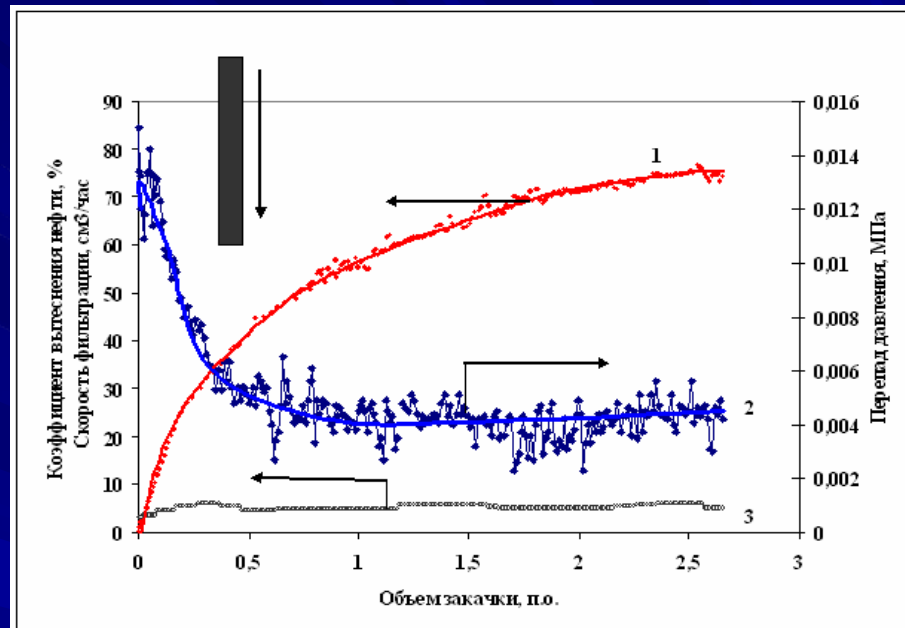
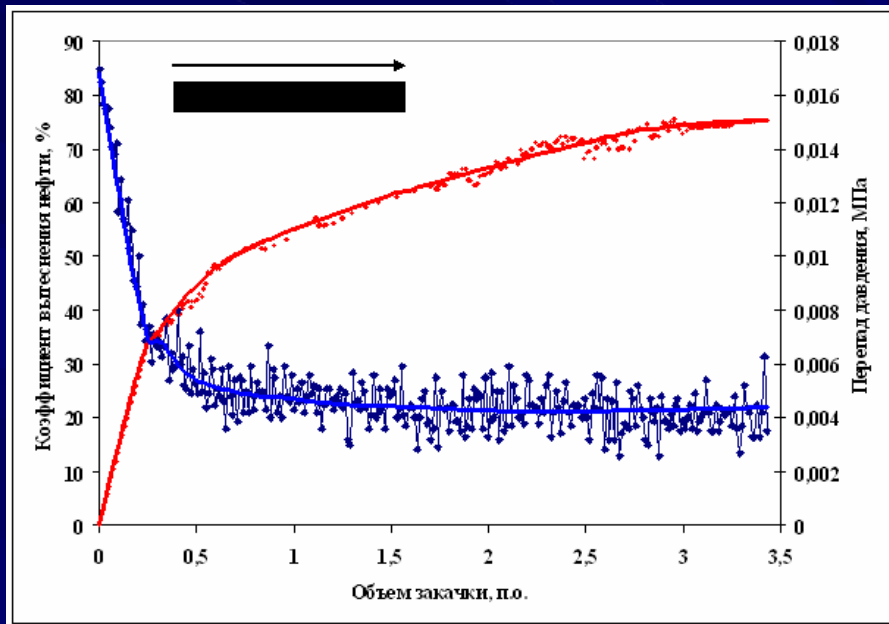
Поиск эффективных путей повышения КИН разрабатываемых месторождений

Влияние состава секвестрируемого флюида на эффективность вытеснения маловязкой нефти



Использование инертного газового агента для вытеснения вязкой нефти

(на примере вязкой нефти пластов ПК Западной сиббири)



