



РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина
Кафедра поисков и разведки нефти и газа

Геология нефти и газа

Часть 2. Поиск и оценка залежей углеводородов

- 1. Введение. Геолого-разведочные работы - основные понятия. Из истории геолого-разведочных работ*
- 2. Поисковые критерии и поисковые признаки скоплений нефти и газа. Принципы геолого-разведки*
- 3. Методы геолого-разведки*
- 4. Классификации ресурсов и запасов нефти и горючих газов*
- 5. Стадийность геолого-разведочных работ на нефть и газ*
- 6. Проблемы и перспективы геолого-разведочных работ на нефть и газ в России и в Мире**



6. Проблемы и перспективы геолого-разведочных работ на нефть и газ в России и в Мире

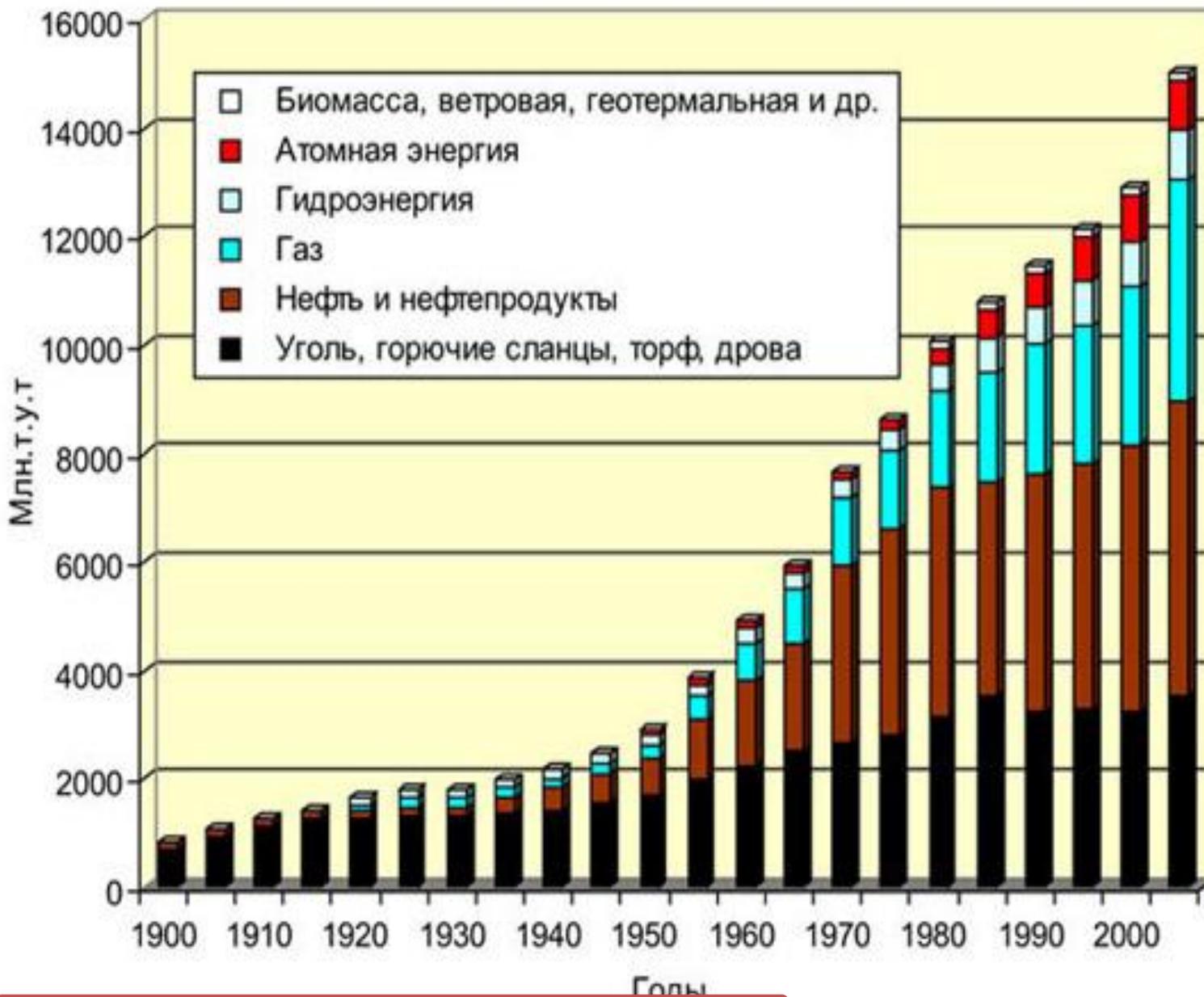
- 1. Нефтегазовый потенциал России и Мира**
- 2. География месторождений в России**
- 3. Основные проблемы воспроизводства углеводородного сырья России, и пути их решения**
 - распределение ресурсов и запасов и особенности их изученности**
 - недостаточность знаний о недрах**
 - экологические проблемы**
- 4. Пути решения проблем воспроизводства углеводородного сырья России**
 - новые регионы**
 - малые месторождения в традиционных добывающих районах**
 - трудноизвлекаемые запасы**
 - нетрадиционные источники углеводородного сырья**

Заключение

Расход энергии на одного человека в ккал/сут (по Реймерсу)



Производство первичной энергии в мире нарастает в течение всего исторического времени.



Доля различных источников энергии со временем меняется

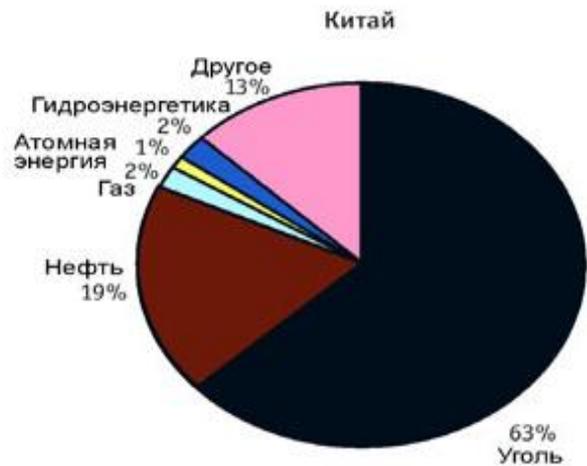
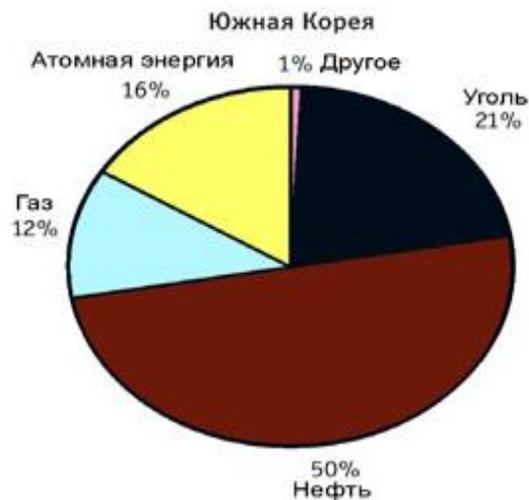
Л.В. Милосердо

Доля различных видов энергетических ресурсов в мире в % (по Лаверову)

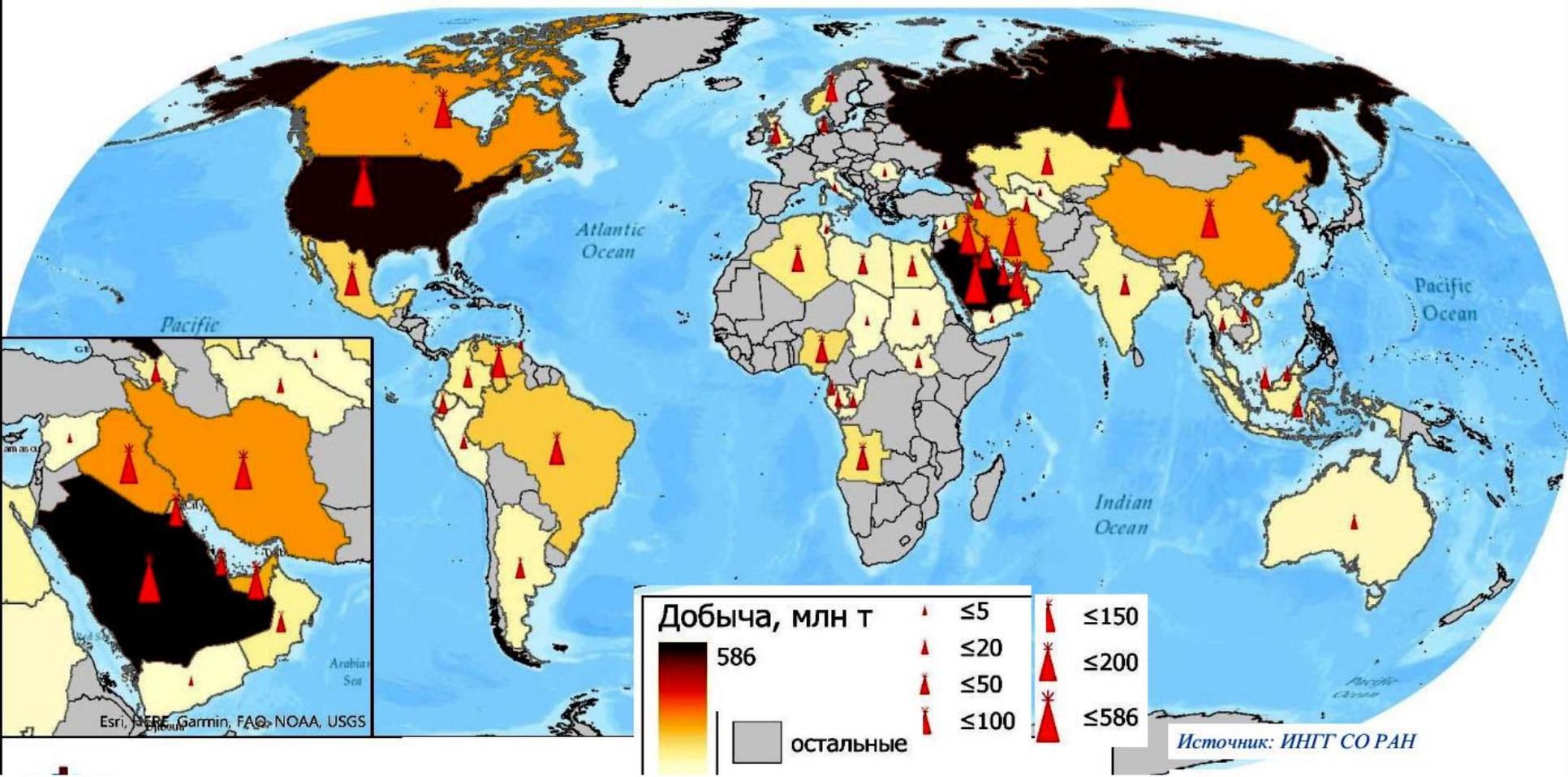
Структура потребления первичных энергетических ресурсов



