

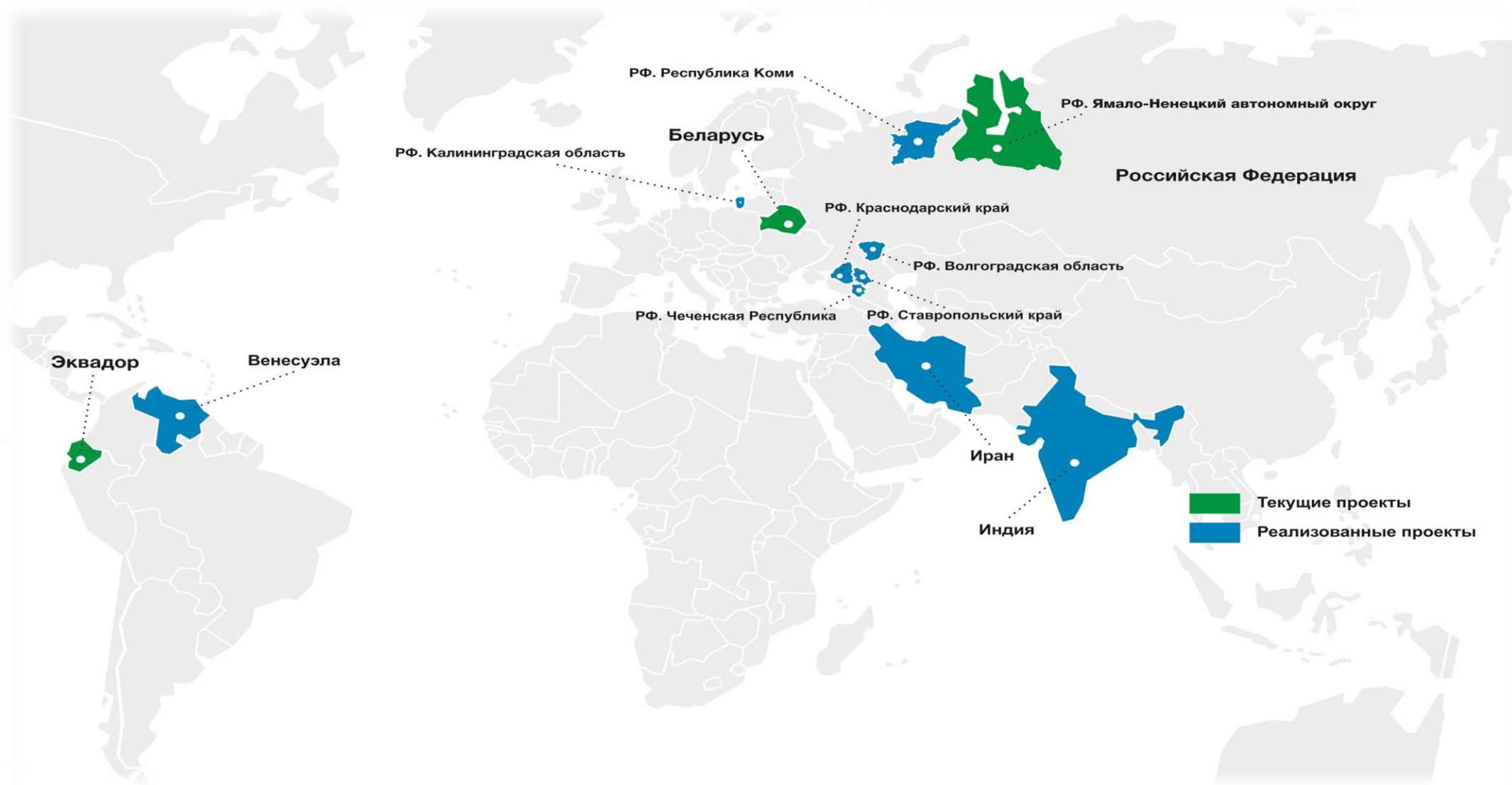
Опыт разработки трудноизвлекаемых запасов УВС Республики Беларусь

Халецкий Андрей Васильевич

Директор Филиала РУП «ПО «Белоруснефть»
в г.Тюмень «БН-НТЦ»
a.haletsky@beloil.by



«Белоруснефть» – государственная энергетическая компания Республики Беларусь, образованная в 1966г. В компании работает более 27 тысяч человек.



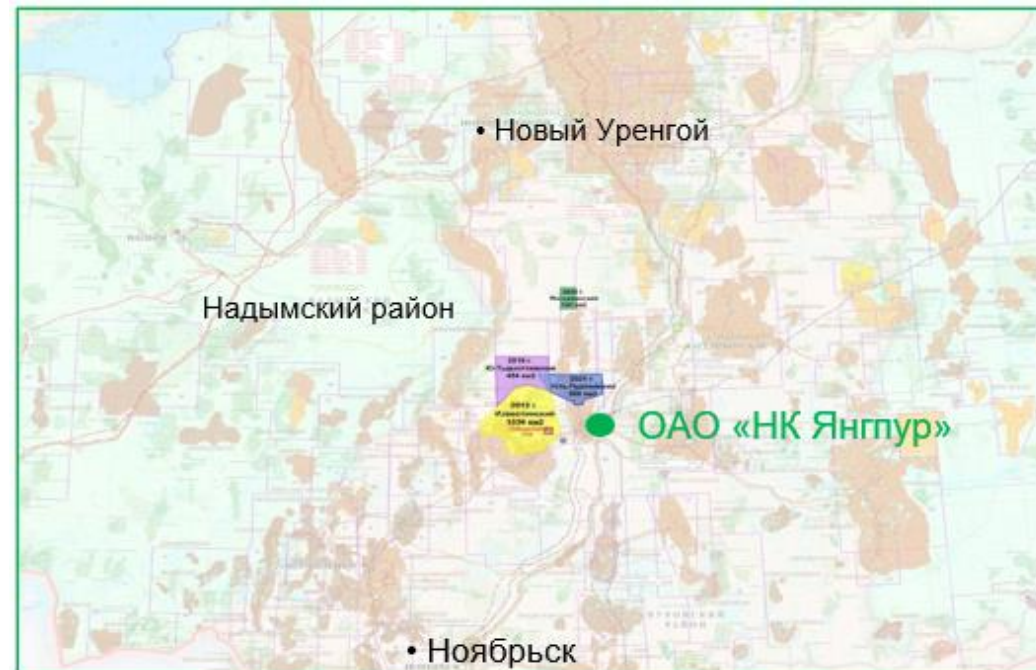


95
месторождений

1,85
млн т. в год
добыча нефти

200 млн
м³ ПНГ

1000+
добывающих скважин



Компания «Янгпур» приобретена в октябре 2013 года.

4

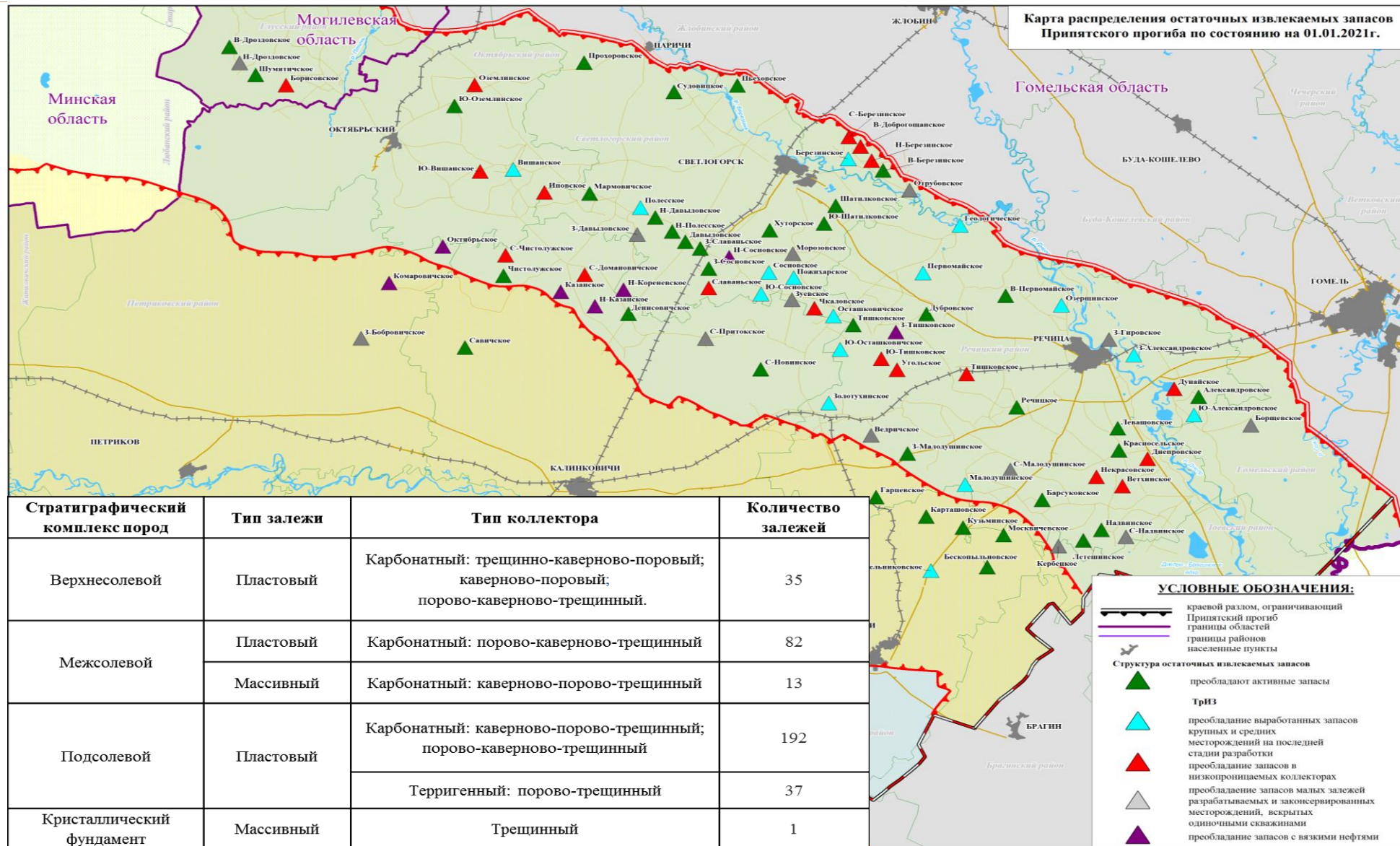
лицензионных участка

1.5 млн. т
н.э./год
добыча УВ

2000 км²
площадь ЛУ

ПРИПЯТСКИЙ ПРОГИБ Общая информация

Карта распределения остаточных извлекаемых запасов Припятского прогиба по состоянию на 01.01.2021г.





Исследование геолого-физических особенностей месторождений Припятского прогиба

Тип коллектора (по емкости)	Класс коллектора (по литологии)	Фильтрационно-емкостные свойства				
		Емкость пустот, %		Вид коллектора		
		пор	каверн	Малопроницаемые до 50 мД	Проницаемые до 150 мД	Высокопроницаемые более 150 мД
Поровый	Карбонатный	3-9	7-14	1-40	60-150	150-190
	- межсолевой - подсолевой	4-6	7-16	1-16	50-60	170-210
	Терригенный	16-25	отсутств.	10-50	50-70	отсутств.
Каверновый	Карбонатный	3-5	10-22	20-41	80-112	430
	- внутрисолевой	3-5	10-22	20-41	80-112	-
	- межсолевой - подсолевой	3-7	12-25	3-50	50-110	170-310
Трещинный	Карбонатный	<4	отсутств.	12-50	отсутств.	310
	Терригенный	<3	отсутств.	5-28	отсутств.	310

Известняк биогермный, каверново-порово-трещинный, нефтенасыщенный, задонский горизонт