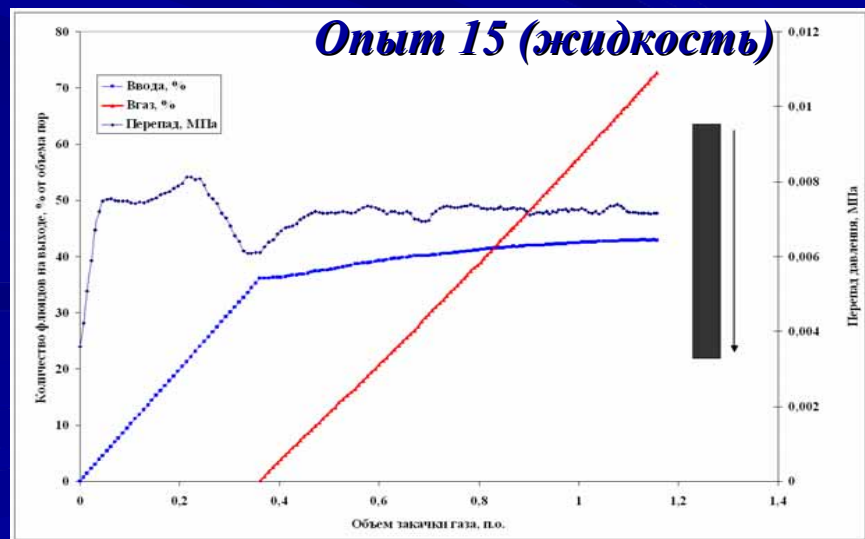
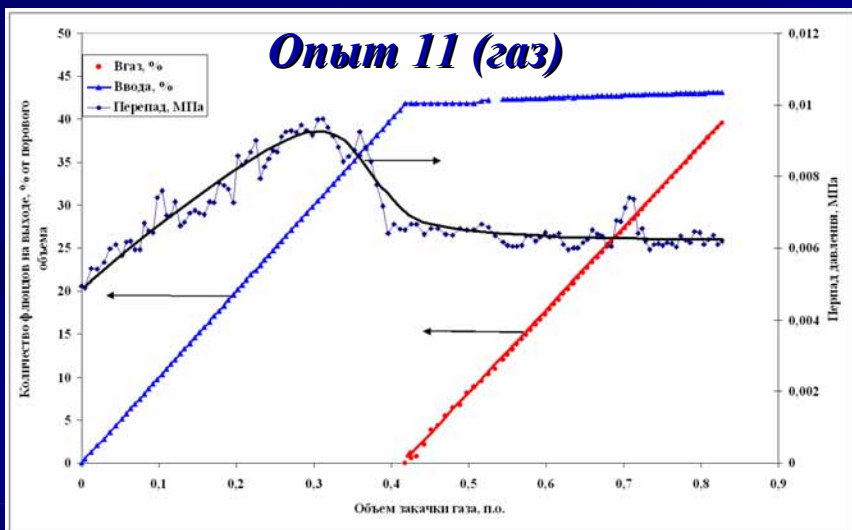
Опыты	Вытесняющий флюид	Объем закачки, п.о.	β , %	Геометрическая ориентация
64	ВГС (20% газа + 80% воды)	3,43	75,3	горизонтальная
69		2,65	74,6	вертикальная

Опыт	Т °С	Объем закачки, п.о.		β , %	$\Delta\beta$, %
		текущая	накопленная		
61	31,6	2,09	2,09	56,6	-
	50,0	1,29	3,38	60,7	4,1
	70,1	1,40	4,78	63,3	2,6
62	70,2	4,52	4,52	71,2	-