Различные государства пользуются теми источниками энергии, которыми владеют

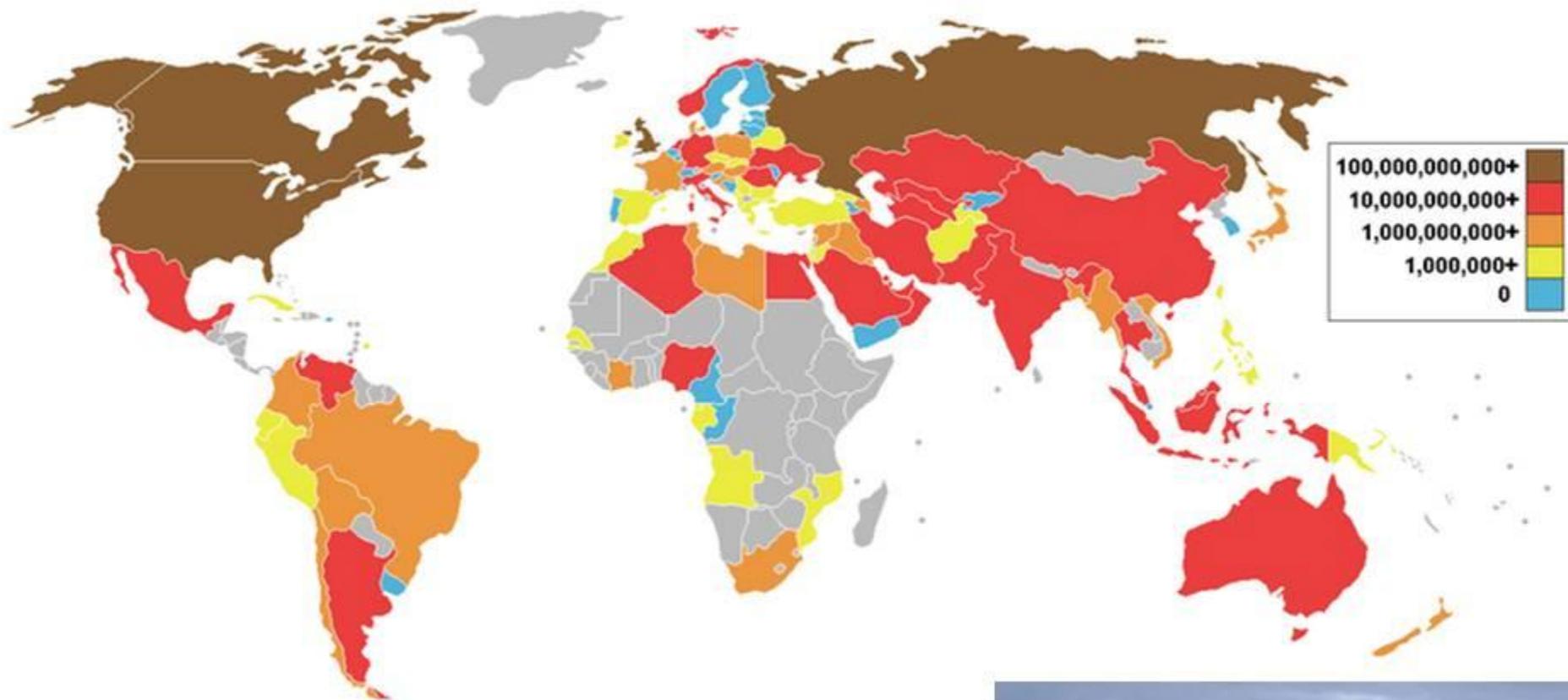


(по Лаверову)



Добыча нефти в мире

Добыча природного газа, куб. м



Сжиженный природный газ

<https://total-rating.ru/>

Л.В. Милосердова 2020 Поиски-геофизики



Полагают, что:

- **мировые начальные суммарные извлекаемые** ресурсы нефти и газа составляют **550 млрд. т** и **630 трлн м³** соответственно;
- **доказанные извлекаемые запасы** нефти и газа составляют **207,9 млрд. т** и **192,0 трлн. м³**.
- годовая добыча нефти превышает **4 млрд т** и газа – **свыше 3,8 трлн. м³**.
- **накопленная добыча нефти** порядка **165 млрд. т**, газа – **около 190 трлн. м³** (данные на 01.01.2011 г).

Нефтегазовый потенциал России и Мира



Добыча и доказанные запасы нефти в Море

На слайде хорошо видно, какие государства «проедают» свои запасы, а какие берегут

НА СКОЛЬКО ЛЕТ ХВАТИТ НЕФТИ И ГАЗА

Специалисты энергетической компании BP подсчитали, что при мировых доказанных запасах нефти в 1383,2 млрд баррелей нефти хватит на 46 лет при существующем уровне добычи и потребления топлива

Природного газа в мире хватит на 59 лет, если мировые запасы и объемы добычи сохранятся на уровне 2010 г.

НЕФТЬ: ТОР-20 СТРАН ПО ДОКАЗАННЫМ ЗАПАСАМ



ГАЗ: ТОР-20 СТРАН ПО ДОКАЗАННЫМ ЗАПАСАМ

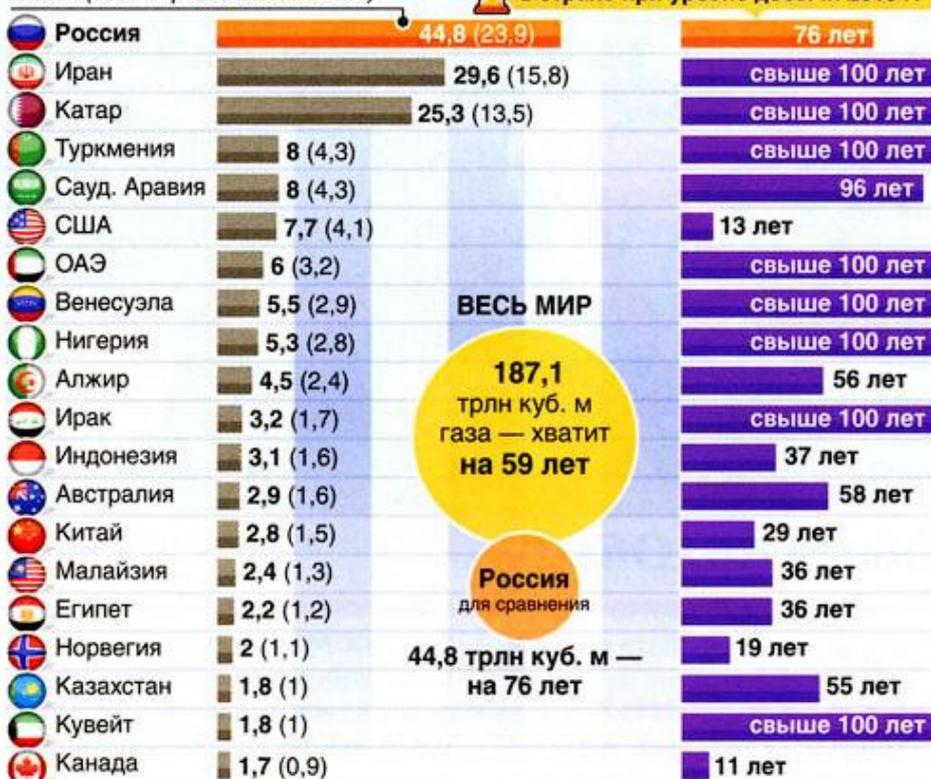
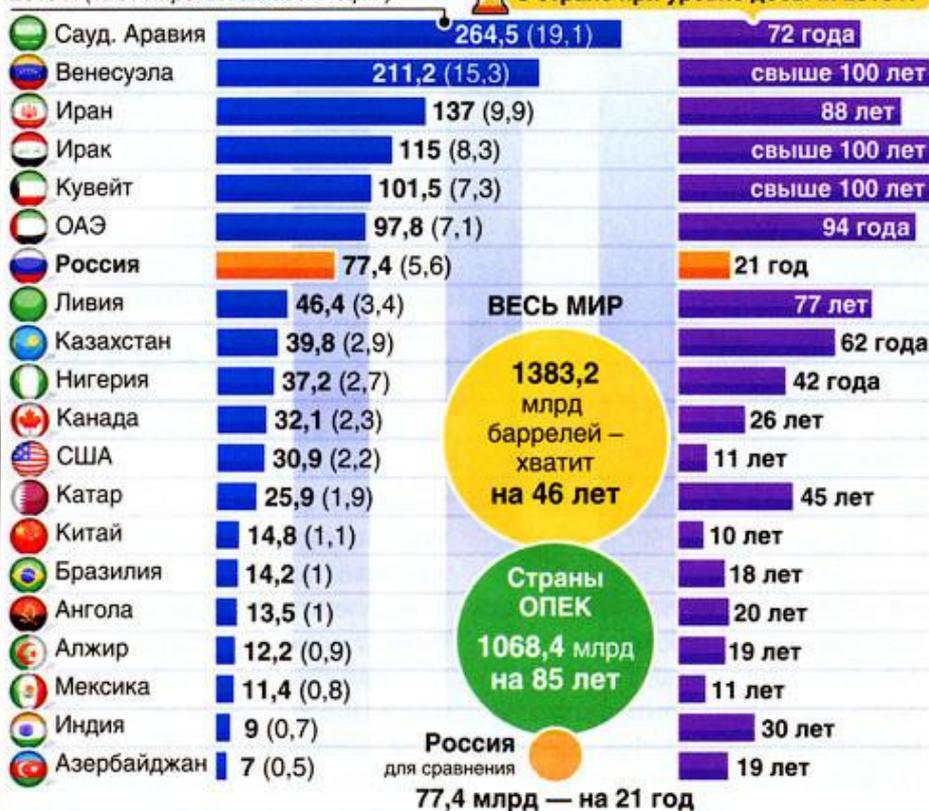


Запасы нефти в млрд баррелей на конец 2010 г. (% от мировых запасов нефти)

На сколько хватит нефти в стране при уровне добычи 2010 г.

Запасы газа в трлн куб. м на конец 2010 г. (% от мировых запасов газа)

На сколько хватит газа в стране при уровне добычи 2010 г.



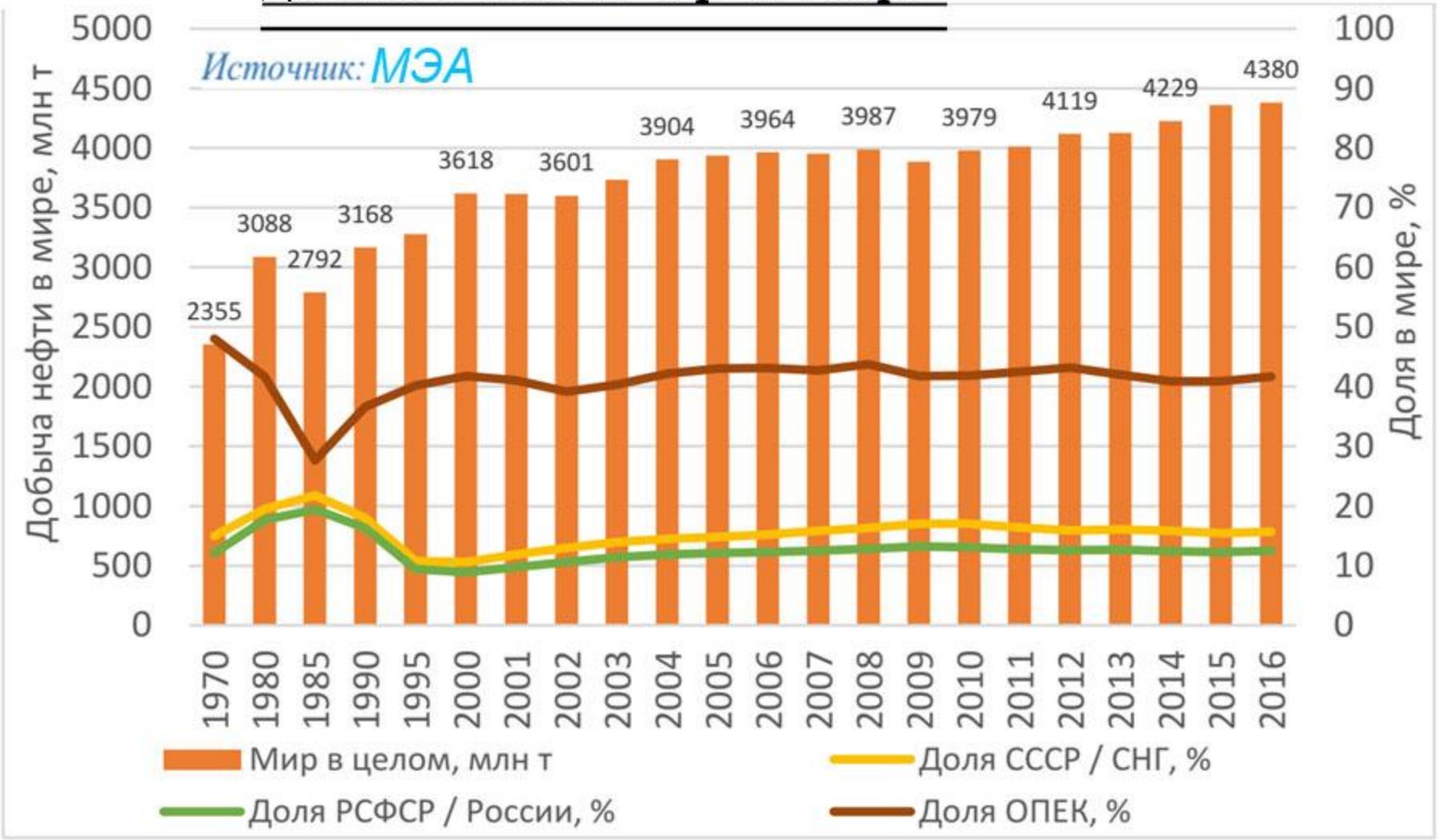
Источник: BP Statistical Review of World Energy (bp.com)