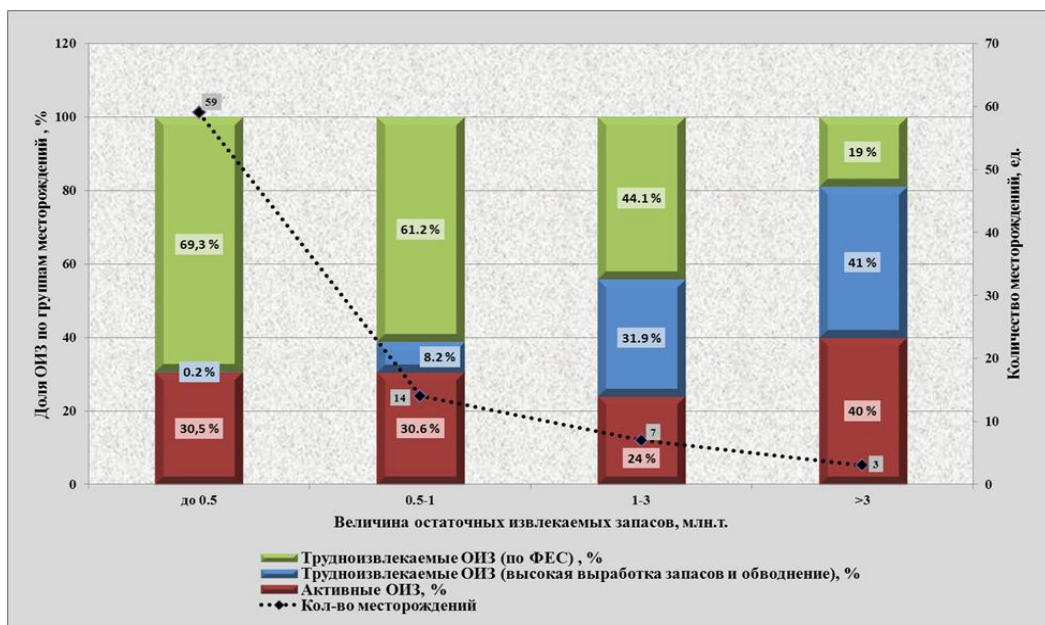


Доломит коралловый, каверново-поровый, нефтенасыщенный, семилукский горизонт

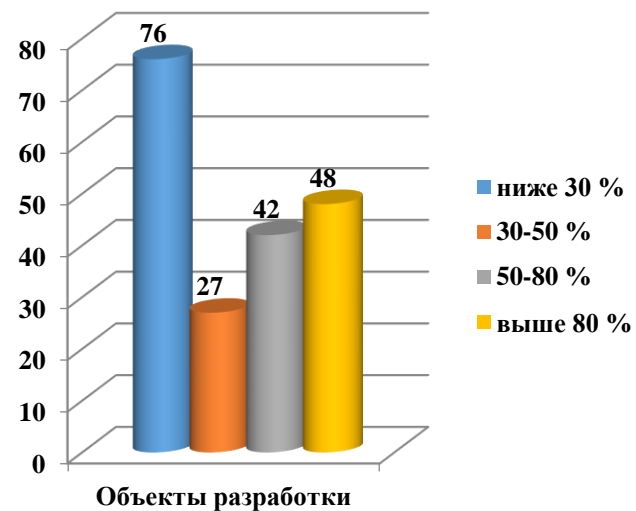


ПРИПЯТСКИЙ ПРОГИБ Проблемы разработки

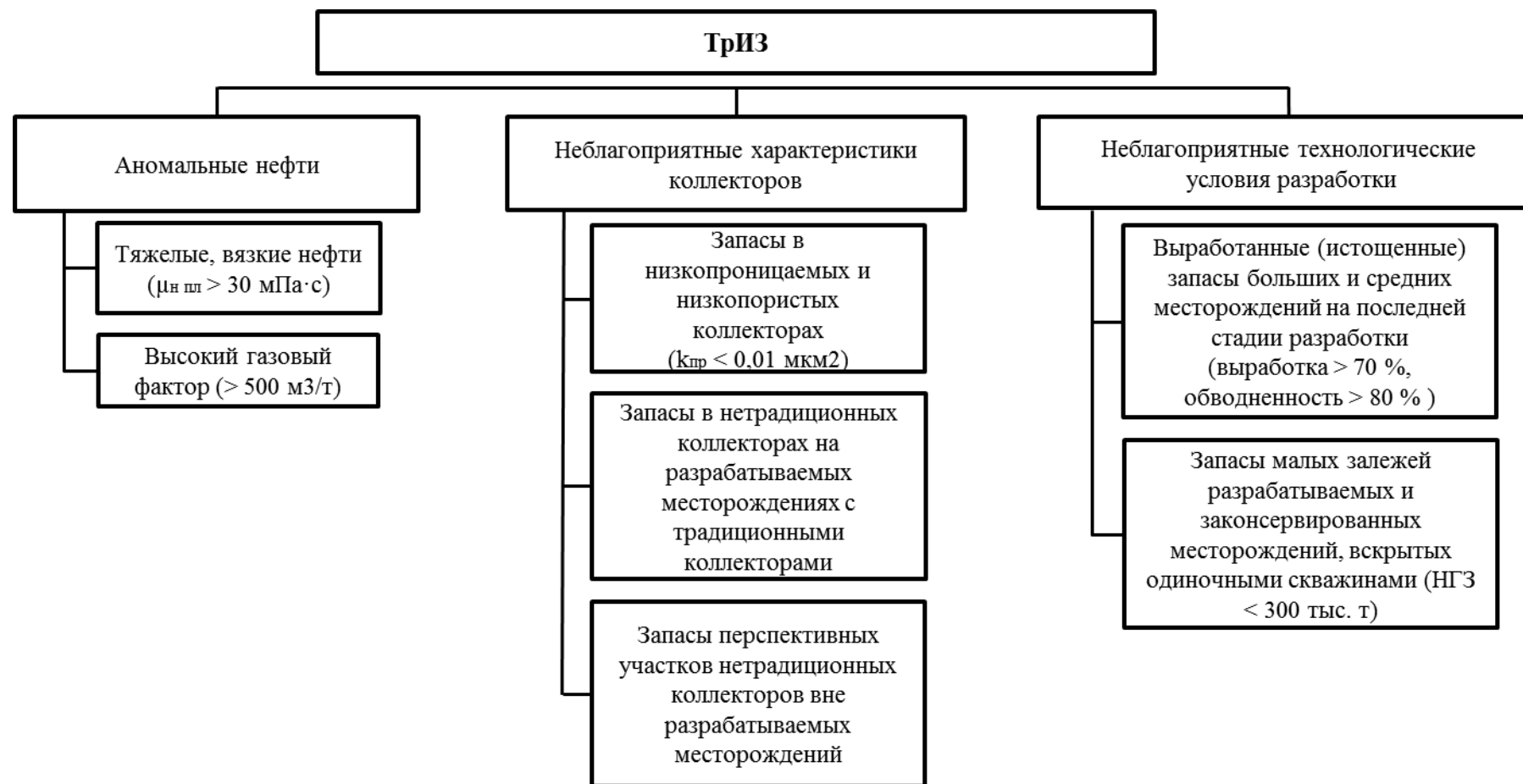
№ группы м/р	Объемы ОИЗ, млн. тонн.	Наименование группы	Количество м/р в группе	Остаточные извлекаемые запасы, %			Годовые темпы отбора запасов, % от остаточных запасов		
				Суммарные	Активные	ТриЗ	Суммарных	Активных	ТриЗ
1	<0,5	Очень мелкие	59	16,8	5,8	11,0	2,6	5,7	1,3
2	0,5-1,0	Мелкие	14	19,6	7,6	12,0	3,4	7,2	1,8
3	>1,0-3,0	Средние	7	22,8	12,8	10,0	3,1	10,1	1,0
4	>3,0	Крупные	3	40,8	7,8	33,0	4,2	8,8	1,1
		Всего	83	100	34,0	66,0	3,5	8,2	1,2



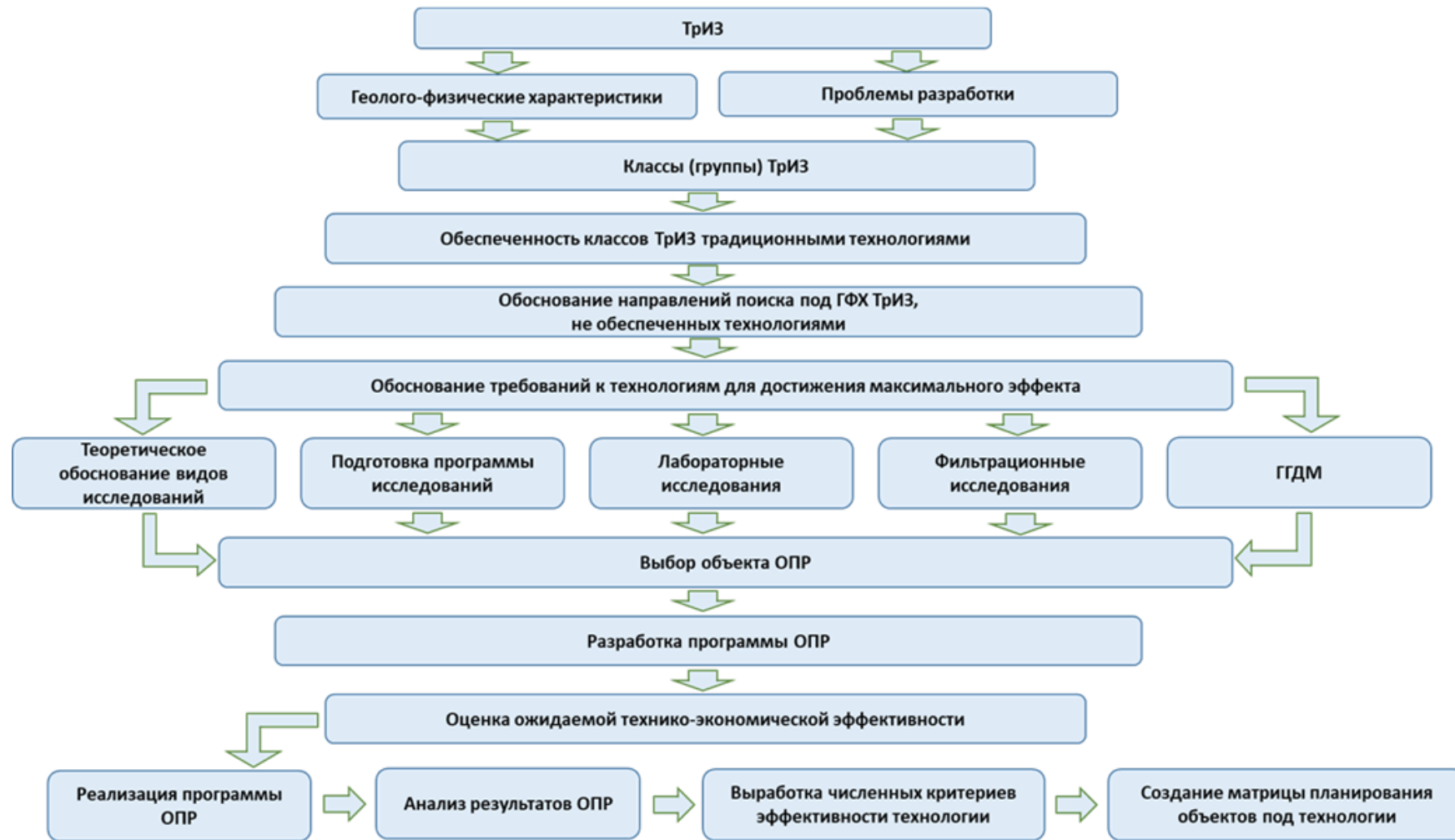
Распределение объектов разработки по выработке запасов



Классификация трудноизвлекаемых запасов нефти Припятского прогиба



Методические основы планирования технологий повышения эффективности разработки ТРИЗ

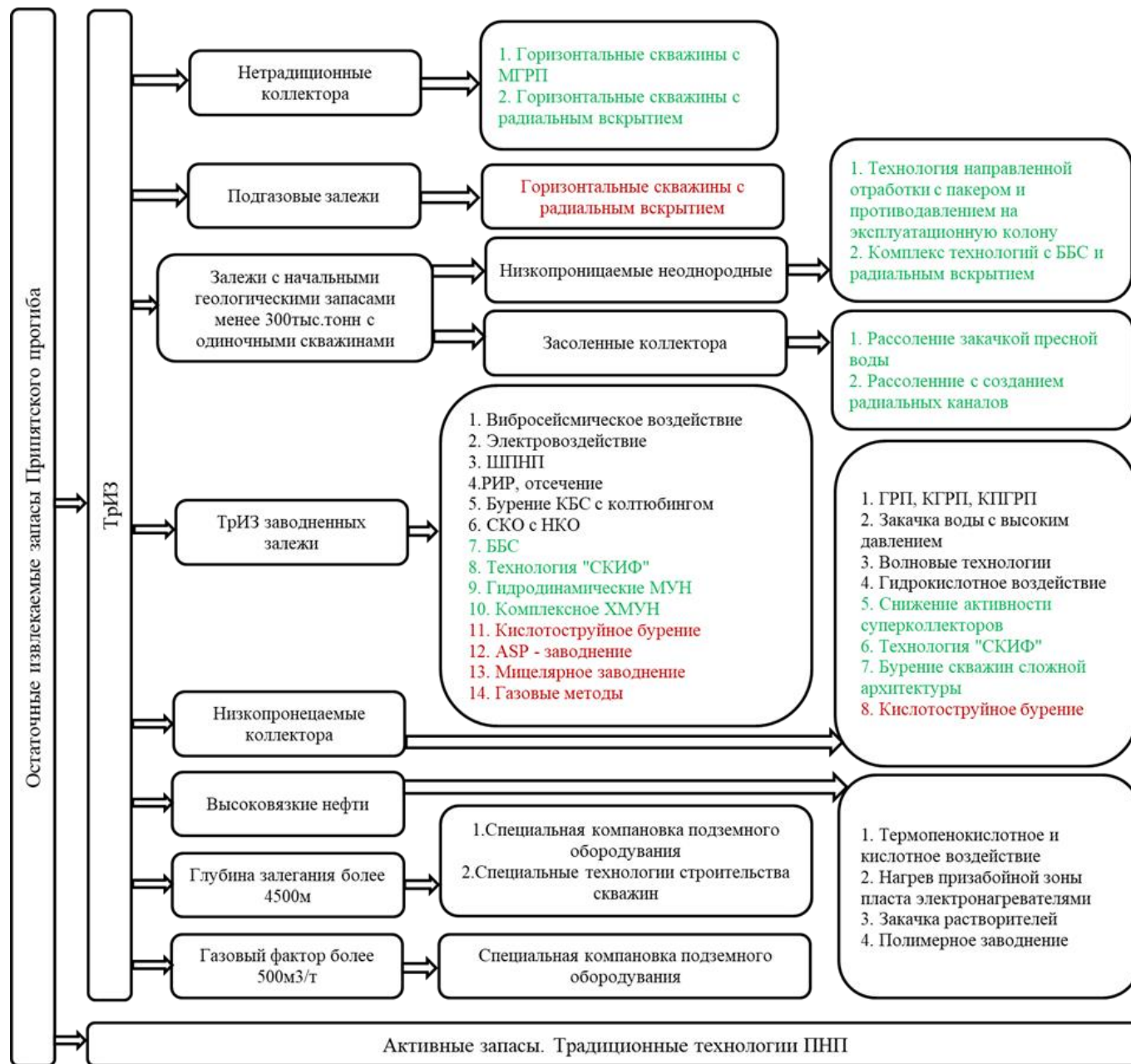


Алгоритм системно-адресного планирования создания, адаптации и применения комплекса новых технологий для повышения эффективности выработки ТРИЗ