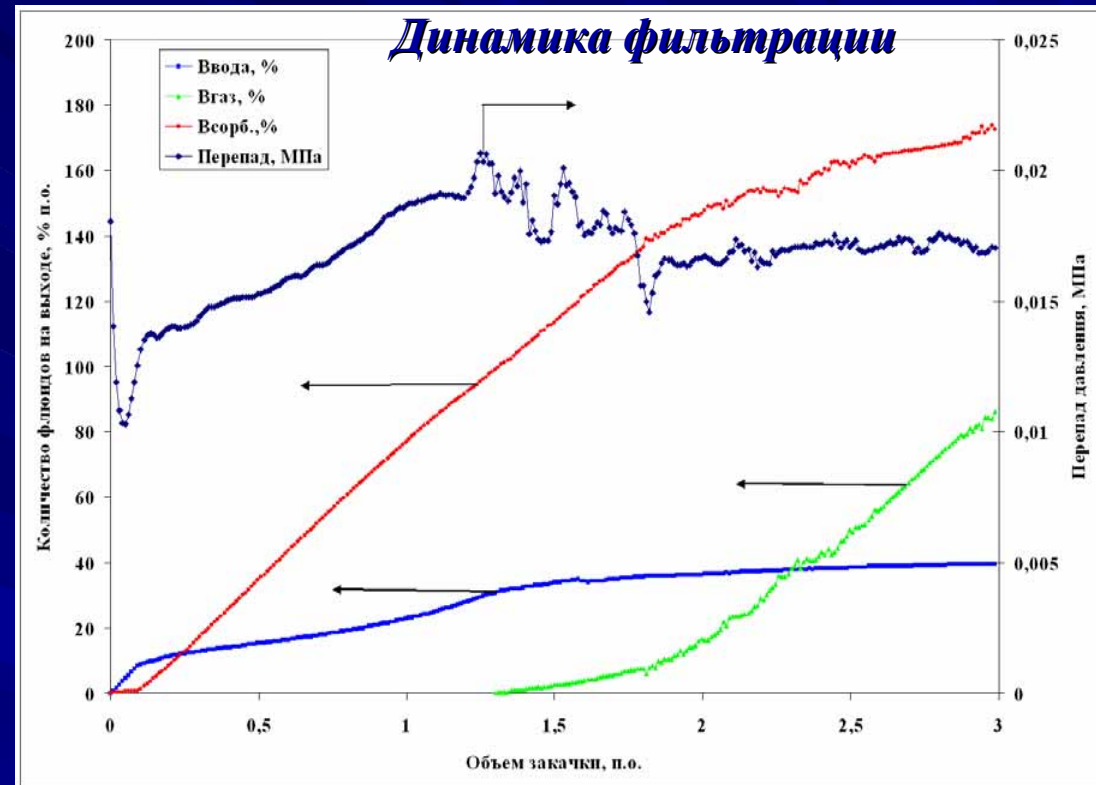
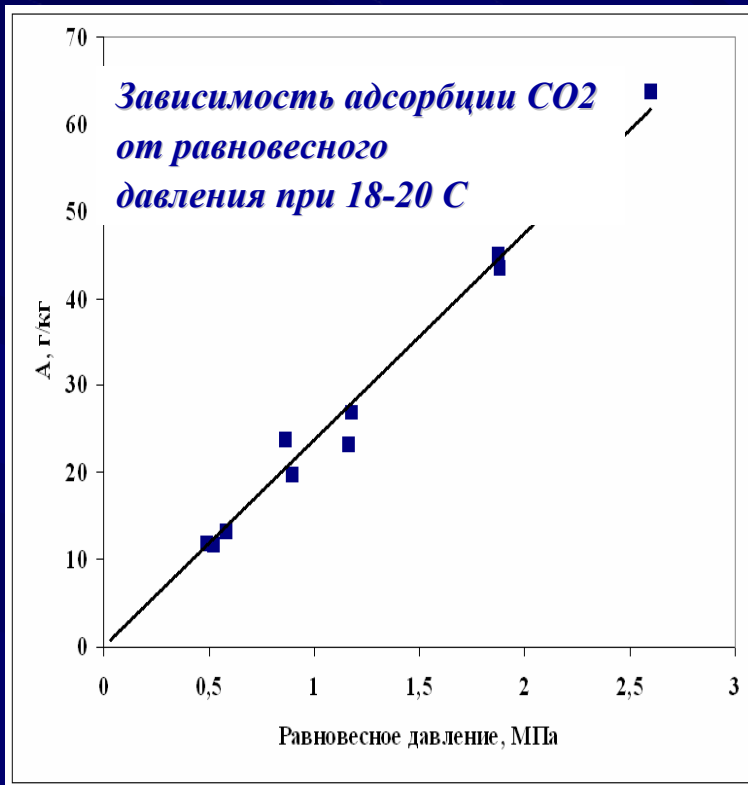
Исследование секвестрации парниковых газов в водоносных горизонтах