Итоги 8 августа 2011

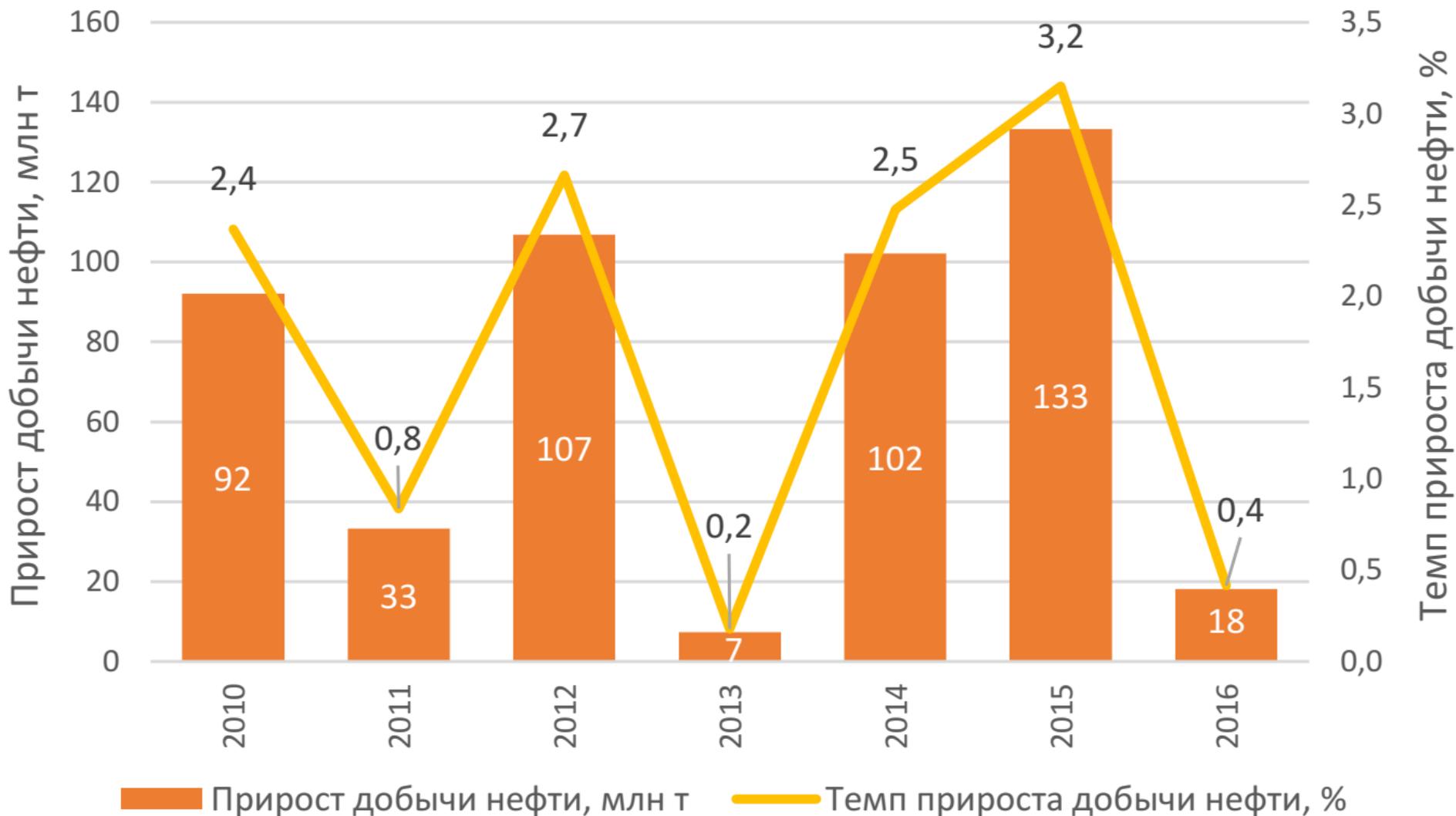


Динамика добычи нефти в мире

Источник: МЭА

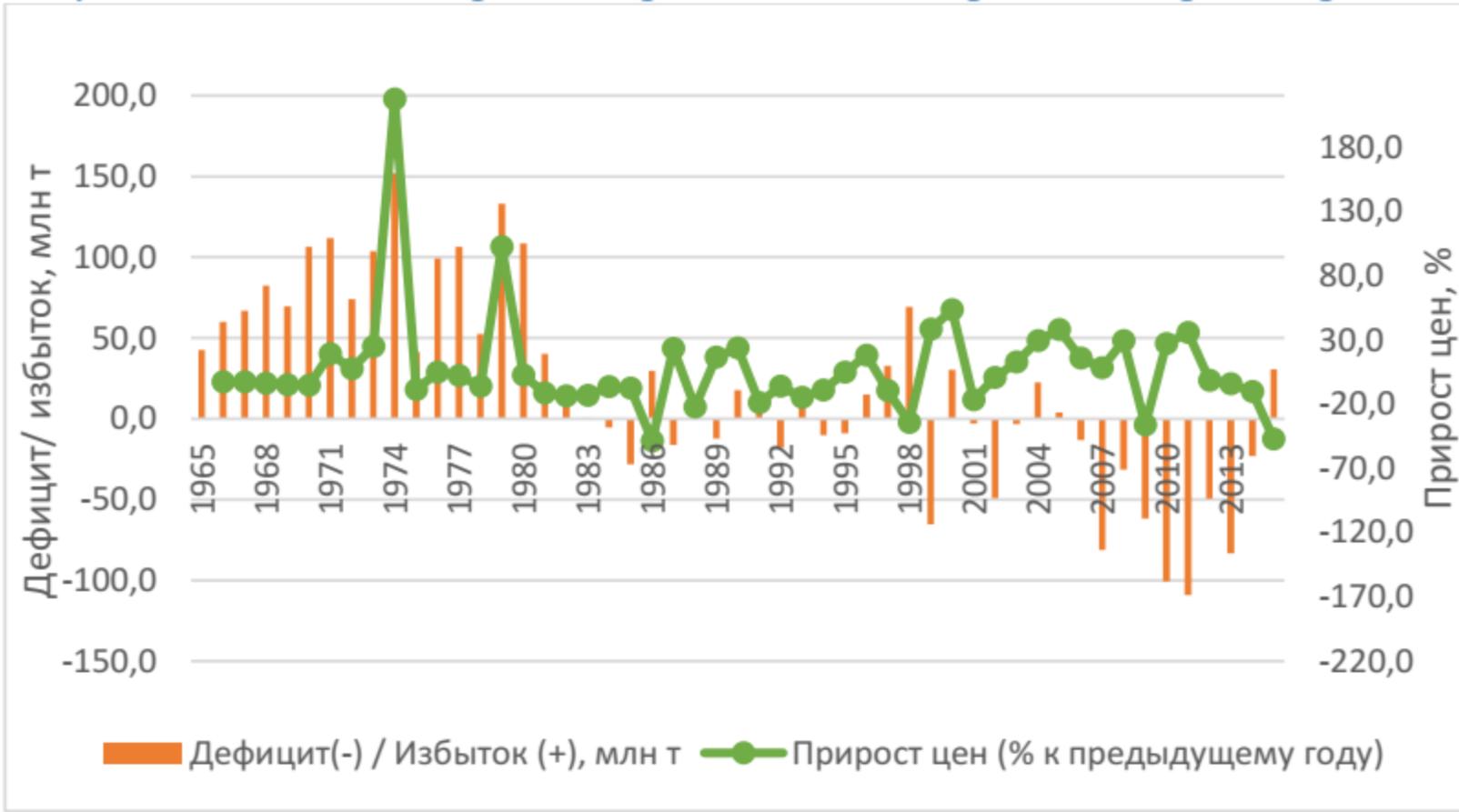


Прирост добычи нефти и его темпы в Мире



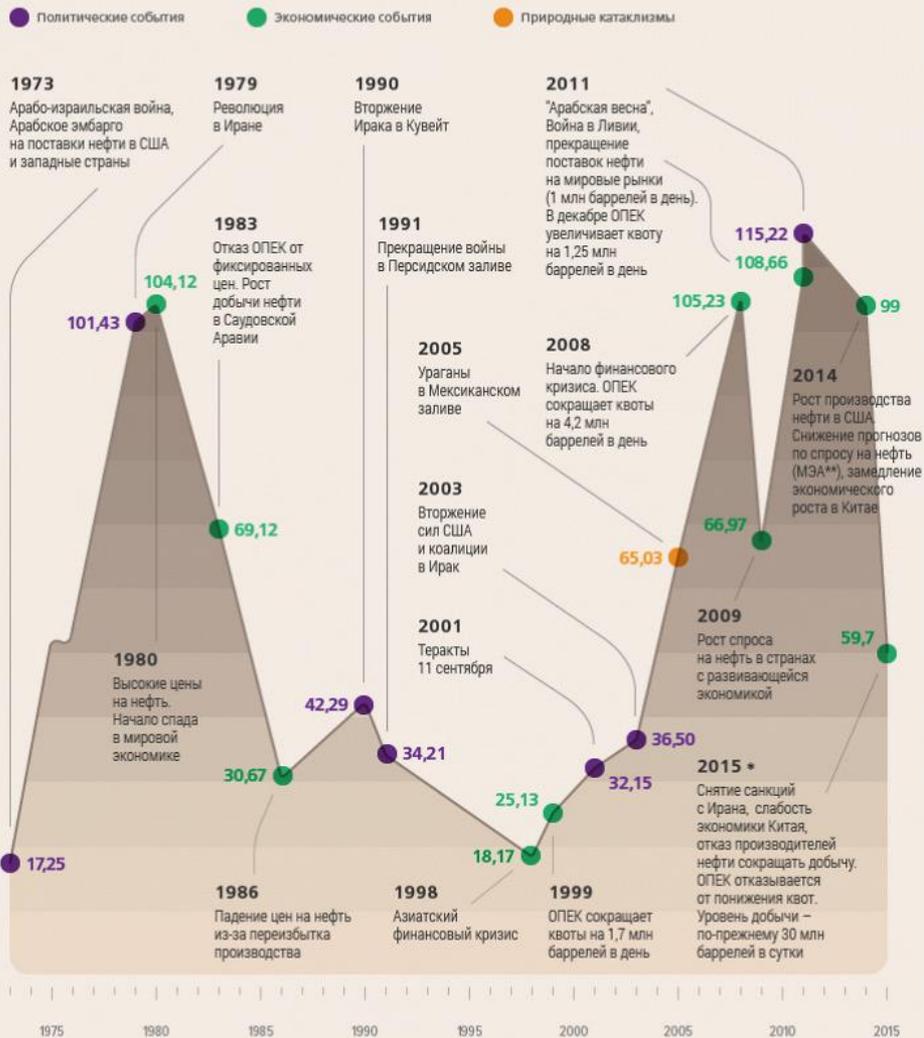
Нефтегазовый потенциал России и Мира

Источник: Thomson Reuters, BP *Баланс спроса и предложения нефти на мировом рынке*



ЦЕНЫ НА НЕФТЬ ЗА 30 ЛЕТ

В графике указана среднегодовая цена на нефть с учетом инфляции, \$ за баррель.
 1973-1984 — цены на нефть марки Arabian Light из порта Рас-Танура,
 1984-2015 — цены на нефть марки Brent.



* Указана средняя цена за шесть месяцев 2015 года.