Формулирование требований к комплексу технологий

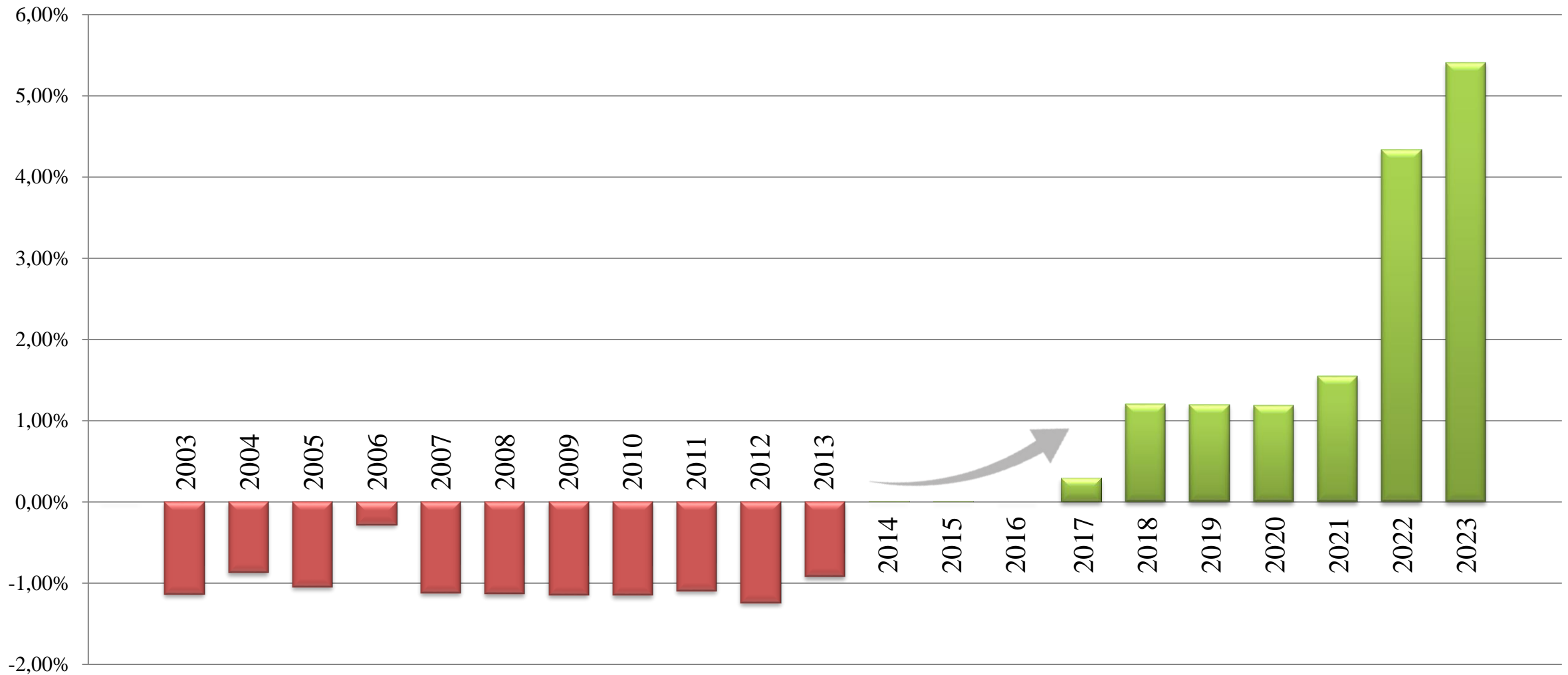
- **Технологии увеличения КИН для ТриЗ в заводненных зонах** должны обеспечивать выработку мало дренируемых или не дренируемых целиков, а также увеличение КИН за счет методов увеличения нефтеотдачи в зонах с рассеянными запасами.
- **Технологии увеличения КИН для низкопроницаемых коллекторов** должны обеспечивать увеличение зон дренирования, повышения эффективности вытеснения пластовых флюидов и снижения активности фильтрационных процессов по пропласткам суперколлекторов.
- **Технологии увеличения КИН для мелких залежах** должны обеспечивать рентабельную добычу одиночными скважинами с целью организации обустройства только одной скважины, для минимизации затрат на кап. строительство. В случае наличия в залежах засоленных коллекторов, технологии также должны обеспечивать интенсификацию притока за счет их рассоления.
- **Технологии для освоения нетрадиционных коллекторов** должны обеспечивать увеличение объемов дренирования пластов за счет создания простимулированного объема породы. Создание искусственной емкости.

Положение разработанных, опробованных и перспективных технологий



Индекс динамики добычи нефти

Темп прироста годовой добычи нефти относительно предыдущего года



ПРИМЕНЯЕМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Поиск

Ввод в работу нетрадиционных коллекторов

Бурение

Бурение боковых стволов



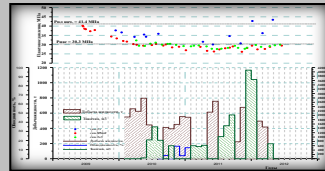
Скважины сложной конструкции

- многоствольные
- многозбойные
- горизонтальные

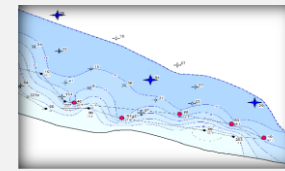


Вторичные МУН

Периодический отбор-закачка

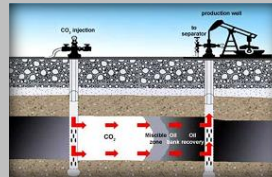


Гидродинамические методы воздействия на пласт

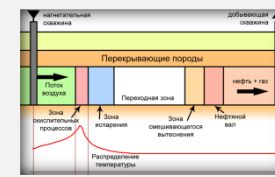


Третичные МУН

Водогазовое воздействие



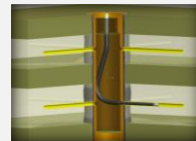
Термогазовое воздействие



Технологии воздействия на пласт

Закачка потокоотклонителей (ASP, SP, P-технологии)

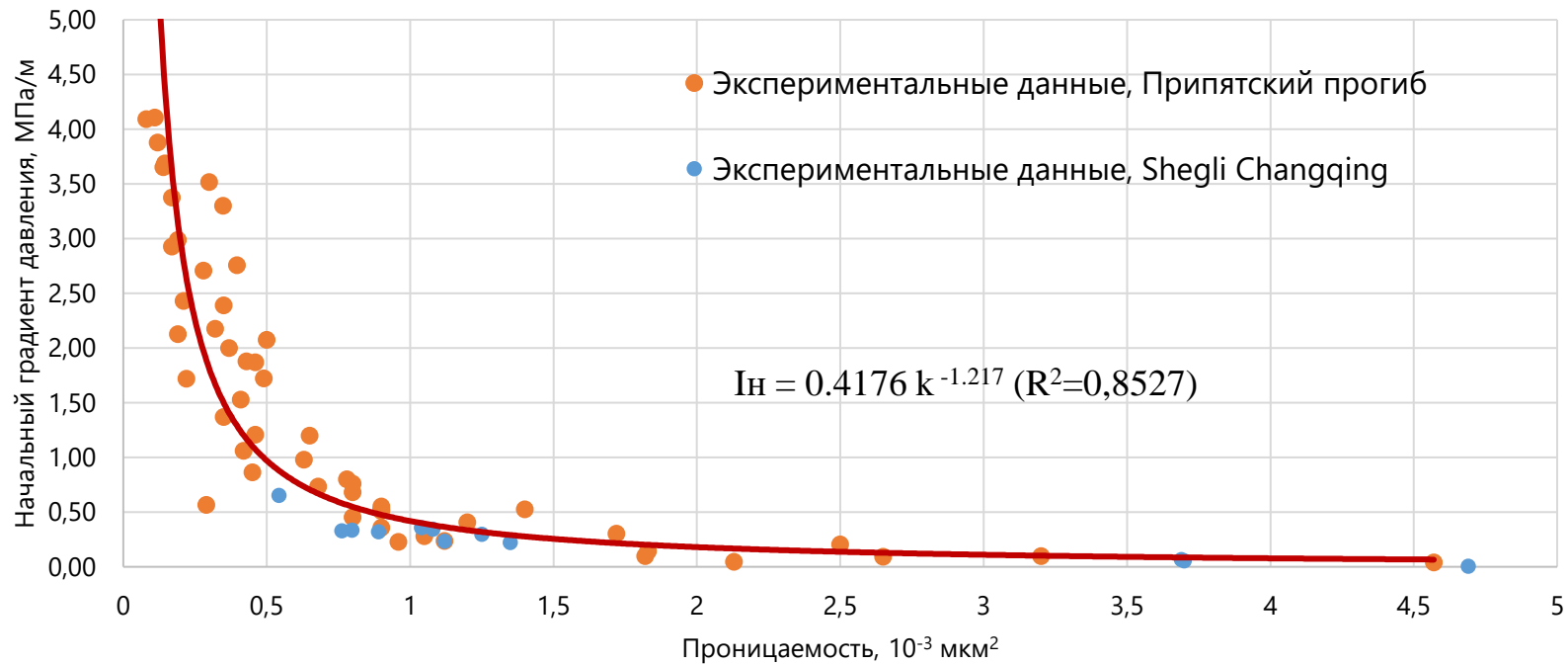
Система глубокопроникающих каналов фильтрации



Интенсификация добычи нефти (ГРП, СКР, МГРП, КИВ, ГИВ, ГАКС)



Зависимость начального градиента давления фильтрации от проницаемости для карбонатных пород порового типа (матрицы)



ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОГО ФИЗИКО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТ

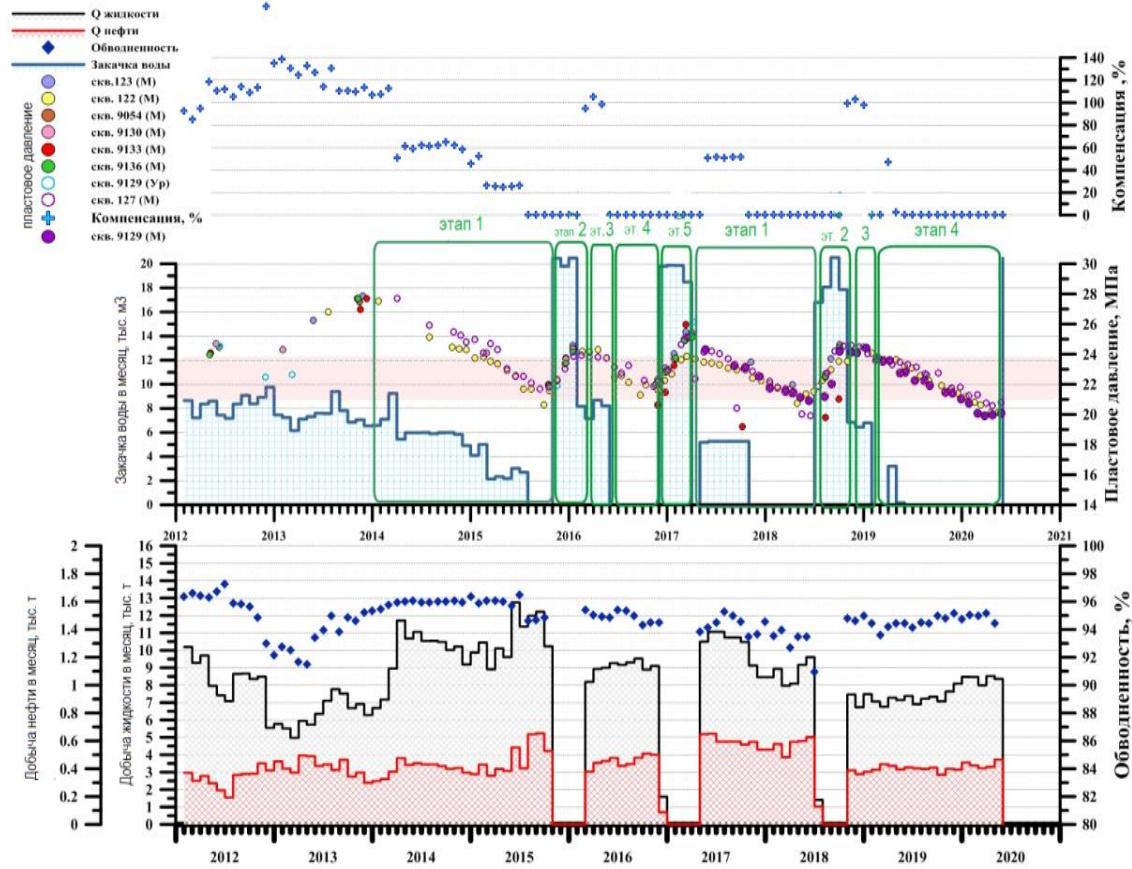


График реализации 2-х циклов по гидродинамическому воздействию на семилукской залежи восточного блока Тишковского месторождения

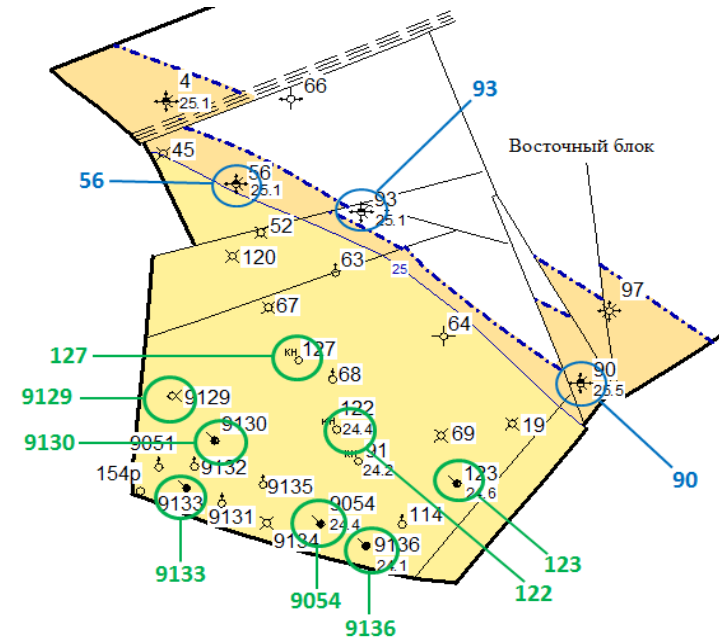


Схема размещения нагнетательных \circ и добывающих \circ скважин на карте изобар семилукской залежи восточного блока Тишковского месторождения