Номер опыта	Проницаемость, мкм ²		Мольная (объемная) доля, %	
	По газу	По воде	CO ₂	Азот
11	1,17	0,503	72	28
13	1,02	0,480	95,5	4,5
14	0,981	0,507		
15	1,05	0,503	92,0	8,0

Номер опыта	Направление фильтрации	Тип флюида	Насыщенность газом, об. %		Объем закачки, п.о.	Температура, °C	Противодавление, МПа
			При прорыве газа	В конце опыта			
11	вертикально сверху вниз	Газ	42	43	0,83	33	5,0
13		Сверхкритика	35	41	1,64	34	8,8
15		Жидкость	36	42	1,16	25,5	8,8
14	горизонтально	Сверхкритика	28	41	0,83	34	8,8

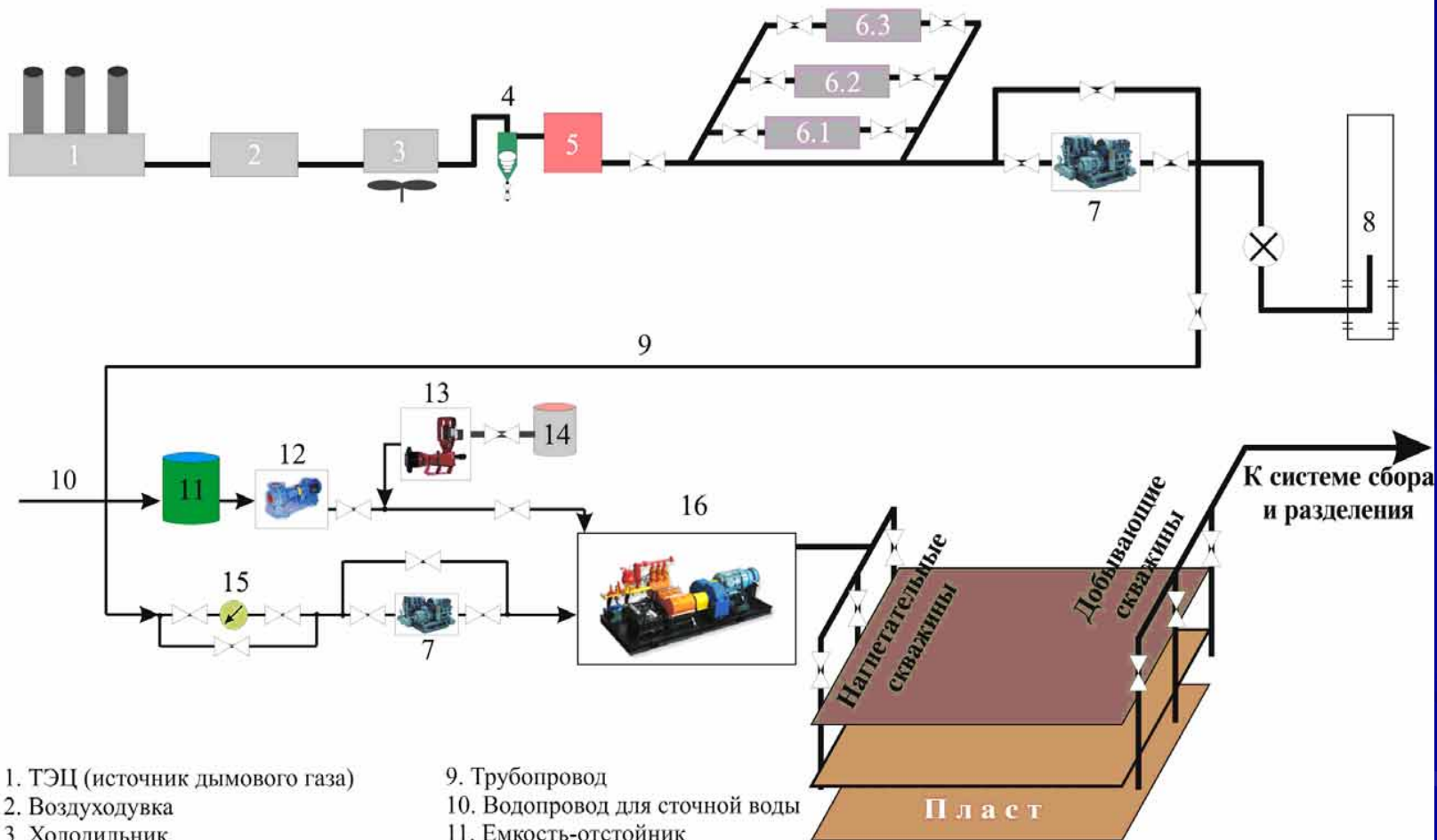


Исследование секвестрации парниковых газов в угольных пластах



Объем закачки газа, п.о.	Количество газа, в % от порового объема			Количество сорбированного газа, г/кг угля	Температура, °С
	Сорбированного моделью пласта	Содержащегося в виде газа в пористой среде	Прошедшего через модель пласта		
1,31	100	31	0	35,1 (26,5*)	25
2,99	173	40	86	60,8 (52.2*)	25-26

Принципиальная технологическая схема



1. ТЭЦ (источник дымового газа)
2. Воздуходувка
3. Холодильник
4. Циклон
5. Установка осушки газа
- 6.1, 6.2, 6.3 установки концентрирования газа (1, 2, 3 - очереди)
7. Компрессор
8. Система аварийного сброса

9. Трубопровод
10. Водопровод для сточной воды
11. Емкость-отстойник
12. Насос
13. Дозировочный насос
14. Емкость для ингибитора коррозии
15. Счетчик газа
16. Насосно-бустерная установка

Оценка экономической эффективности проекта секвестрации

Основные исходные параметры:

Объем секвестрируемого дымового газа – 1 млрд.. нм3/год (200 тыс. т CO₂)

Стоимость квот – 1300-200 руб за 1 т CO₂

Стоимость нефти на внутреннем рынке – 4340 руб/т

Затраты на добычу нефти – 2170 руб/1 Т

Длительность проекта – 15 лет