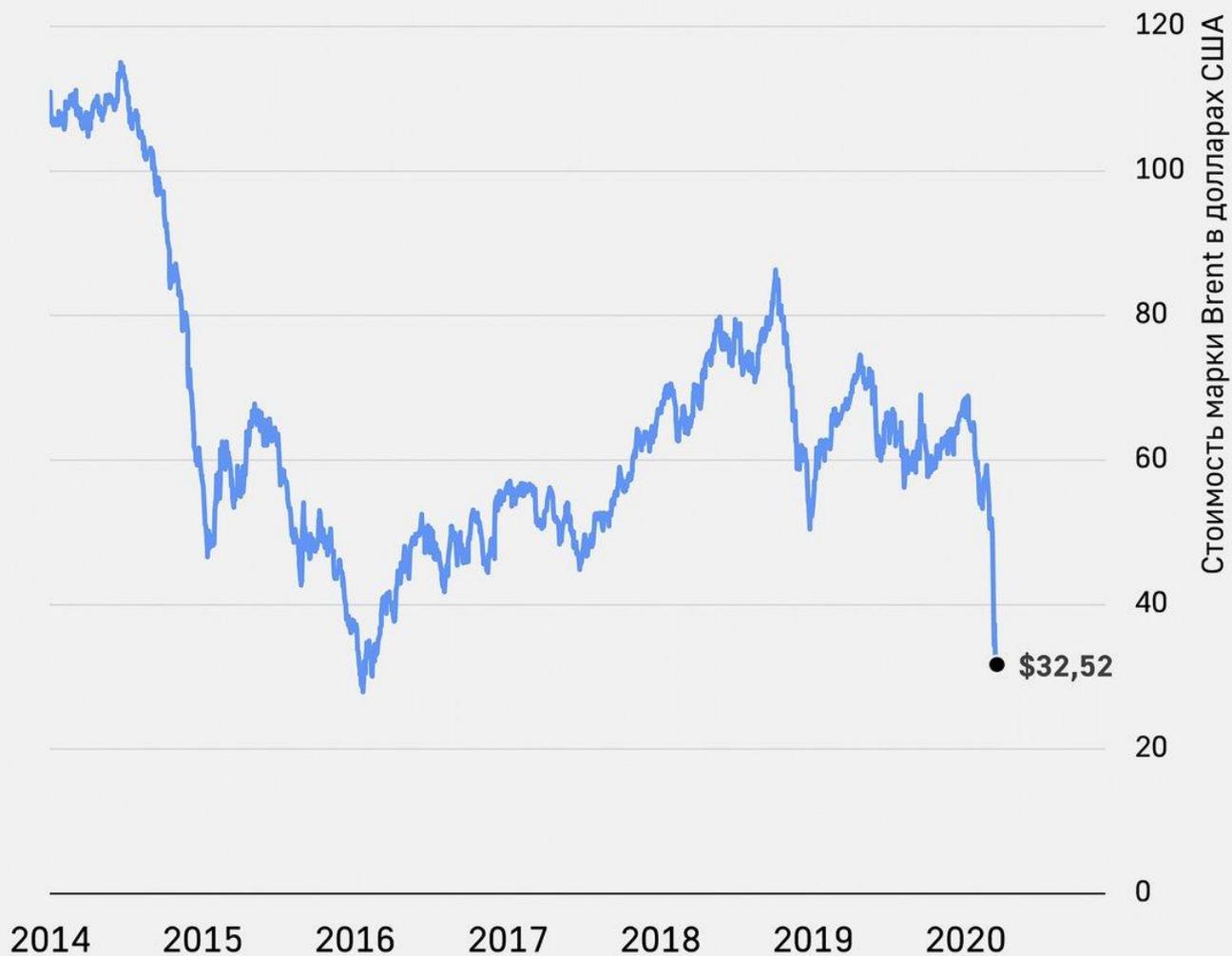
** МЭА (International Energy Agency) — Международное энергетическое агенство.

Источник: BP Statistical review of world energy

Нефтегазовый потенциал России и Мира

От чего зависит цена на нефть?

Динамика цены на нефть



© ТАСС, 2020. Источник: investing.com, 12.03.2020 16:42 мск.

Л.В. Милосердова 2020
геофизики

Цена на газ

График изменения цен на природный газ. Динамика цен на газ в долларах США (USD) за миллион BTU