Разработанная технология внедрена на четырех объектах: Тишковское, Восточно-Первомайское, Осташковичское, Вишанское н.м. Дополнительная добыча нефти более 25 тыс. т нефти. Прирост КИН на 0,25-0,39%.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД ПОДБОРА ТЕХНОЛОГИЙ ПНП, КОТОРЫЙ АДРЕСНО УЧИТЫВАЕТ ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗРАБОТКИ КОНКРЕТНОГО ОБЪЕКТА ВОЗДЕЙСТВИЯ

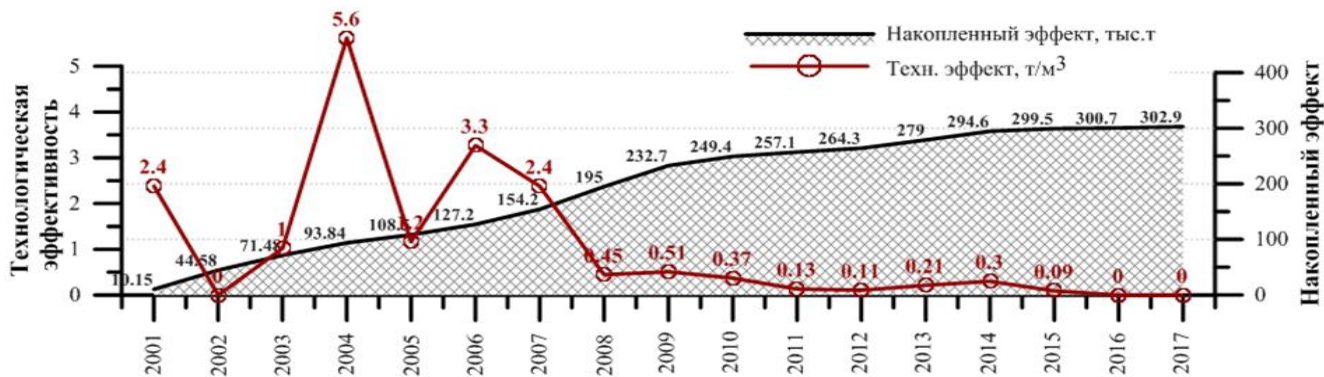
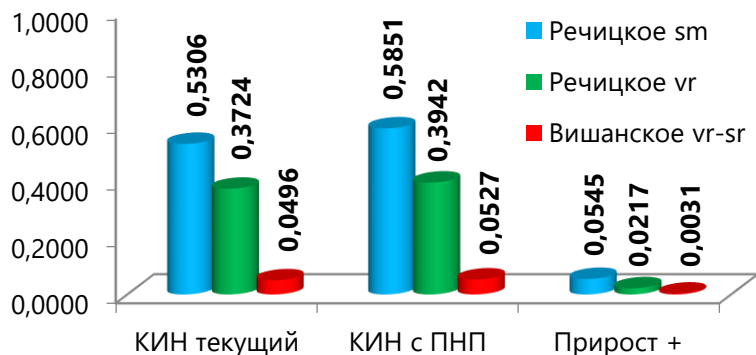
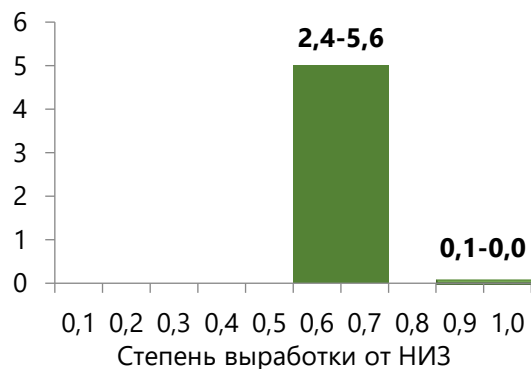


График технологической эффективности и накопленной дополнительной добычи нефти потокоотклоняющих технологий ПНП

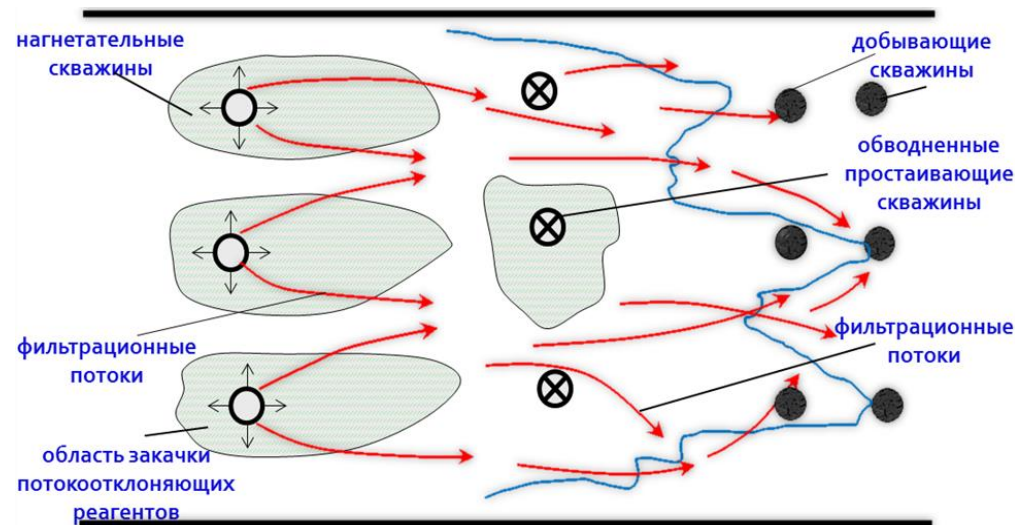


Прирост КИН по залежам нефти Речицкого и Вишанского месторождений за счет химических ПНП за период с 2001 по 2017 гг.



Дополнительная добыча в тоннах на 1 м³ закачки композиций в пласт

Схема широкоохватного (многорублежного) ПНП



От потокоотклоняющих технологий в условиях месторождений Припятского прогиба обводненность добываемой продукции может снижаться от первых единиц до 10 %, а длительность эффекта достигать до 0,5–1,0 года.

20 месторождений, 35 объектов разработки, 570 тыс. м³ композиций.

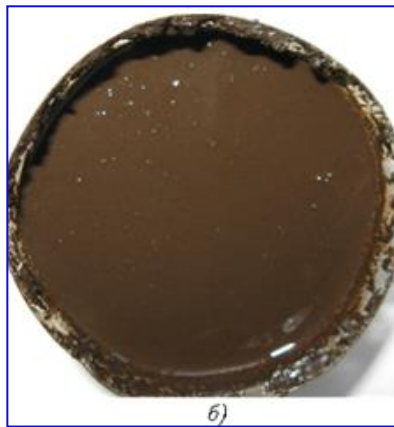
КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД ПОДБОРА ТЕХНОЛОГИЙ ПНП, КОТОРЫЙ АДРЕСНО УЧИТЫВАЕТ ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗРАБОТКИ КОНКРЕТНОГО ОБЪЕКТА ВОЗДЕЙСТВИЯ



Шламмовый амбар



Нефтешлам



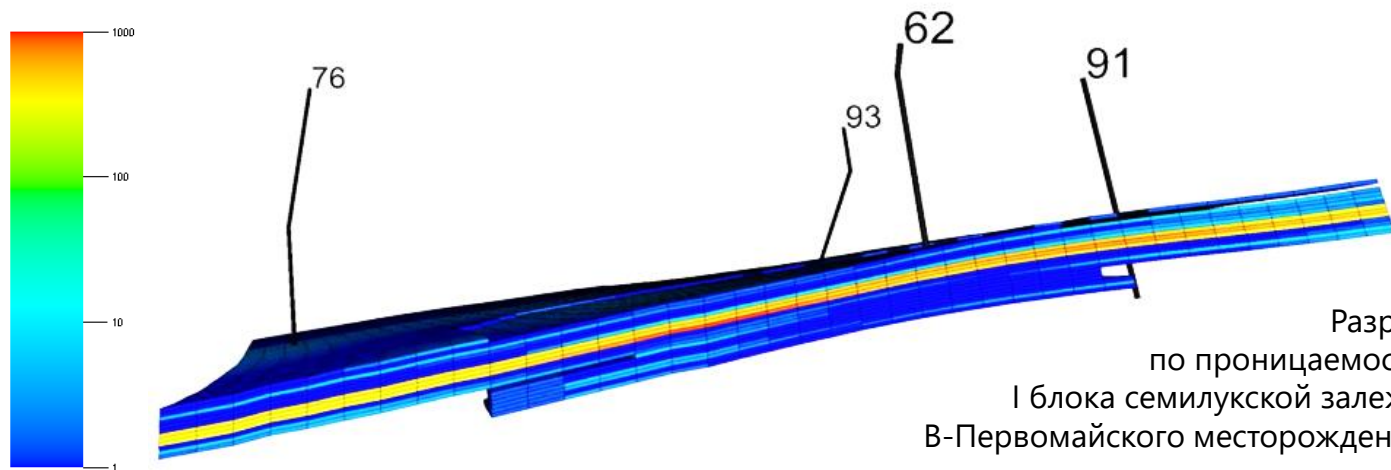
Водная дисперсия нефтешлама

Год внедрения	Отобрано НШ, м ³	Приготовлено ВДНШ, м ³	Нагнетательная скважина, месторождение
2010	180	490	10 Речицкое
2011	2090	4180	43, 35 Речицкое
2012	2420	4840	43, 35 Речицкое; 3 Дубровское
2013	3000	6000	43, 35 Речицкое
2014	1386	2772	35 Речицкое
2017	350	700	78, 35 Речицкое
Итого	9503	18982	

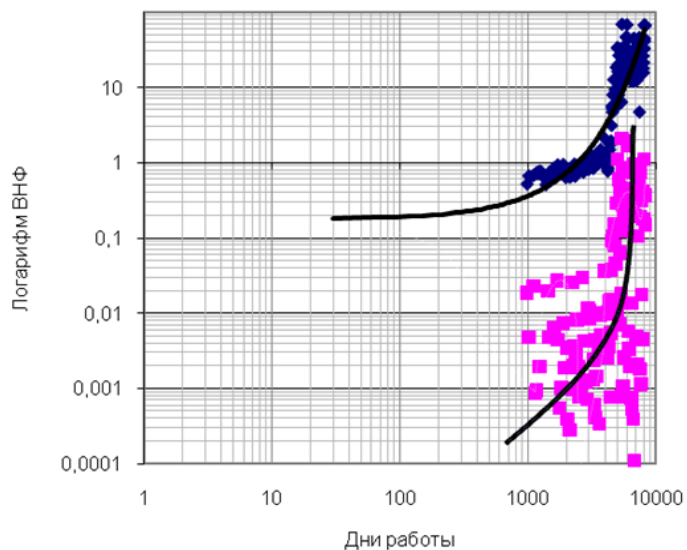
! Технологическая эффективность в виде дополнительной добычи нефти 0,7 т на 1 м³ нефтешлама

- ☞ Разработаны пожаро- и экологически безопасные технологии переработки нефтешлама в водную дисперсию или эмульсию и закачки в скважины с целью ПНП.
- ☞ Опыт приготовления и применения водной дисперсии (эмульсий) нефтешламов в процессах ПНП на месторождениях РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» свидетельствует об эффективности разработанных технологий.

ТЕХНОЛОГИЯ СНИЖЕНИЯ АКТИВНОСТИ СУПЕРКОЛЛЕКТОРОВ

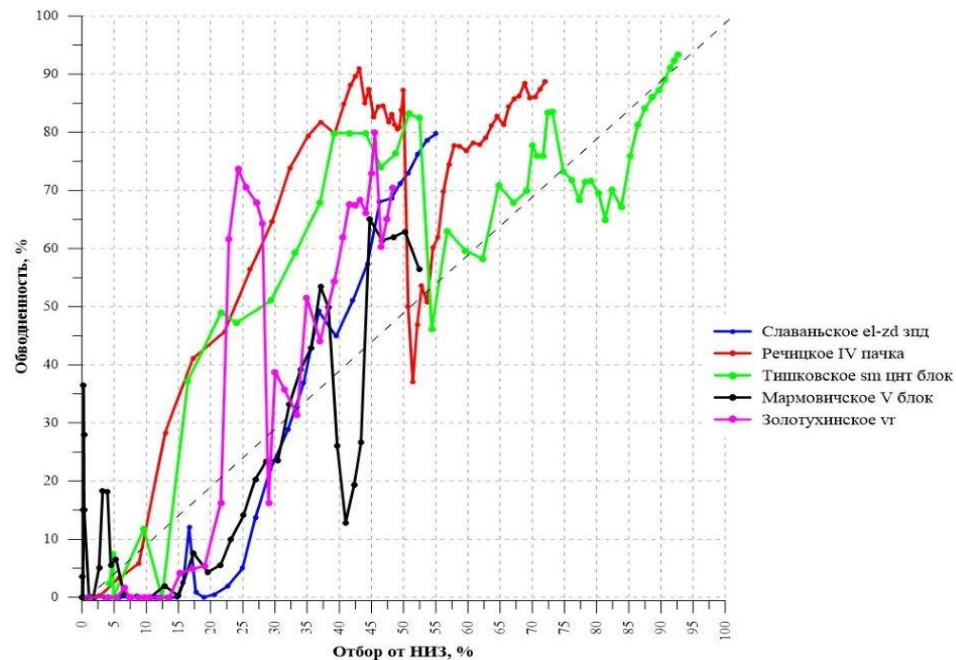
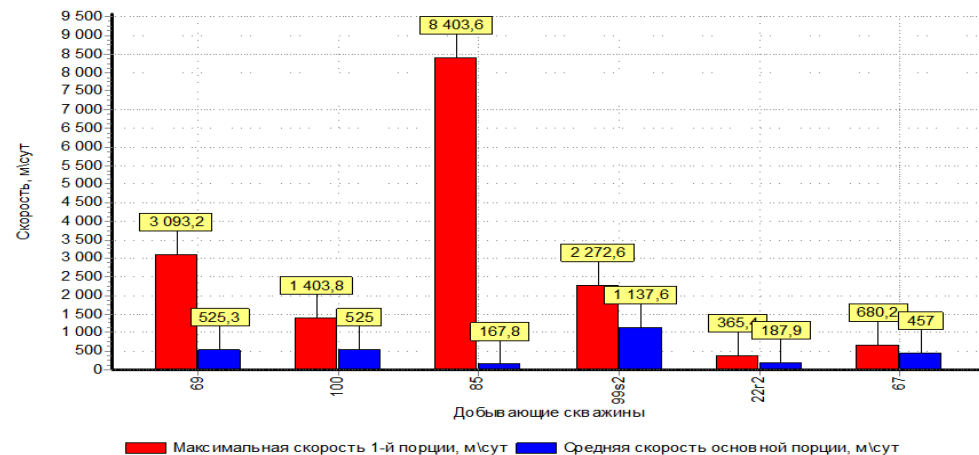


Разрез по проницаемости I блока семилукской залежи В-Первомайского месторождения



Кривая изменения водонефтяного фактора во времени по скважине 62 Восточно-Первомайского месторождения в координатах Чана

График зависимости обводненности добываемой продукции от степени выработки от начальных извлекаемых запасов



ТЕХНОЛОГИЯ СНИЖЕНИЯ АКТИВНОСТИ СУПЕРКОЛЛЕКТОРОВ

Технология заключается в разделении во времени периодов отборов и закачки жидкости, что снижает перепады давления между зоной нагнетания и отборов и предотвращает преждевременные прорывы воды.