Норма дисконта – 10 %

Показатель	Захоронение в водоносных горизонтах и угольных пластах	Захоронение в нефтяном коллекторе работающего месторождения
Капитальные затрат, млн.руб.	595	220
Эксплуатационные затраты, млн.руб	250	250
Затраты на добычу нефти, млн.руб	-	761
Стоимость квот, млн.руб	260-440	260-440
Стоимость 300 тыс.т дополнительной нефти, млн.руб	-	1302
Чистый дисконтированный доход, млн.руб	Проект окупается при стоимости квот более 1660 руб за 1 т. CO ₂	1562
Срок окупаемости, лет	5-10	2
Риски при осуществлении проекта	Высокий уровень технологического, операционного и политического риска (эффективность проекта определяется стоимостью квот)	Средний уровень риска

Заключение

- **Осуществление проектов секвестрации парниковых газов в нефтяных пластах позволяет решить одновременно проблему изменения климата, выполнить обязательства России по Киотскому протоколу и проблему истощения нефтяных запасов страны.**
- **Показано, что наиболее перспективными геологическим ловушками являются коллектора работающих нефтяных месторождений и содержащих ТИЗ нефти. Разработаны лабораторные основы технологий добычи ТИЗ нефти и повышения нефтеотдачи с использованием парниковых газов.**
- **На основании расположения источников эмиссии и ловушек выбраны наиболее перспективные регионы для осуществления проектов секвестрации парниковых газов (Урало-Поволжье, Западная Сибирь).**
- **Предложена инновационная схема осуществления и развития проекта секвестрации парниковых газов в геологических ловушках.**
- **Экономическая оценка показала, что инновационная схема обеспечивает экономическую эффективность проектам захоронения парниковых газов в нефтяных пластах.**

Благодарю за внимание!