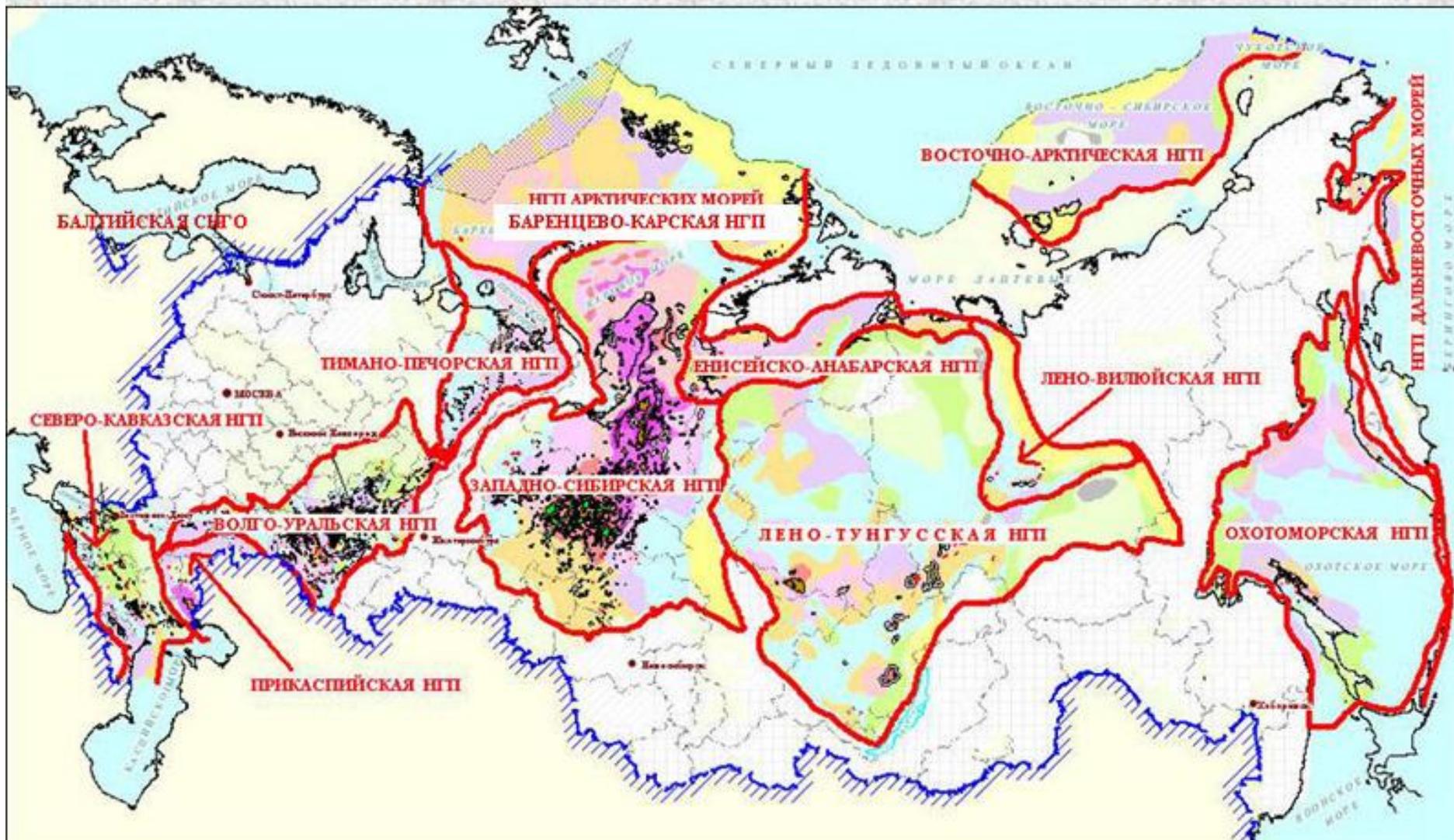


UsdKurs.ru

График зависимости экономики России от цены на нефть



2923 месторождений нефти
923 месторождения газа



Нефтяные и газовые месторождения России <http://www.ipng.ru/uf/OtkudeNefi.jpg>

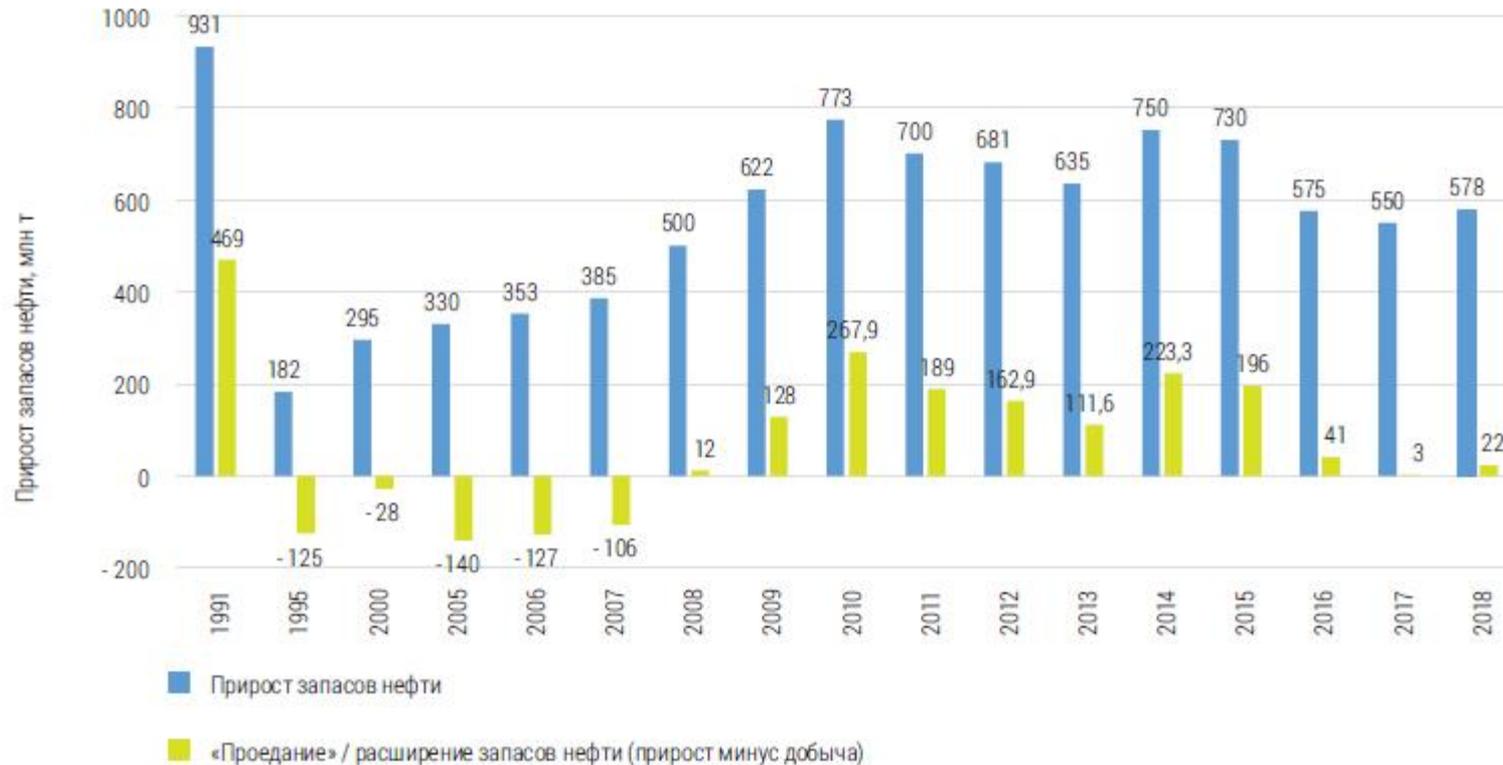
География добычи газа



Основные проблемы

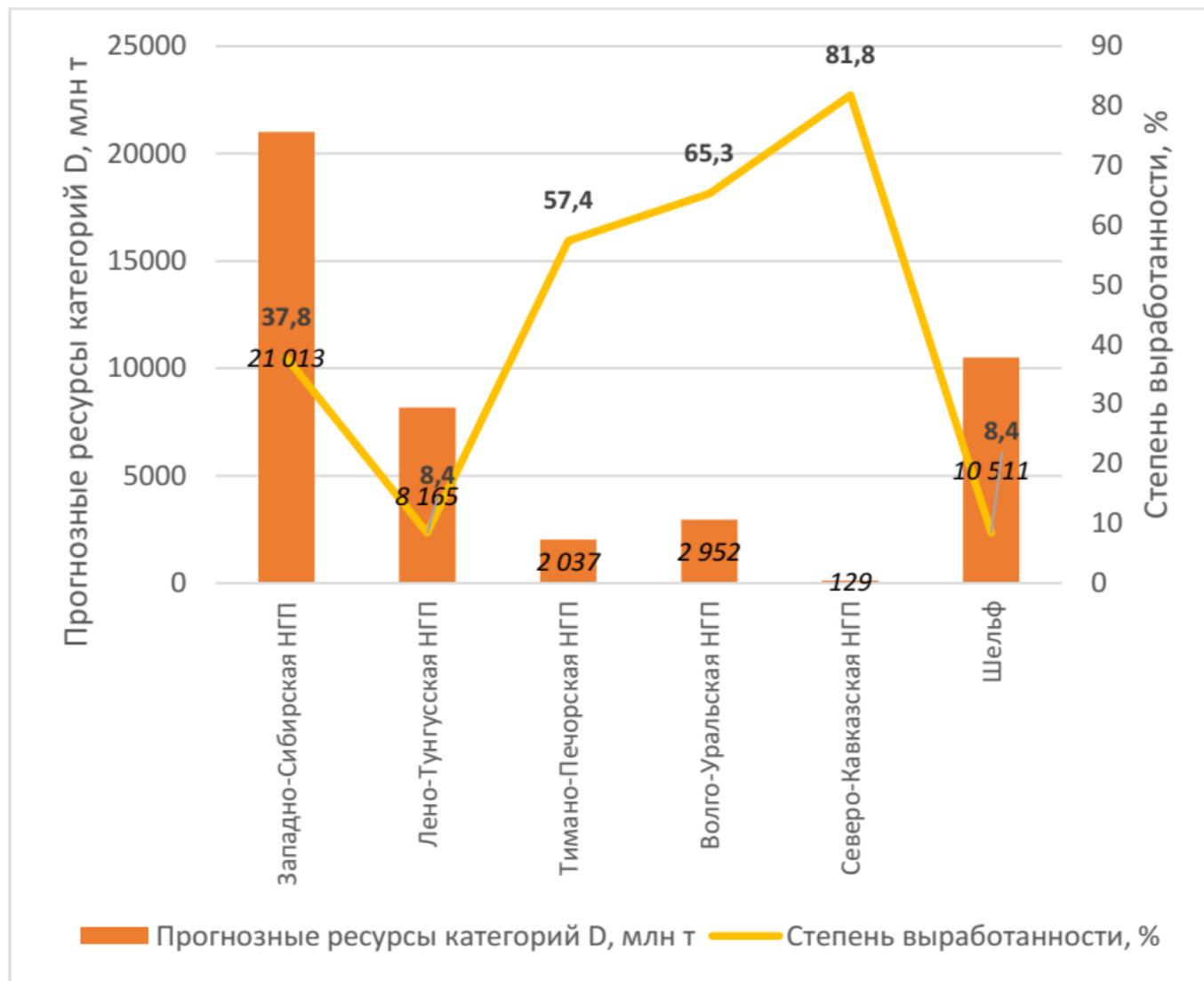
- истощение поискового «задела»,
- новые месторождения характеризуются низким коэффициентом извлечения нефти (КИН) и нерациональным использованием попутного газа;
- высоким износом основных фондов предприятий сокращением и старением кадрового состава,
- низкими темпами прироста запасов из-за нарушения соотношений прогнозных ресурсов, оцененных и разведанных запасов);
- недостаточным количеством открытий за последние годы новых месторождений нефти,
- наличием ограничений доступа к участкам недр федерального значения, отсутствием экономических, налоговых и других стимулов развития поисковых работ в труднодоступных регионах;
- структурной разобщенностью геологоразведочных предприятий
- практически недостаточным изучением и отсутствием поисковых работ нетрадиционных и трудноизвлекаемых видов и источников

ПРИРОСТ ЗАПАСОВ НЕФТИ В РОССИИ



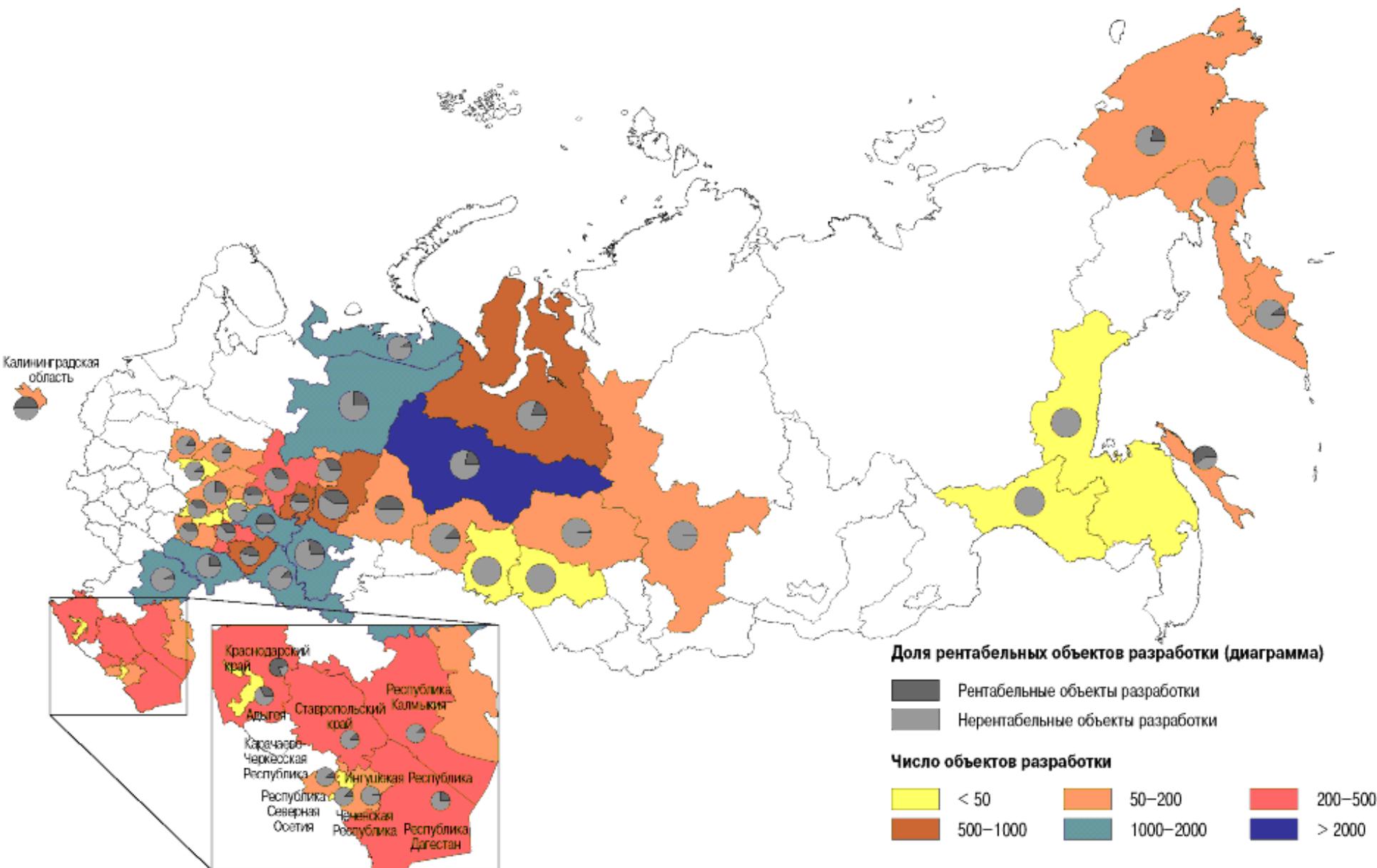
Источник: Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН

Прогнозные ресурсы категории D и степень
выработанности запасов нефти по нефтегазоносным провинциям
на 01.01.2016 г.