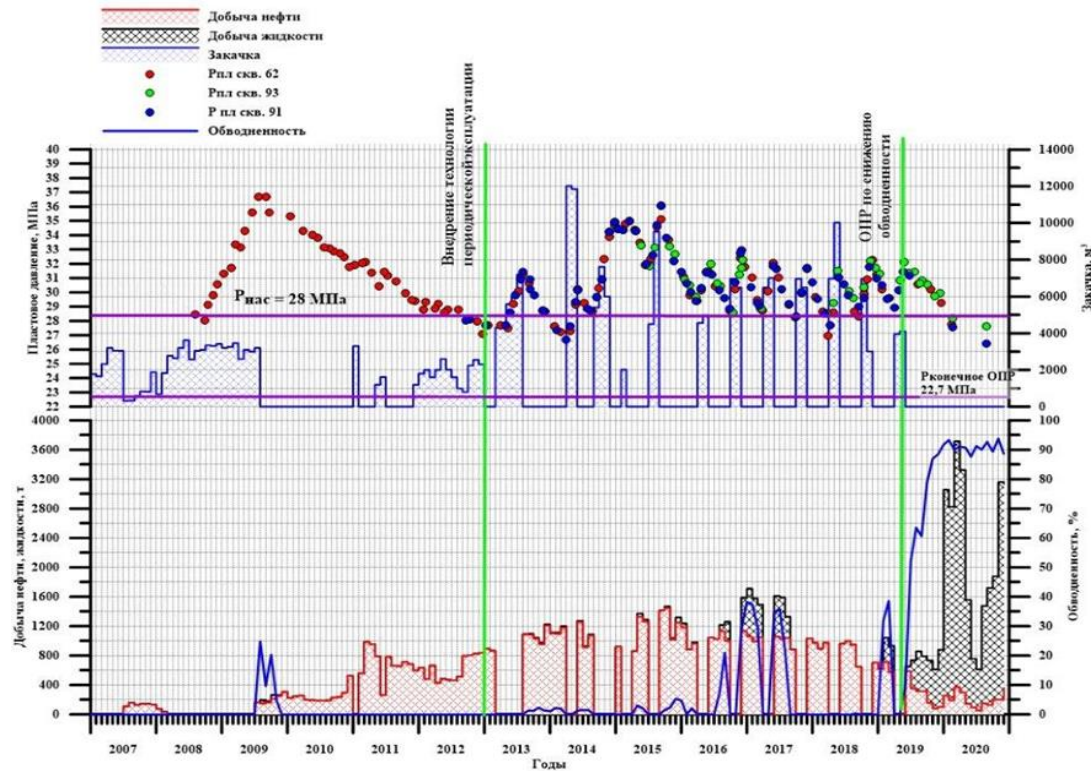


График разработки I блока семилукской залежи Восточно-Первомайского месторождения

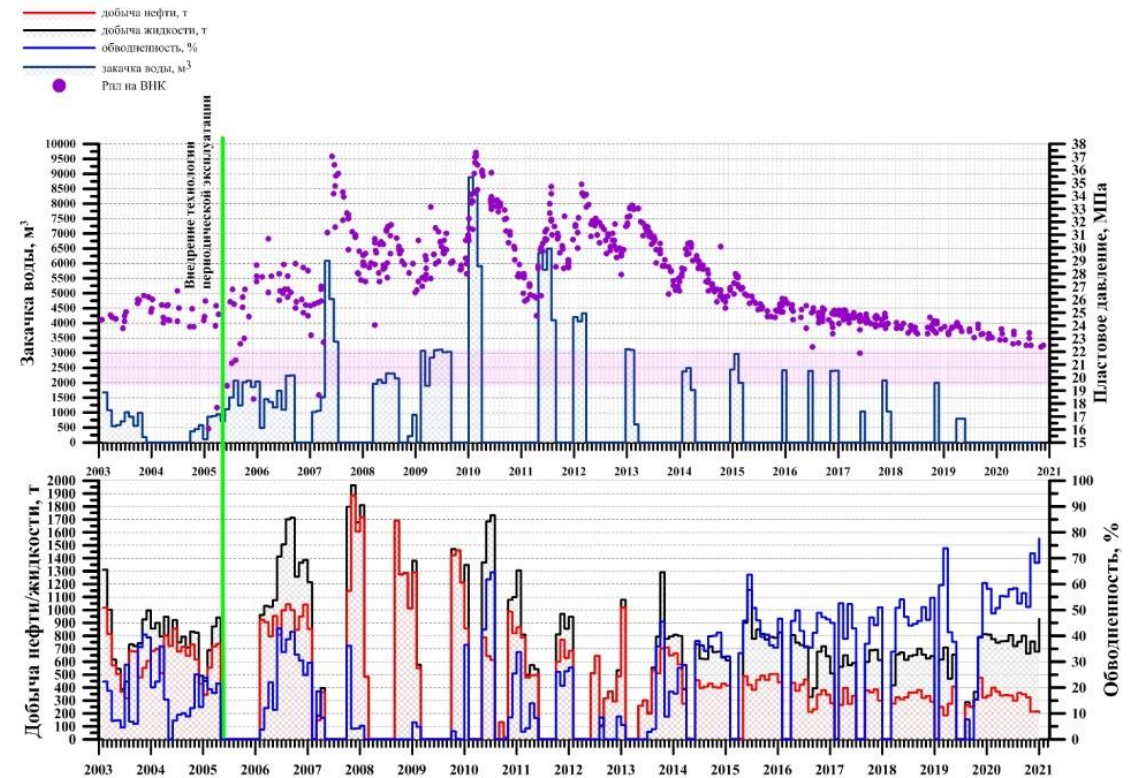


График разработки воронежской залежи Тишковского месторождения

ТЕХНОЛОГИЯ СНИЖЕНИЯ АКТИВНОСТИ СУПЕРКОЛЛЕКТОРОВ

№ п/п	Месторождение	Залежь	Накопленная добыча нефти без применения технологии, т.	Доп. добыча нефти, т.	КИН без применения технологии	Прирост КИН
1	Тишковское	vr вст.	225998	48217	0.286	0.051
2	Вост-Первомайское	sm I бл.	68200	72100	0.119	0.116
3	Вост-Первомайское	sm IV бл.	77951	11920	0.22	0.03
4	Вост-Первомайское	sm V бл.	21836	18676	0.073	0.035
5	Озерщинское	sm вст.	84789	14843	0.384	0.064
6	Зуевское	sm	9840	12789	0.1	0.112
7	Дубровское	sm	228006	16432	0.362	0.018
8	Золотухинское	vr	274184	44426	0.164	0.018
9	Давыдовское	lb	178909	107702	0.184	0.085
10	Ново-Кореневское	lb	125967	30607	0.062	0.036
11	Ново-Березинское	el	15229	17122	0.049	0.013

Средний прирост КИН за фактическое время внедрения технологии по 11 объектам составил 5,2%.
Дополнительная добыча нефти более 430 тыс. т.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УВЕЛИЧЕНИЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ И КИН В НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ КОЛЛЕКТОРАХ ЗА СЧЕТ ФОРМИРОВАНИЯ В ПЛАСТЕ СИСТЕМЫ ИЗ ПРОТЯЖЕННЫХ РАДИАЛЬНЫХ КАНАЛОВ ФИЛЬТРАЦИИ

Новизна технологии: разработаны оборудование и технология, позволяющие создавать в пределах низкопроницаемых коллекторов на разных глубинах в скважине сеть глубокопроникающих каналов фильтрации (технология «СКИФ») для увеличения охвата пластов дренированием по площади и разрезу.

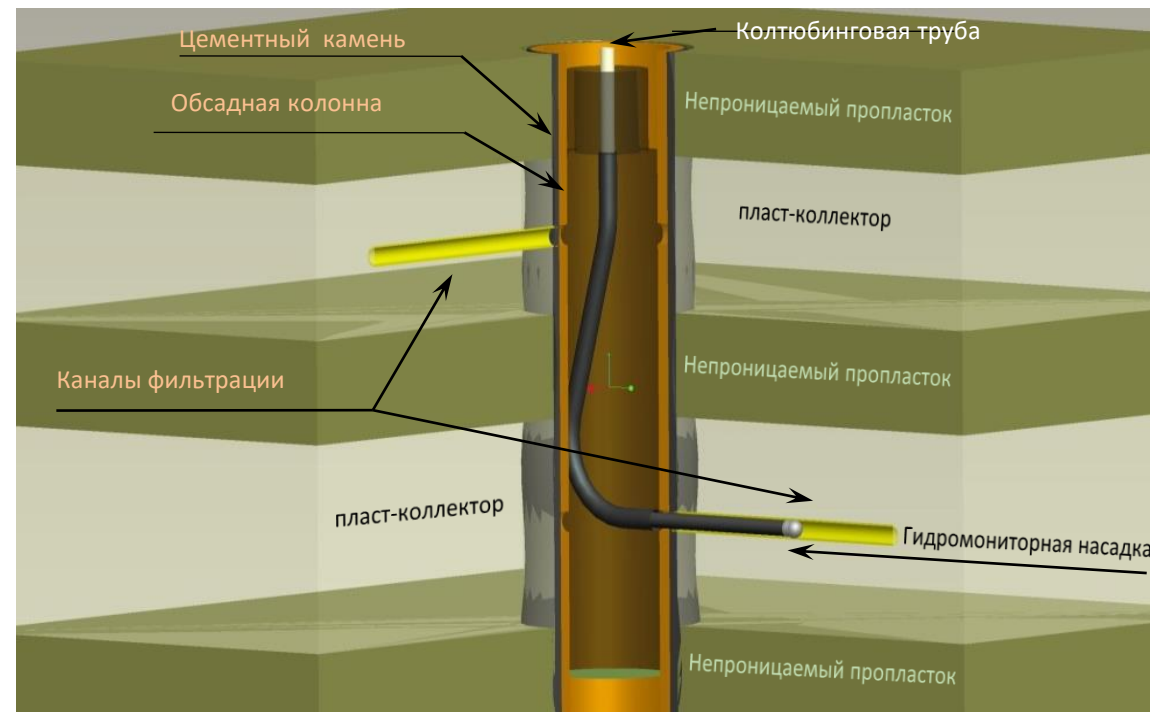
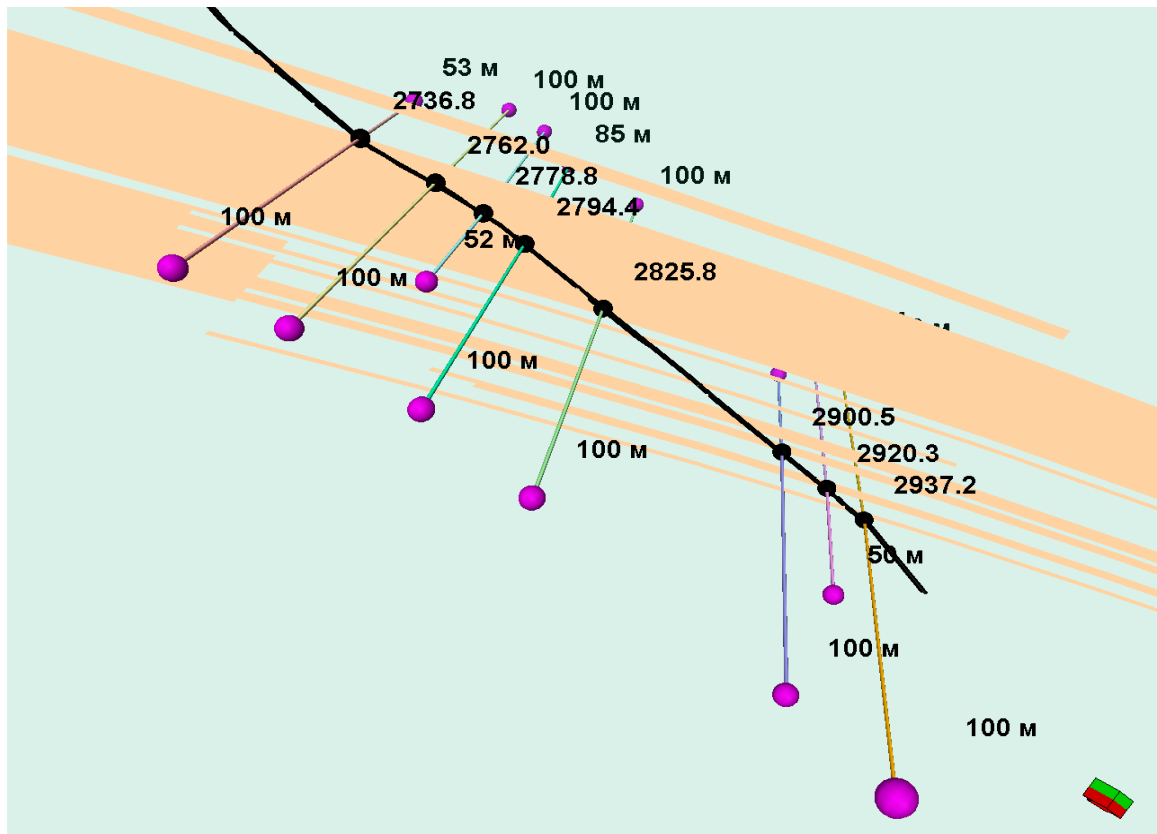
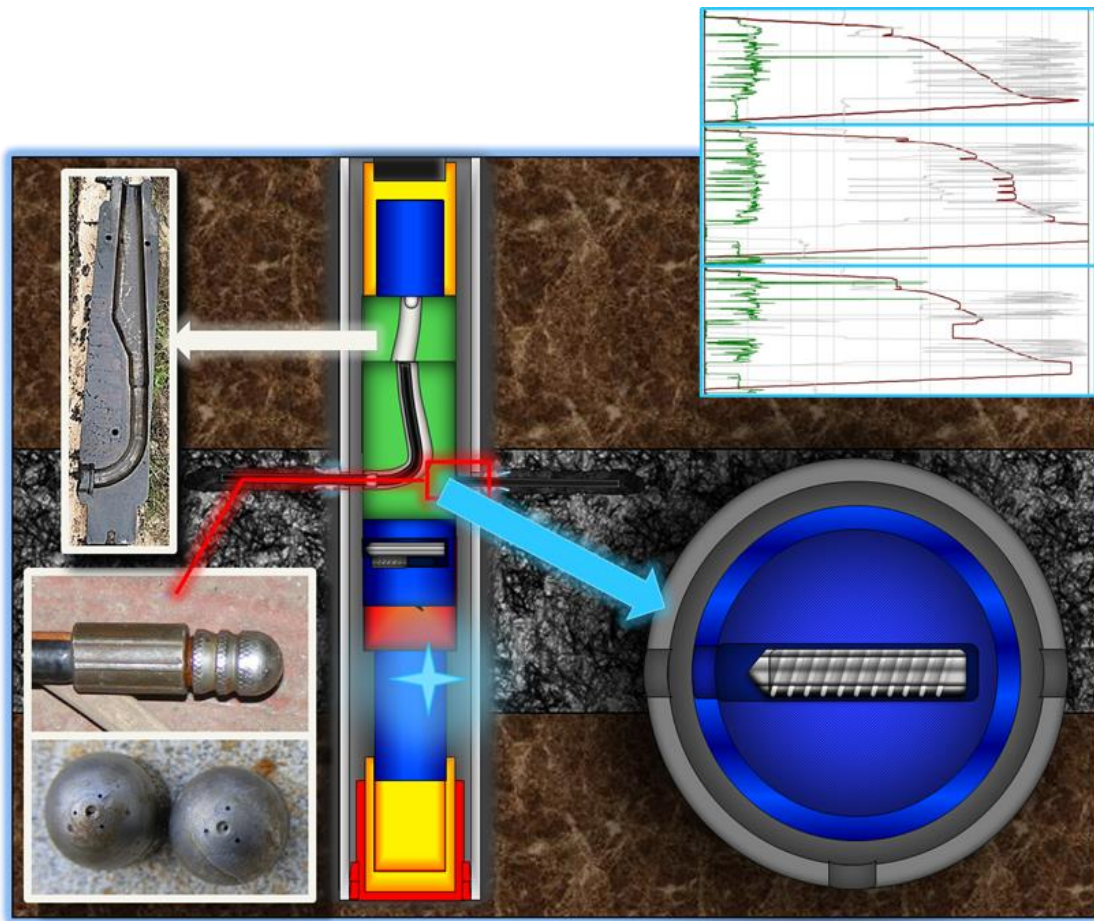
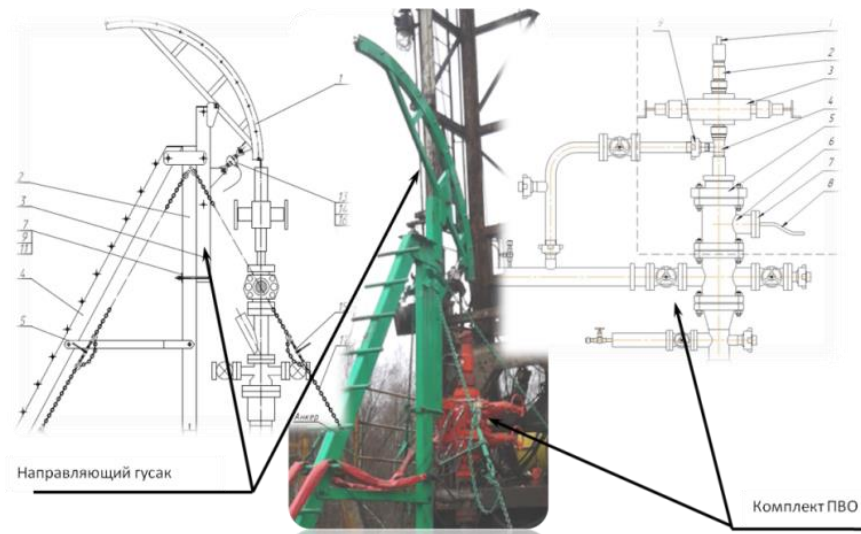


Схема скважинной компоновки для создания в пласте системы из протяженных радиальных каналов фильтрации

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УВЕЛИЧЕНИЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ И КИН В НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ КОЛЛЕКТОРАХ ЗА СЧЕТ ФОРМИРОВАНИЯ В ПЛАСТЕ СИСТЕМЫ ИЗ ПРОТЯЖЕННЫХ РАДИАЛЬНЫХ КАНАЛОВ ФИЛЬТРАЦИИ



Миникольтовинговая установка для струйного вскрытия пласта



Устьевое оборудование

По состоянию на 01.01.2024 технология внедрена на 37 скважинах. Дополнительная добыча нефти составила более 40 тыс. т

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УВЕЛИЧЕНИЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ И КИН В НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ КОЛЛЕКТОРАХ ЗА СЧЕТ ФОРМИРОВАНИЯ В ПЛАСТЕ СИСТЕМЫ ИЗ ПРОТЯЖЕННЫХ РАДИАЛЬНЫХ КАНАЛОВ ФИЛЬТРАЦИИ

Критерии подбора объектов

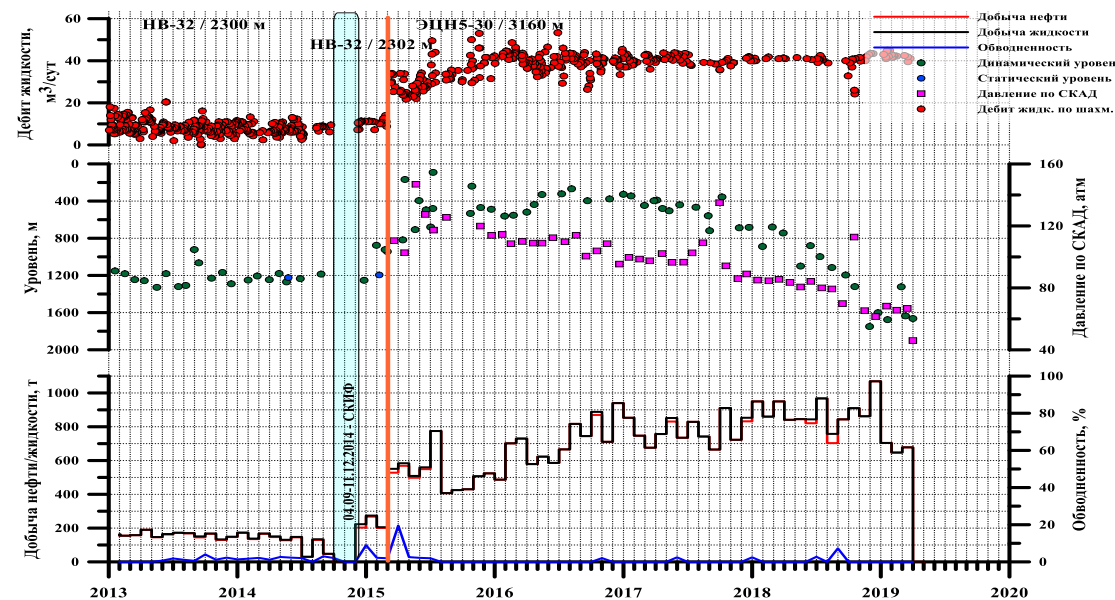
№ п/п,	Параметр	Ед.изм.	Значение
Геологические			
1	Толщина пласта, не менее	м	1
2	Нефтенасыщенность, не менее		0,5
3	Остаточные извлекаемые запасы, не менее	тыс. т	20
4	Толщина непроницаемой перемычки верху/снизу пласта, не менее	м	0,5-1
5	Градиент пластового давления*	МПа/100м	0,5-1,1
Технические			
1	Максимальная глубина выполнения каналов	м	4000
2	Пластовая температура, не более	°С	95
3	Интенсивность набора зенитного угла скважины в интервале выполнения каналов, не более		2° на 10 м
4	Группа прочности Э/К, не более		T (P110)
5	Отсутствие в месте проведения работ двойной крепи, необсаженного ствола.		
6	Толщина стенки Э/К, не более	мм	12
7	Количество каналов выполняемых на одном уровне	ед.	1-6
8	Максимальное количество каналов (отверстий в Э/К) выполняемых за один спуск внутрискважинного оборудования в эксплуатационной колонне группы прочности T (P-110)	ед.	5 (для Э/К 140) 6 (для Э/К 146)
9	Предельная концентрация активного реагента в закачиваемом кислотном составе	HCl	не более 3%
10	Зенитный угол в интервале вскрытия: – при необходимости азимутального ориентирования каналов – без азимутального ориентирования	не менее	5 без ограничения°
11	Расстояние от интервала выполнения каналов до забоя (зумф), не менее	м	9
12	Типоразмер Э/К, в которых выполняются работы	мм	140, 146, 168

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УВЕЛИЧЕНИЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ И КИН В НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ КОЛЛЕКТОРАХ ЗА СЧЕТ ФОРМИРОВАНИЯ В ПЛАСТЕ СИСТЕМЫ ИЗ ПРОТЯЖЕННЫХ РАДИАЛЬНЫХ КАНАЛОВ ФИЛЬТРАЦИИ

Выполнены работы на 40 скважинах месторождений РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» - создано 335 каналов на 105 уровнях

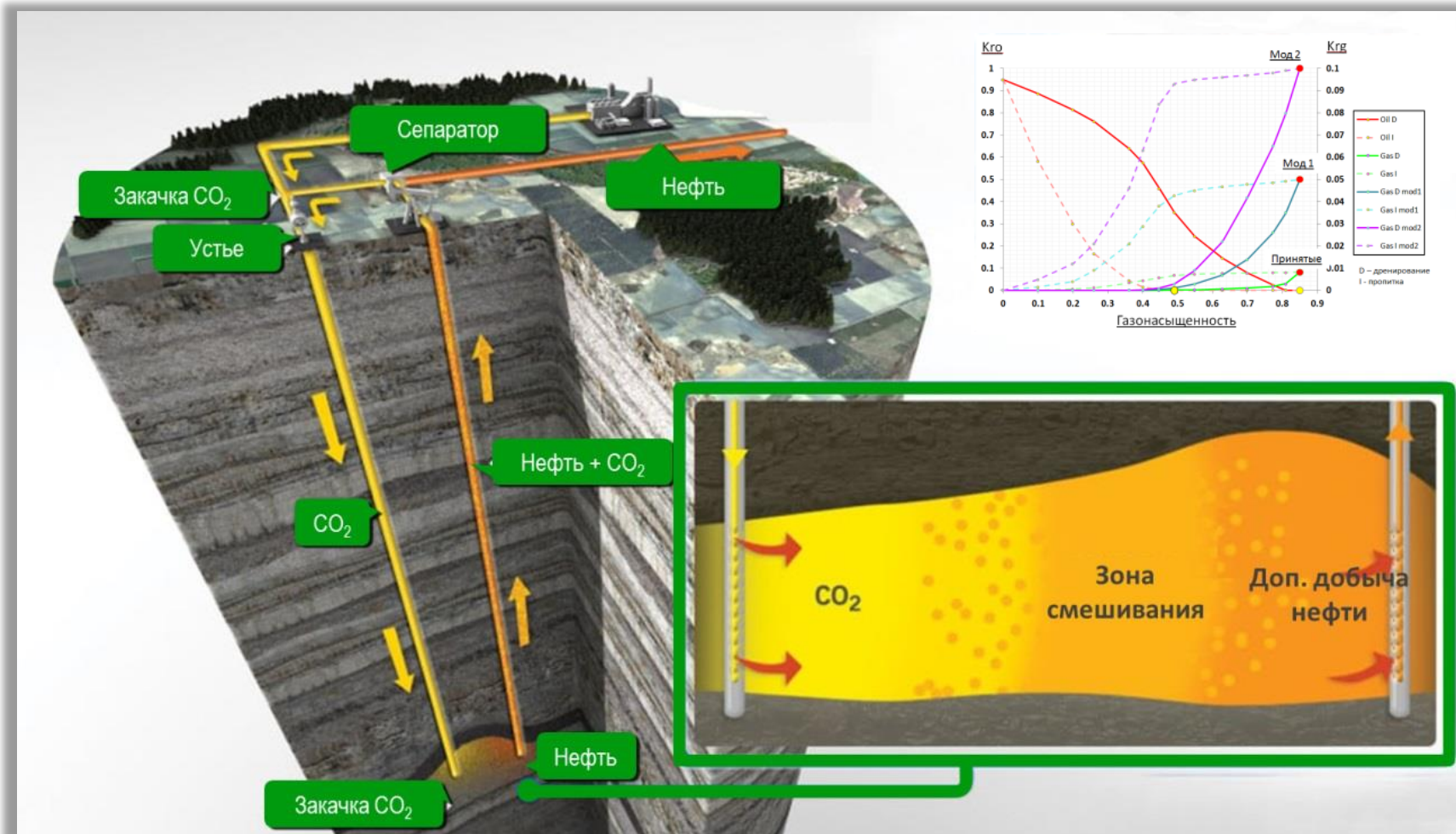
Отложение	Жидкость размыва и эффективность работ, скважины			
	Тех. вода	Эффект (+)	ДТ	Эффект (+)
Терригенные	2	1	7	6
карбонатные	10	3	21	19