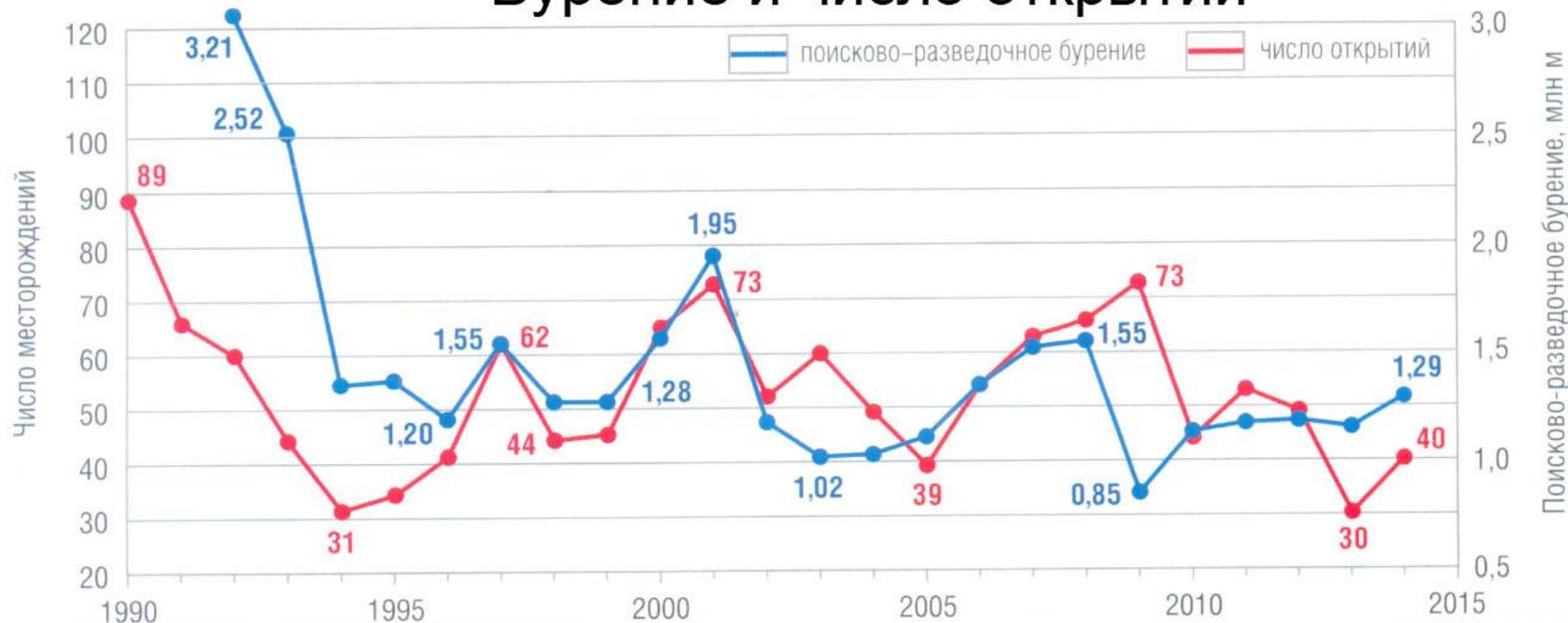




Этапы «жизни» месторождения

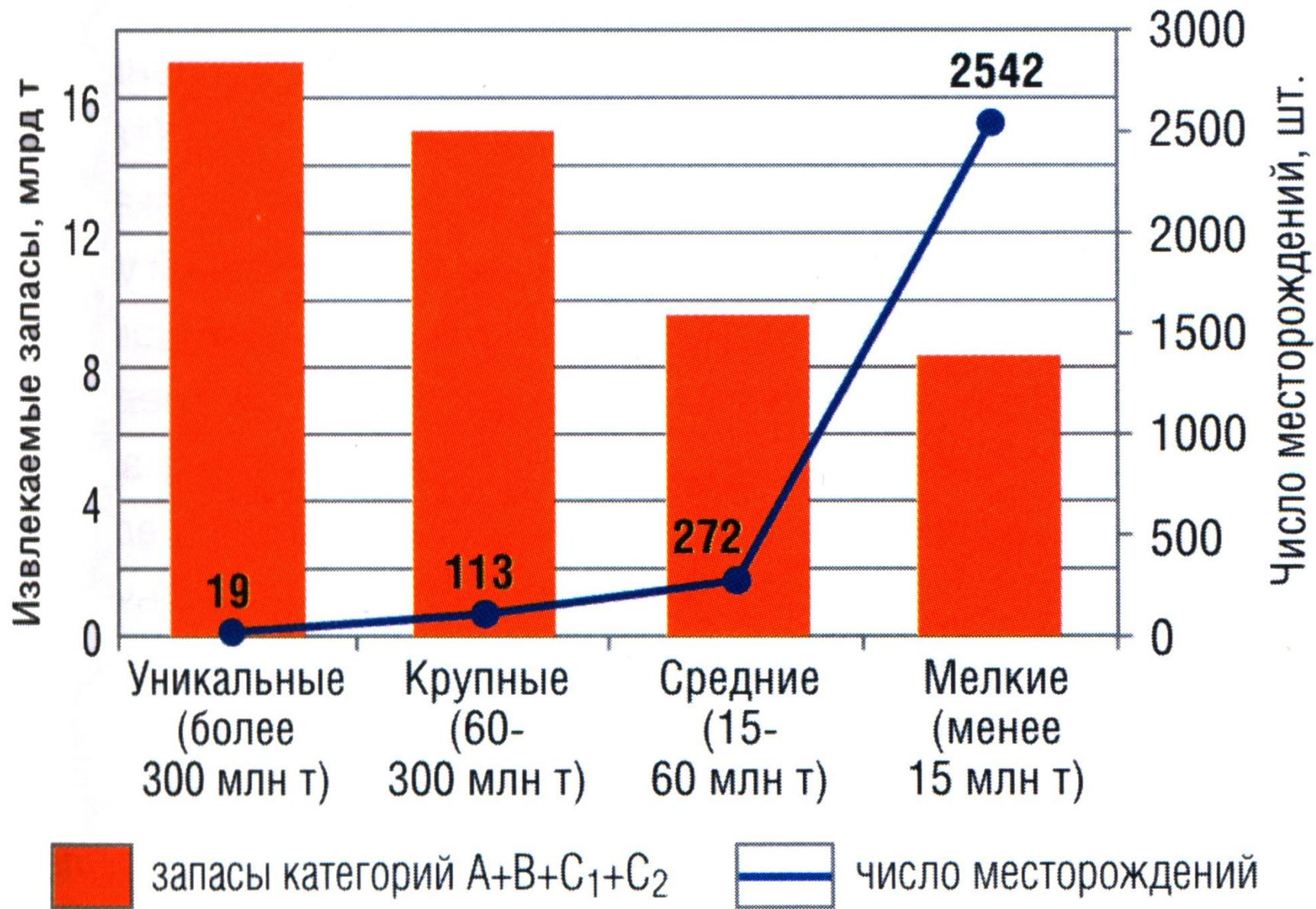


Бурение и число открытий



Источник В.П. Орлов. Минеральные ресурсы. Экономика и управление, 5.2015

Без бурения не бывает открытий

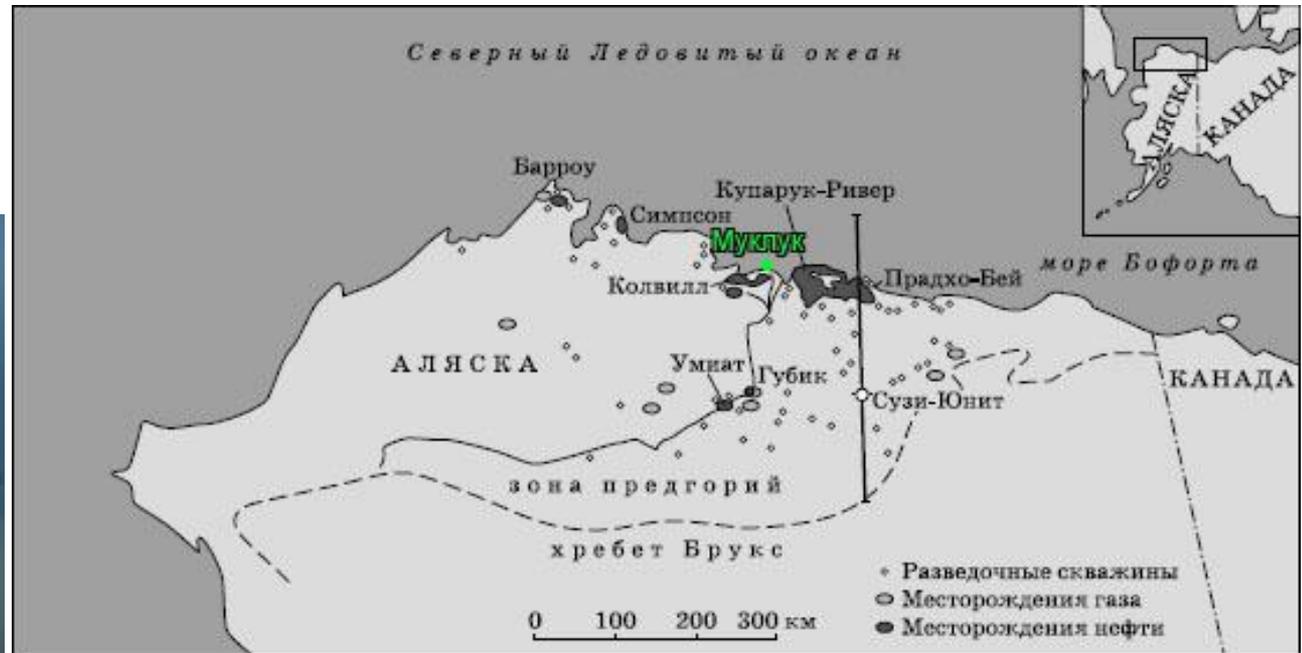


Основные запасы сосредоточены в уникальных и крупных месторождениях

ПРОБЛЕМЫ ПОИСКА И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ



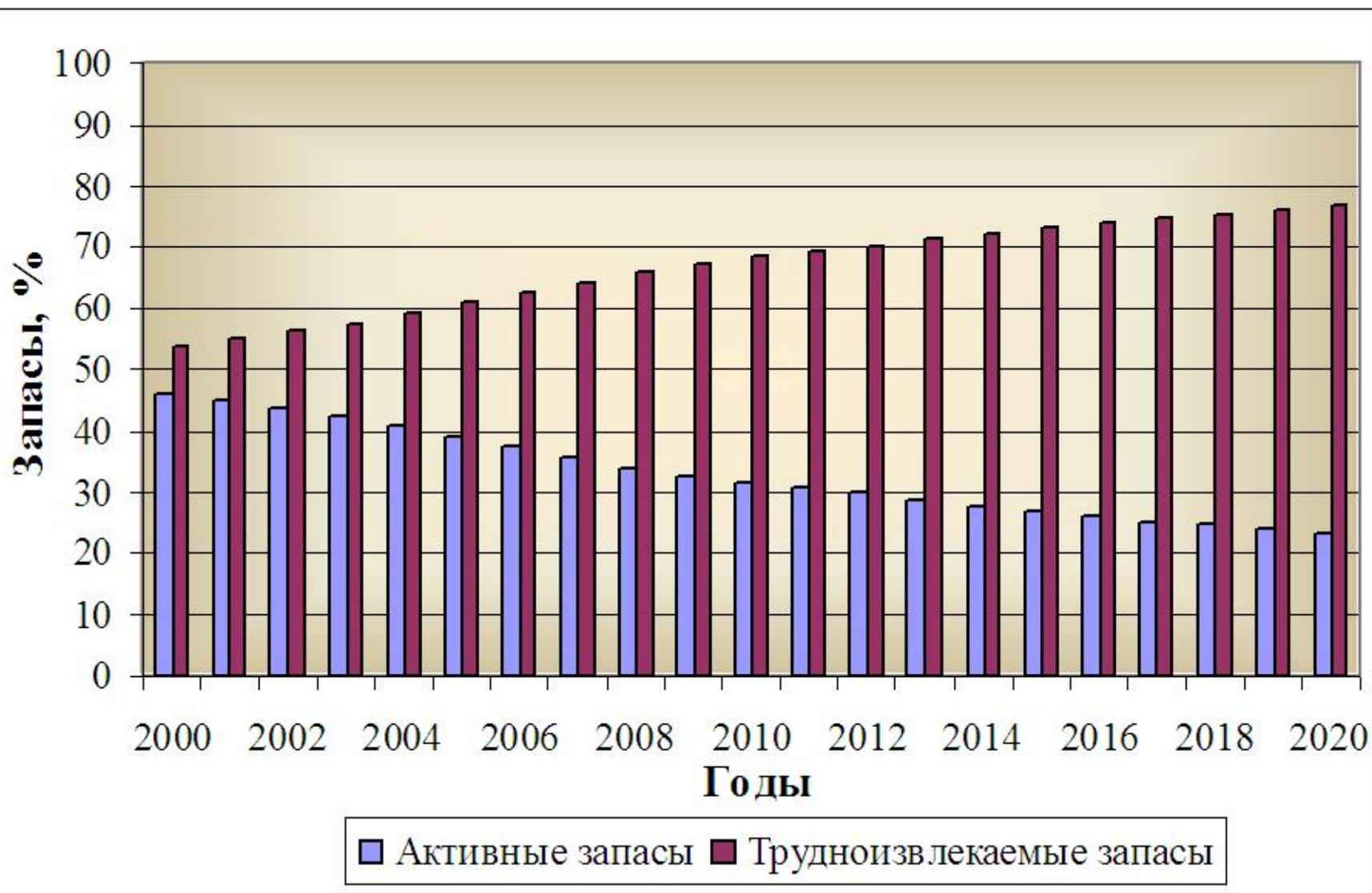
Главный источник ошибок при прогнозировании, поисках и разведке месторождений нефти и газа - недостаток знаний о недрах.



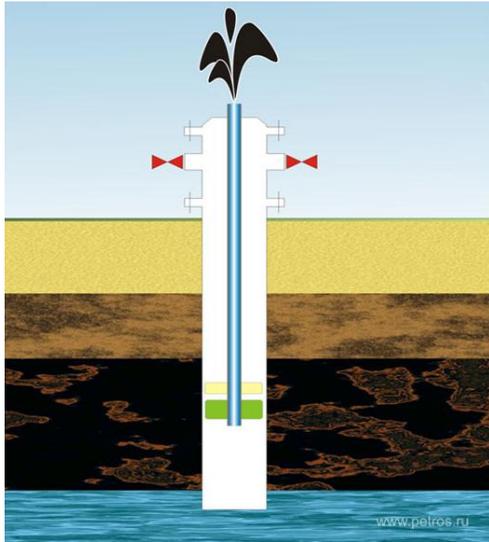
Несостоявшееся месторождение Муклук

При самых совершенных технологиях прогнозирования нефтегазоносности недр поиск месторождения – всегда высоко рискованное предприятие