Отложение	Всего, скважин	Эффективность, скважины		Продолжительность эффекта, месяц		Эффект продолжается, скважины
		+	-	min	max	
Терригенные	9	7	2	1	36	4
Карбонатные	31	23	8	4	20	10

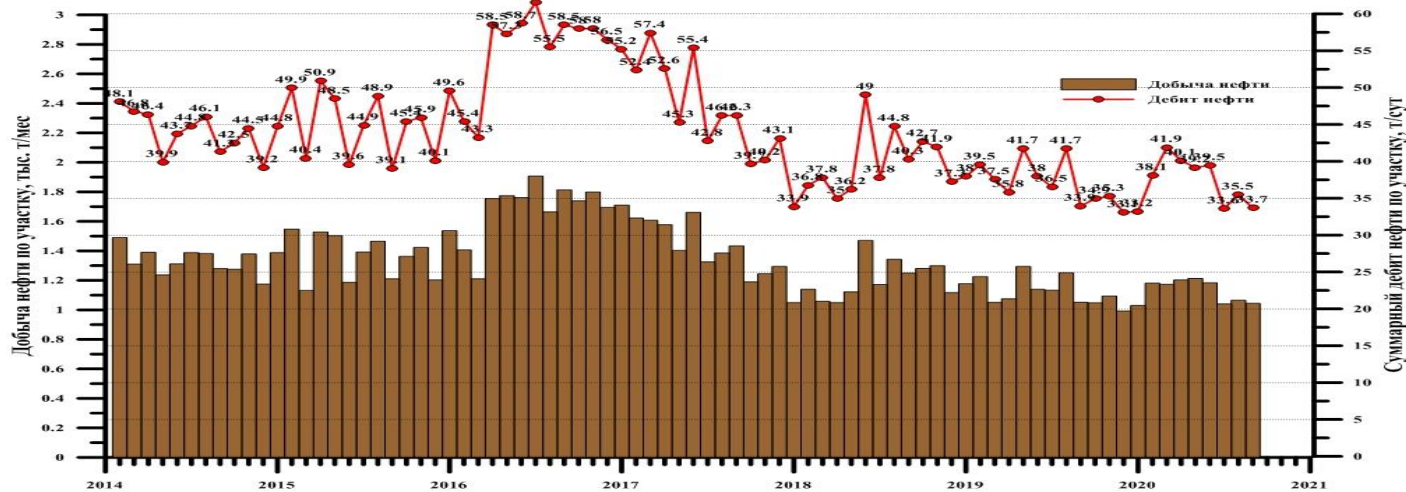
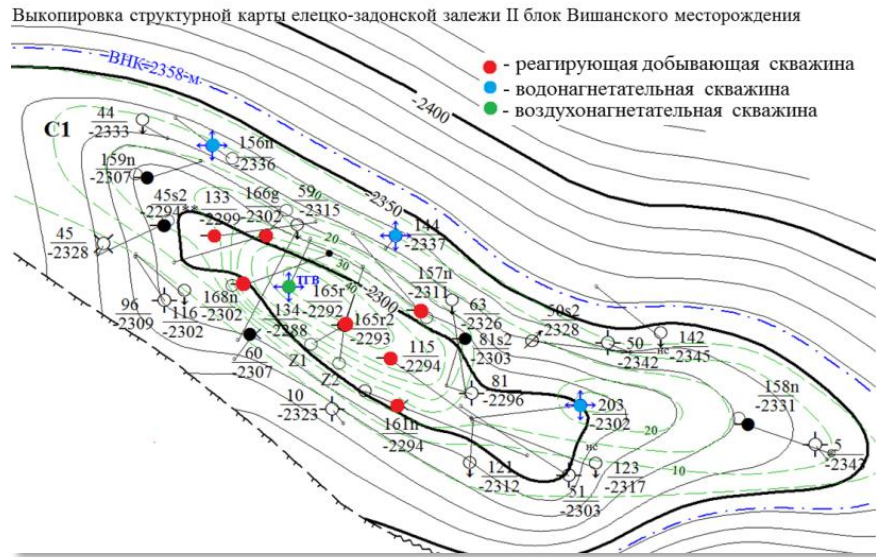


Результаты работ по скважине 80 Барсуковского месторождения (терригенные отложения).
 Дебит нефти базовый 6,7 т/сут (эксплуатация ШГН).
 Дебит нефти после мероприятия 28 – 30 т/сут (эксплуатация ЭЦН).
 Дополнительная добыча нефти 5085 т.

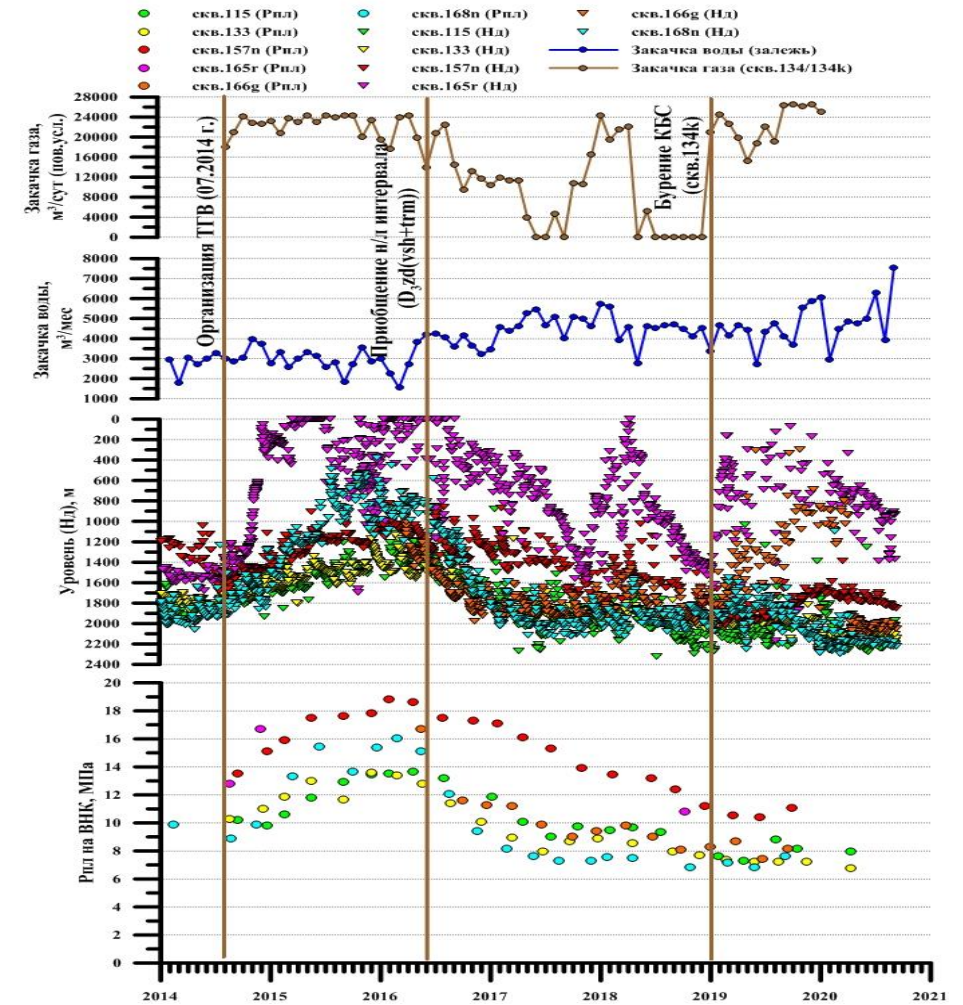
ТРЕТИЧНЫЕ МЕТОДЫ УВЕЛИЧЕНИЯ Термогаз-ВИША



ТРЕТИЧНЫЕ МЕТОДЫ УВЕЛИЧЕНИЯ Термогаз-ВИША



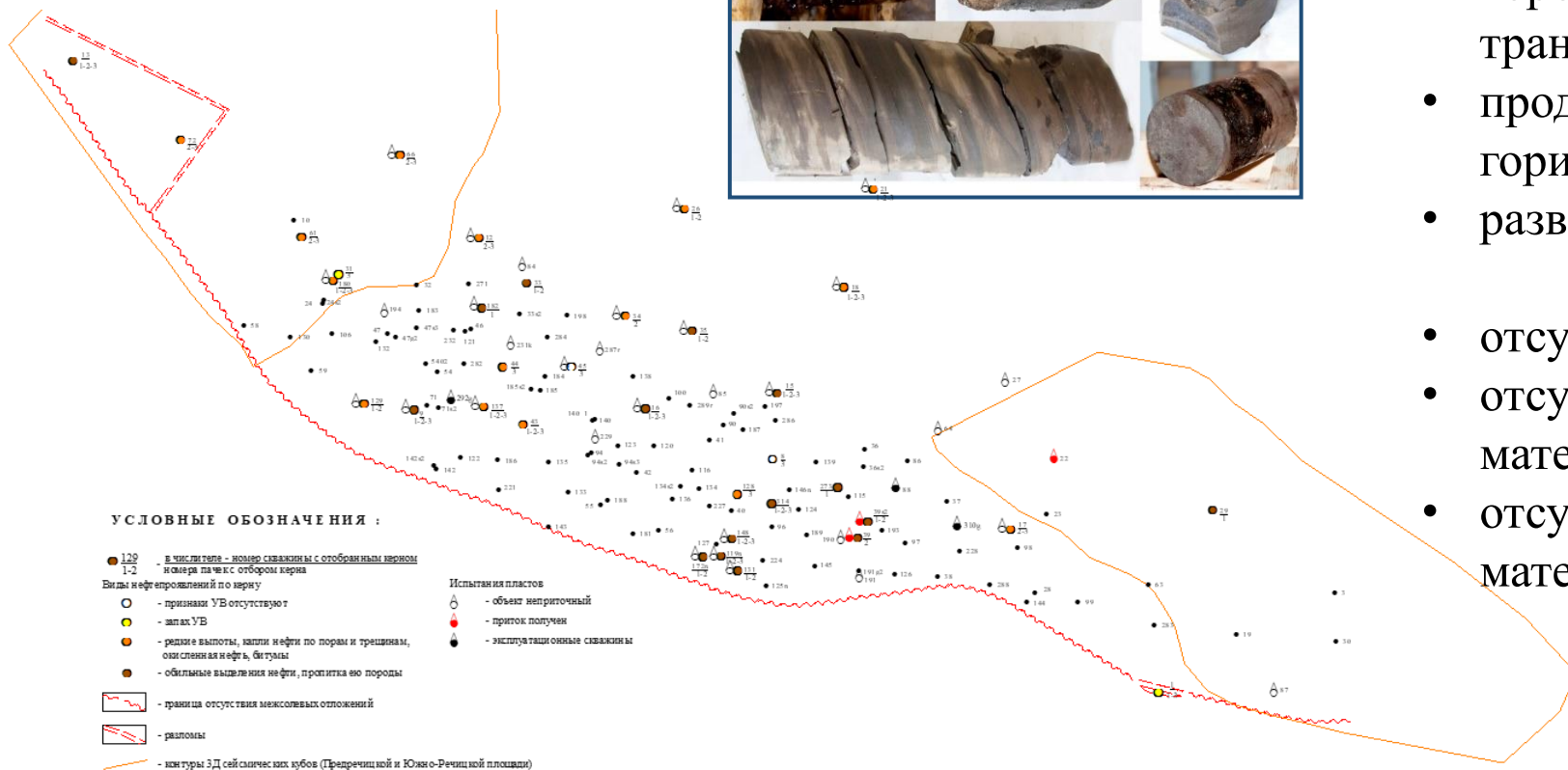
Динамика добычи и дебита нефти по скважинам опытного участка



ПОИСК И РАЗРАБОТКА НЕТРАДИЦИОННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Объект исследования

Плотные отложения $D_{3ptr-el}$ (I-III пачки) Речицкого месторождения



Плюсы:

- наличие прямых признаков нефтеносности
- хорошая разбуренность месторождения транзитным фондом;
- продолжающееся бурение на нижележащие горизонты
- развитая инфраструктура

Минусы:

- отсутствие сейсмической информации;
- отсутствие современного каротажного материала;
- отсутствие достаточного кернового материала и результатов его исследования

ПОИСК И РАЗРАБОТКА НЕТРАДИЦИОННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Исследования

Принципиальная схема обоснования зон заложения и технологии заканчивания новых скважин для разработки нетрадиционных коллекторов Припятского прогиба



Принципиальная схема проектирования архитектуры скважин и их размещения для освоения запасов в нетрадиционных коллекторах, на основании комплексного анализа геолого-физических параметров, материалов геохимических и геомеханических исследований. Критерии выбора зон заложения новых добывающих скважин в залежах нефти, приуроченных к нетрадиционным коллекторам.