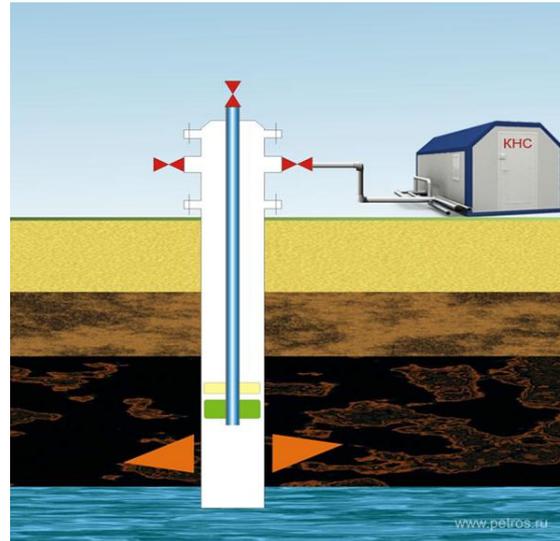
Динамика структуры запасов нефти



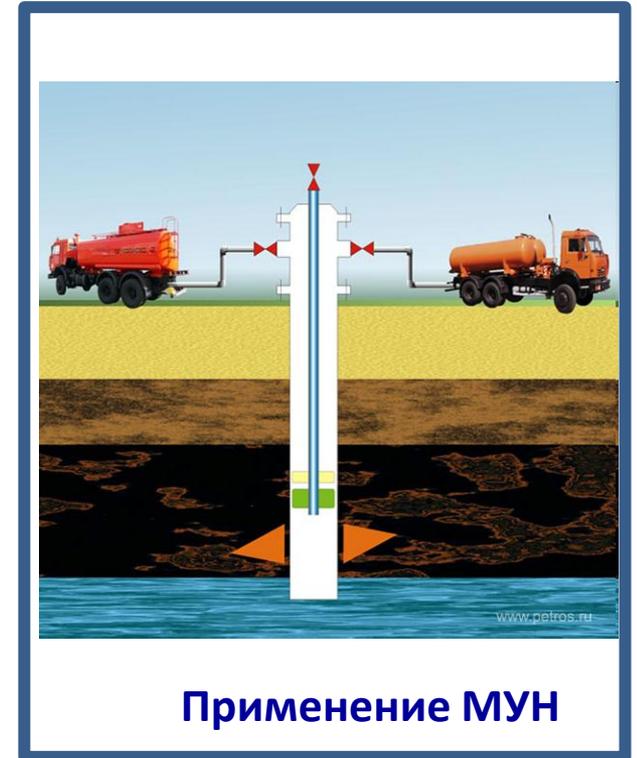
Способы добычи



**Естественная
энергия пласта**



Закачка воды/газа



Применение МУН

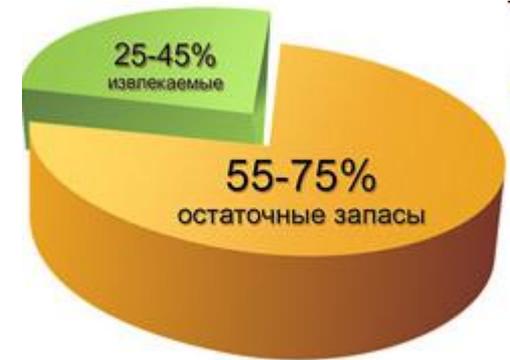
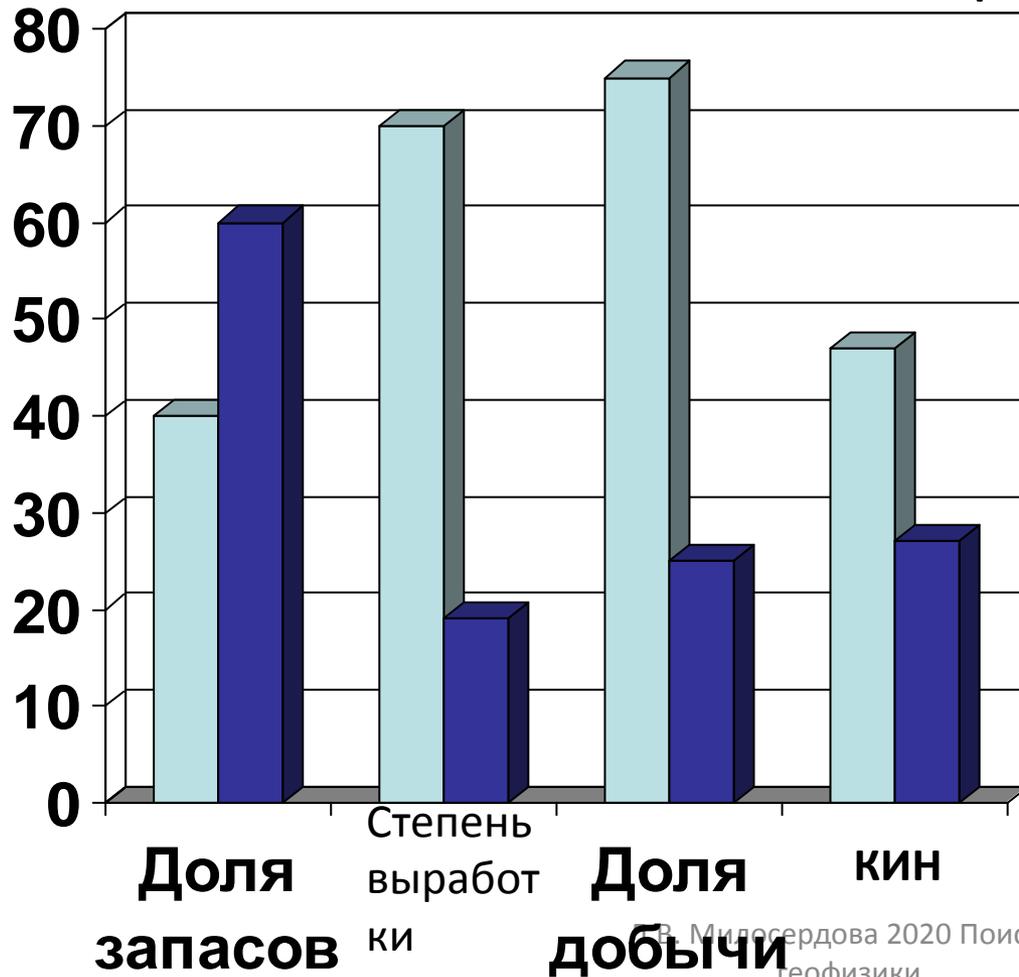
МУН - методы увеличения нефтеотдачи

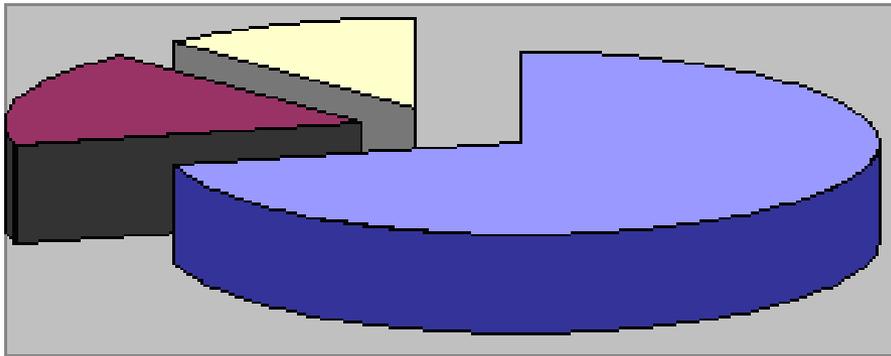
Трудноизвлекаемые запасы

Классы	Виды
Аномальных нефтей и нефтяных газов	Вязкость нефти <30 спз
	Газовый фактор 200 м ³ /т
	Наличие H ₂ S, CO ₂
Неблагоприятных коллекторов	Проницаемость <0,05 мкм
	Два, или более типа коллектора с пористостью и проницаемостью, различающихся на 2 порядка
	Прерывистые K<0,6, расчлененные >3
	Терригенные пласты нефтенасыщенной мощностью <2 м, карбонатные <4 м
	Начальная нефтенасыщенность <55%, глинистость >2%
Контактных зон	Нефть – вода нефтенасыщенная мощность <3 м
	Нефть-газ мощность газонасыщенной части пласта в 3 раза больше мощности нефтенасыщенной части
Факторов, осложняющих бурение скважин и добычу нефти	Глубина 4000 и более м
	Пластовая температура >100 ⁰ С и <30 ⁰ С
	Аномально высокое пластовое давление (K _{ан} = 1,7) и аномально низкое (K _{ан} = 0,7)

Структура запасов нефти в России

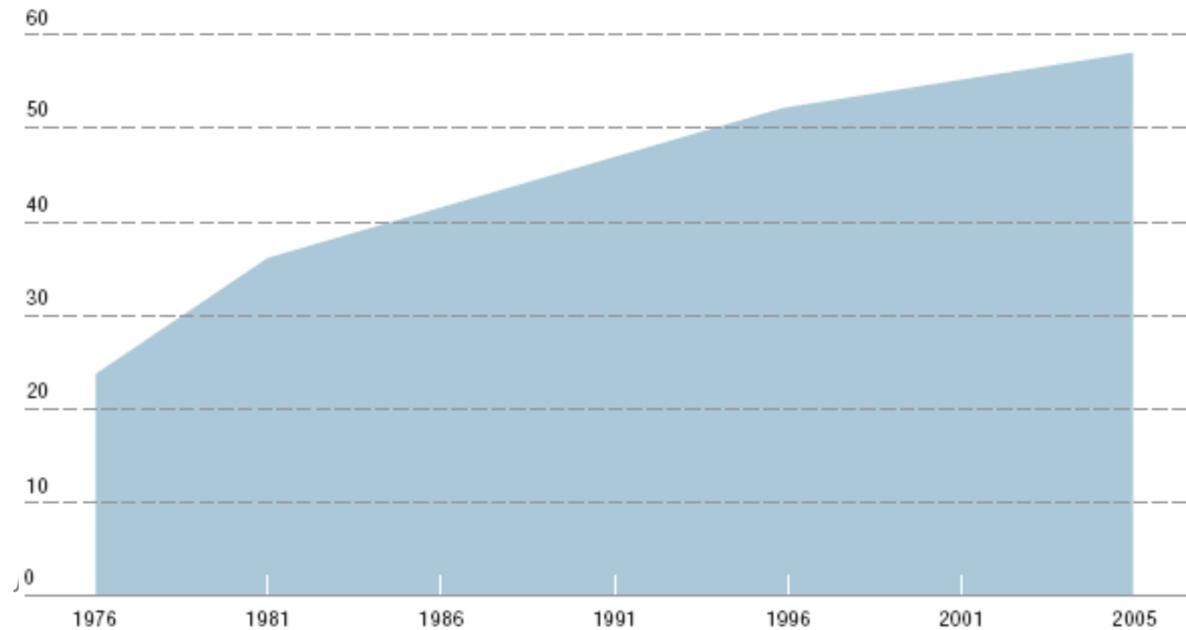
Соотношение извлекаемых и остаточных запасов нефти





- Низкопроницаемые коллектора
- Высоковязкие нефти
- Подгазовые зоны нефтегазовой залежи

Доля трудноизвлекаемых запасов постоянно растет, , поэтому увеличивается себестоимость извлечения и меняется порог рентабельной добычи



ДИНАМИКА ДОЛИ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ В РОССИИ В 1976-2005 ГОДАХ (%) ИСТОЧНИК: RUSENERGY.

Трудноизвлекаемые запасы нефти категорий АБС₁ России

Трудноизвлекаемые группы запасов	Доля текущих извлекаемых запасов, %	Коэффициент нефтеотдачи, %		Степень выработанности извлекаемых запасов
		Текущий	Проектный	
Высоковязкие нефти	17	5	25	23
Подгазовые зоны залежи	12	6	27	22
Низкопроницаемые коллектора	71	5	28	18
Всего	100			

Вопросы охраны недр и окружающей среды в нефтегазовом производстве

- Транспортировка и хранение нефти, газа и отходов нефтегазового производства
- Техногенное нарушение недр в нефтедобывающих регионах
- Загрязнение недр в результате взрывов и гидроразрыва
- Аварии в процессе бурения

Транспортировка и хранение нефти, газа и отходов нефтегазового производства

Основные геологические вопросы *транспорта* нефти и газа связаны с трубопроводным транспортом.