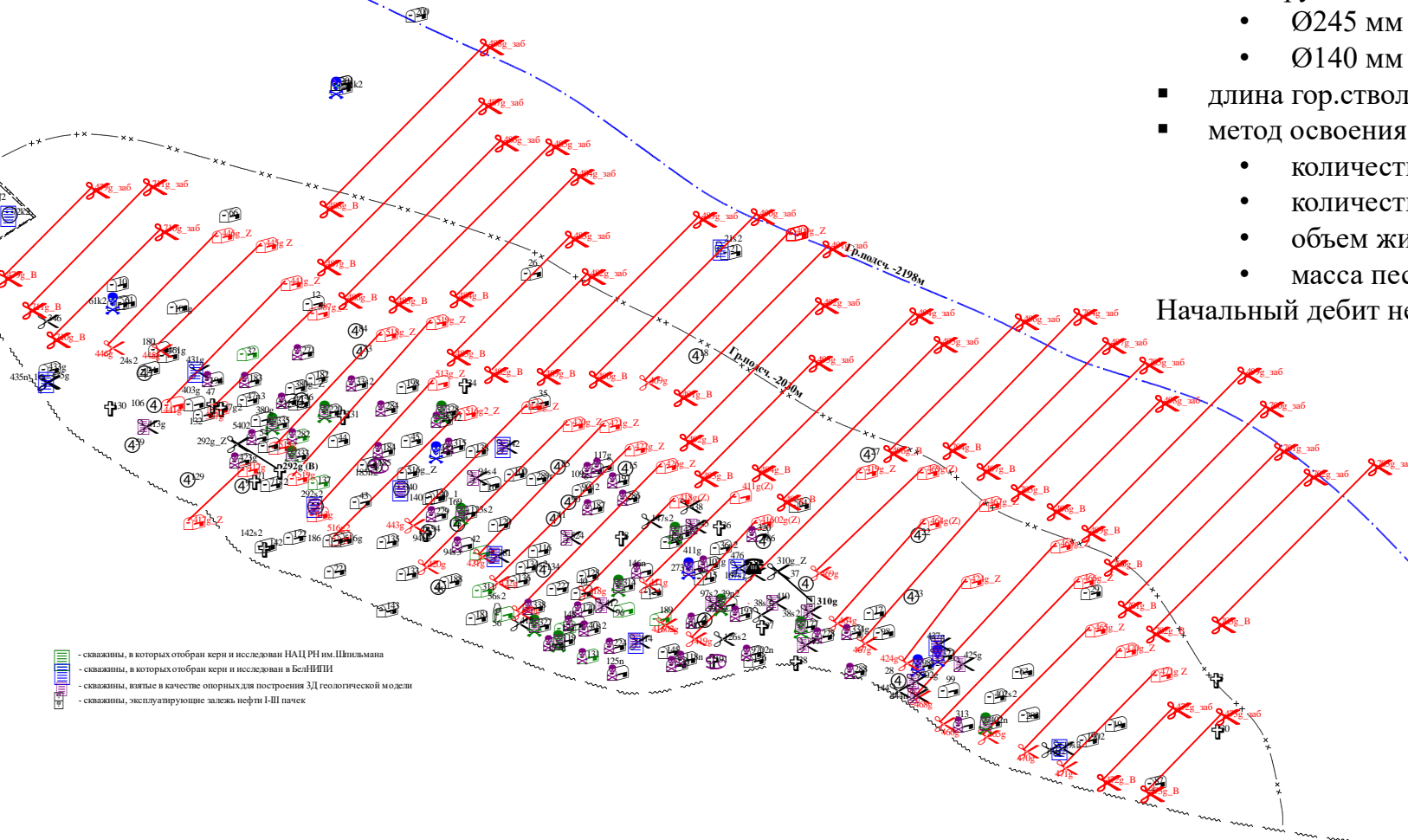
ПОИСК И РАЗРАБОТКА НЕТРАДИЦИОННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Стратегия разбуривания нетрадиционных коллекторов

Проектные решения:

- длина гор.ствола – 1400 м.
- Конструкция:
 - Ø245 мм – тех.колонна
 - Ø140 мм – эксп.колонна
- длина гор.ствола - 700÷2100м
- метод освоения – МГРП Plug&Perf
 - количество стадий ГРП – 21 ед.
 - количество кластеров ГРП – 54 ед.
 - объем жидкости ГРП – 17 000 м³ (max ≈ 32 000 м³)
 - масса песка&проппанта – 2 050 т (max ≈ 4 000 т)

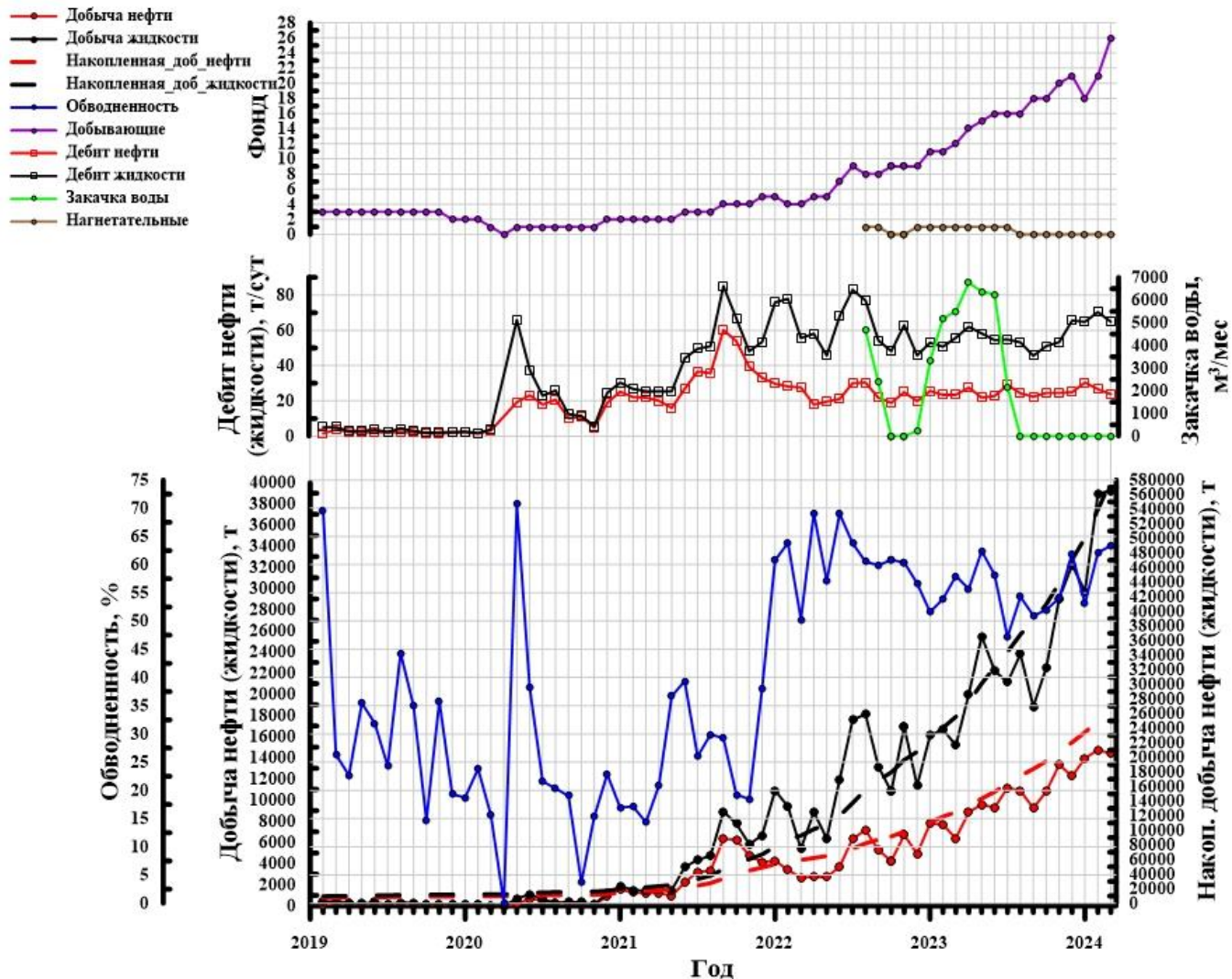
Начальный дебит нефти – до 140 т/сут.



- - скважины, в которых отобран керн и исследован НАЦ РИ им.Шильмана
- - скважины, в которых отобран керн и исследован в БелНИПИ
- - скважины, взятые в качестве опорных для построения 3Д геологической модели
- - скважины, эксплуатирующие залежь нефти I-III плеч

ПОИСК И РАЗРАБОТКА НЕТРАДИЦИОННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Показатели разработки



Добыча по залежам Речицкого месторождения



Годовая добыча нефти, тыс. т	D _{3ptr-el} (I-IIIп)	D _{3zd} (VII-IXп)	D _{3ln-D_{2st} зпд}	D _{3sm-sr}	D _{3zd} (IVп)
2022	57,7	182,4	125,1	66,0	49,2
2023	123,4	158,4	115,4	68,4	54,1
2024 (план)	247,5	151,2	119,0	57,0	45,7

Рост объемов проведенных ГРП на месторождениях

РУП «ПО «Белоруснефть»

Год	Количество стадий ГРП/КПГРП	Количество жидкости разрыва, м ³	Количество расклинивающих агентов, т
2017	56	> 8 800	> 900
2018	79	> 10 800	> 1 900
2019	100	> 31 700	> 3 900
2020	121	> 64 000	> 10 100
2021	188	> 289 900	> 39 400
2022	338	> 531 900	> 69 900
2023	442	> 563 600	> 71 200

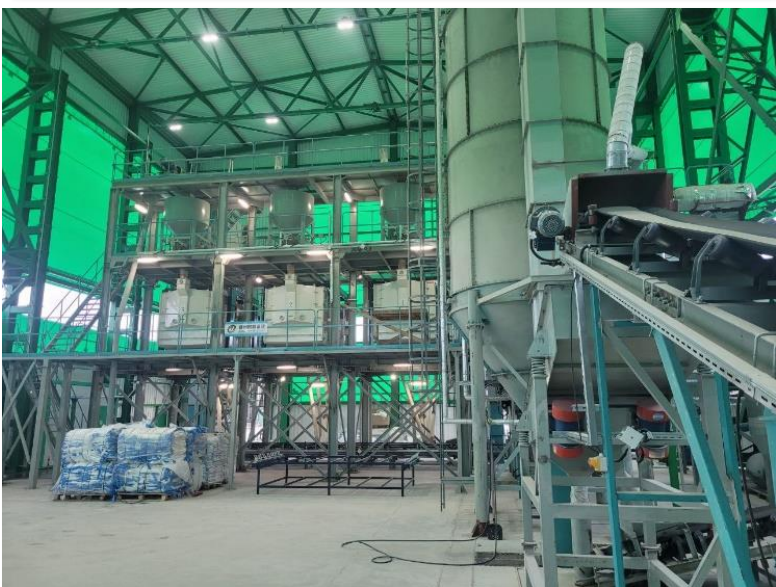
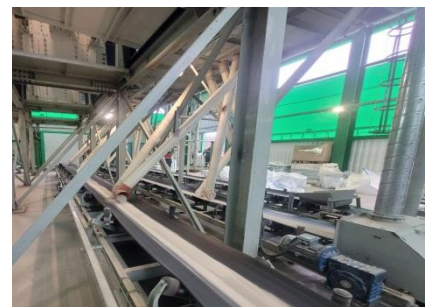
Проблематика: рост цен, ограниченное предложение на рынке

Цель: снижение затрат, бесперебойное обеспечение расклинивающими агентами, локализация производства

ПОИСК И РАЗРАБОТКА НЕТРАДИЦИОННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Снижение затратной части

Современное производство фракционированного песка ПУ «БелКварц»



▪ Адрес производства:

Республика Беларусь, Брестская обл.,
Малоритский р-н, Ореховский с/с, 11,
вблизи д. Доброе, 1.3 км западнее.

Ж/д станция «Малорита»

Контактные лица:

Киричук Вадим Иванович:

▪ Тел.: +375 (232) 79 – 03 – 71

▪ Моб.: +375 (29) 206 – 45 – 38

▪ E-mail: V.Kirichuk@beloil.by

Медведев Сергей Игоревич

▪ Тел.: +375 (232) 79 – 32 – 05

▪ Моб.: +375 (44) 700 – 37 – 86

▪ E-mail: S.Medvedev@beloil.by

ПОИСК И РАЗРАБОТКА НЕТРАДИЦИОННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Снижение затратной части

Физико-механические свойства образцов расклинивающих агентов для условий ультранизкопроницаемого коллектора



MATEST C025N



ПИК-API RP 61

№ п/п	Образец расклинивающего материала	Насыпная плотность, г/см ³	Сопротивление раздавливанию при 25 МПа, %	Сопротивление раздавливанию при 30 МПа, %	Проводимость при 25 [30] МПа, мД*фут	Остаточная проводимость при 25 [30] МПа, %	Проницаемость при 25 [30] МПа, Д	Остаточная проницаемость при 25 [30] МПа, %
1	Проппант 30/50	1,59	0,55	0,78	3112 [2854]	72 [66]	176 [163]	76 [71]
2	Проппант 40/70	1,70	0,27	0,48	1241 [1220]	84 [71]	69[68]	86 [75]
3	Песок 30/50	1,55	3,69	9,29	1588 [1243]	57 [45]	88 [70]	67 [49]
4	Песок 40/70	1,51	2,48	6,45	838 [687]	74 [68]	48 [40]	78 [75]

Снижение проводимости пачки расклинивающих агентов фракции 30/50 [40/70] при замене проппанта на песок

Давление закрытия, МПа	Снижение проводимости, %
25	49 [33]
30	56 [44]

ПОИСК И РАЗРАБОТКА НЕТРАДИЦИОННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Снижение затратной части

- ✓ Увеличение длины горизонтального участка - с длиной ГС **2000+** м;
- ✓ Поинтервальные/многостадийных (в т.ч. повторных) ГРП с количеством стадий на скважине до **34 шт.**;
- ✓ Операций при давлении нагнетания до **100 МПа** и расходах нагнетания до **18,0 м³/мин**;
- ✓ ГРП по технологии **J-mix**;
- ✓ ГРП по технологии **Zipper-frac**;
- ✓ Замена проппанта на песок – **20 скважин, 80% песка 20% проппанта.**



Спасибо за внимание!