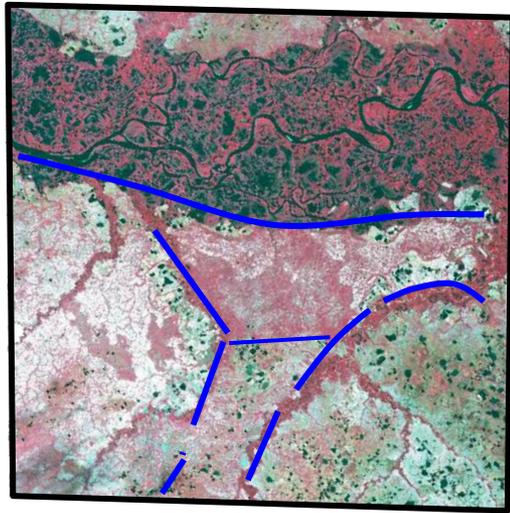
Во-первых, – это геологическое и инженерно-геологическое проектирование трассы трубопровода. Во-вторых – слежение за целостностью трубопровода и предупреждение аварий. Большое значение имеет здесь изучение и картирование современных тектонических движений, а также прогноз их активности. Современные тектонические движения широко развиты на платформенных территориях, и имеющиеся разрозненные и пока несистематизированные сведения об их локализации указывают на приуроченность их к разрывам. В зонах распространения карбонатных пород необходимо учитывать возможность карстовых явлений, в зонах распространения лесса – просадок.

Применение дистанционных методов – аэротепловых и люминесцентных позволяет вести мониторинг состояния трубопроводов.

Геологические аспекты *хранения* нефти и газа, а также захоронения отходов связаны с естественными хранилищами. В их роли выступают истощенные нефтяные и газовые месторождения, ловушки, и искусственные резервуары. Такие резервуары создаются в мощных соляных пластах вымыванием водой. При подготовке подобных хранилищ, важно исключить возможность утечек, обеспечить сохранность окружающих подземных вод. Поэтому важную роль играет монолитность природного резервуара, не разбитость его трещинами и разрывами и изолированность от вмещающих резервуаров.

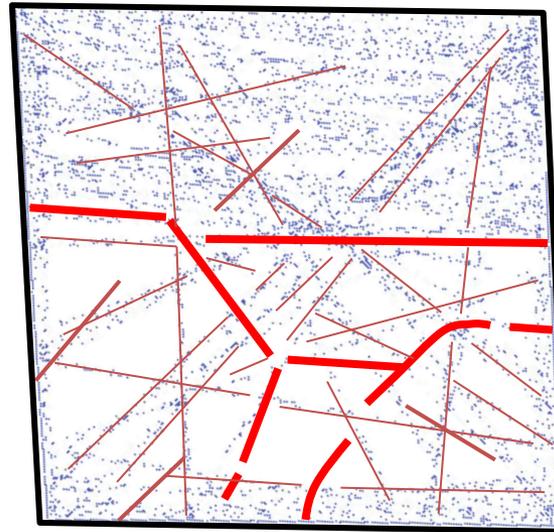
При проектировании крупных инженерно-технических сооружений, к которым относятся и железобетонные резервуары к геологическим проблемам относится инженерно-геологическое обоснование проекта, в который входят учет стойкости основания и т.д.

Автоматизированный анализ разломов



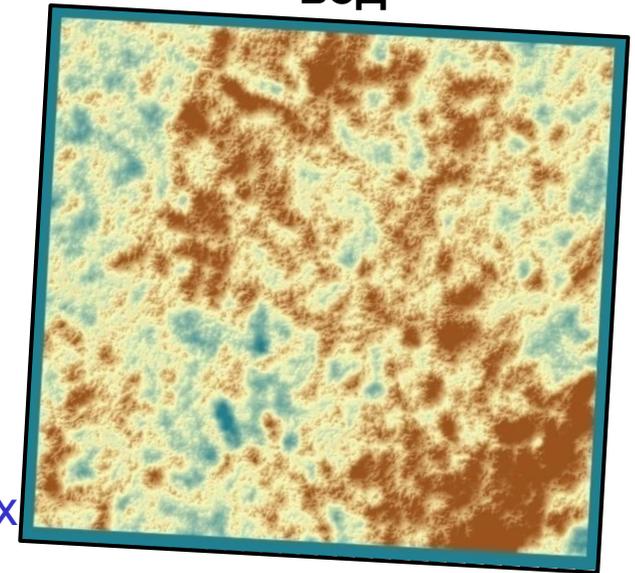
5 км

Дешифрованный космический снимок Landsat



Границы неотектонических блоков

Узлы пересечения
линеаментов (разломов) –
места повышенной
активности грунтовых
вод



Карта плотности
линеаментов

Бурение скважин, отбор из пласта флюида, закачка воды, обработка призабойной зоны - эти, и многие другие факторы нарушают сложившееся равновесие недр, вызывая:

- Техногенные землетрясения.
- Просадки земной поверхности.
- Горизонтальные сдвиги горных пород.
- Поверхностное разломообразование.
- Растворение мерзлотных грунтов.
- Истечение глубинных флюидов на поверхность Земли.
- Образование техногенных залежей углеводородов.
- Образование карста и термокарста, оползней и т.д.

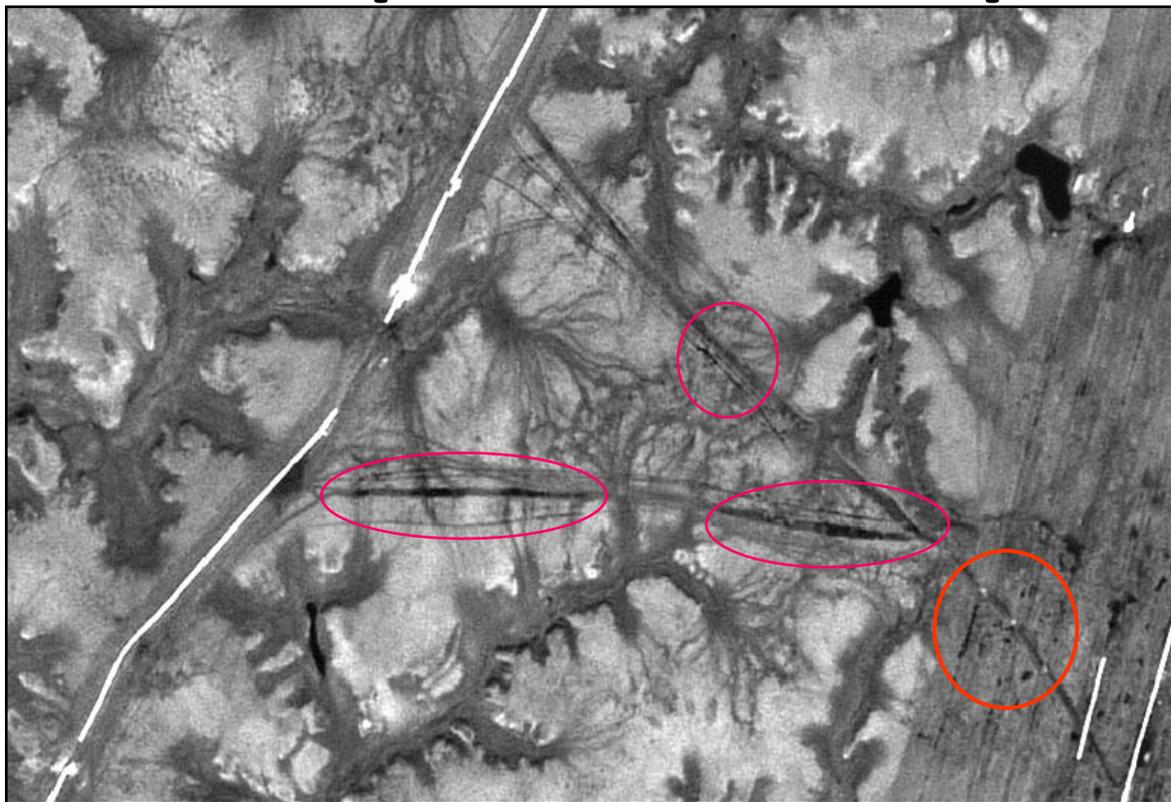


Оползень и «повисание» трубопровода

В результате происходит:

- Деформация наземных сооружений и объектов обустройства за счет сейсмических и просадочных явлений.
- Нарушение герметичности, смятие и отрыв колонн эксплуатационных скважин
- Разгерметизация резервуаров и вышележащих покрышек.
- Разгерметизация цементного камня в эксплуатационных скважинах, приводящая к вертикальному перетеканию пластового флюида и образованию техногенных залежей.
- Потеря механической устойчивости массивов горных пород и, особенно, соляных куполов и антиклиналей с расположенными в них резервуарами – техногенными хранилищами сырья, отходов и продуктов переработки углеводородов.
- Неустойчивое состояние грунтов и приповерхностных слоев, разжижение грунта в случае землетрясений. Эти процессы могут привести к существенным повреждениям скважин и объектов обустройства.

Изменение экосистемы под действием антропогенных факторов



Проезд транспортных средств вне обустроенной дорожной сети приводит к сильному изменению почвенно-грунтового слоя, угнетению растительности и заболачиванию, подтоплению и разрушению трубопровода

Фрагмент космического изображения SPOT-5, разрешение 2,5 м

-  - участки «грунтовых» дорог интенсивно обводненные и с открытым зеркалом воды
-  - разрушение обваловки и всплытие трубопроводов из-за движения транспортных средств вне обустроенных дорог

Районы катастрофического техногенного нарушения недр в нефтедобывающих регионах



Л.В. Милосердова 2020 Поиски-
геофизики

по Гаврилову, 2000

Загрязнение недр продуктами взрывов.

Проницаемость горных пород в настоящее время пытаются улучшить с помощью гидроразрыва пласта. Экологический вред этих мероприятий неоднократно обсуждался в научных и популярных публикациях. Но еще более варварскими являются методы настоящих взрывов, в том числе и ядерных, в результате которых достигается не только улучшение проницаемости, но и разогрев недр, что уменьшает вязкость нефти. Подземные ядерные взрывы, проводились с 1965 по 1988 годы с целью интенсификации добычи нефти и газа. Продукты этих взрывов – это неконтролируемое захоронение радиоактивных отходов. Особенно опасна пластовая вода, имеющая прямой контакт с ними, и способная выносить их на дневную поверхность. В результате радиоактивность разносится подземными водами и попадают в артезианские бассейны.

Радиоактивное загрязнение недр России и стран СНГ



Охрана недр при бурении скважин и разработке месторождений

Процесс бурения нарушает естественное состояние недр.

Разобщенные ранее нефте- и водоносные горизонты начинают сообщаться между собой, глубокие недра становятся связанными с атмосферой.

В результате может возникнуть самоизлив пластовых вод и фонтанирование скважин.

Другое негативное явление – катастрофический уход промывочной жидкости в пласты. В результате в недра попадают химические вещества, используемые при приготовлении буровых растворов, что может привести к отравлению пресных подземных вод.

Значительную опасность представляют также обвалы ствола скважины в процессе бурения.

чтобы не допустить нарушения естественного режима недр.

Для поддержания пластового давления следует использовать сточные воды, как более близкие к пластовым по химическому составу и физическому состоянию, чем пресные воды, которые, представляют собой не восполняемый жизненный ресурс Земли.

Но самую большую угрозу представляют аварии, в результате которых губится все живое. И самое грозное из последствий аварий – пожары на фонтанирующих скважинах



Авария Deepwater Horizon в Мексиканском заливе (по <http://eco.sterligoff.ru/?p=764>)

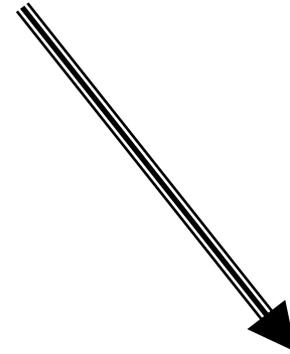
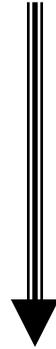
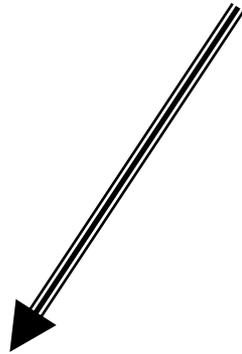
Пути преодоления проблем

- *Обеспечение прироста запасов и поддержание уровня добычи углеводородного сырья в обустроенных регионах. В настоящее время **10% месторождений** нефти и газа дают **90% добычи**. Особое внимание необходимо уделить увеличению коэффициента извлечения. **Увеличение КИН на 1% приводит** к увеличению запасов нефти на 1,3 млрд т, давая 30–60 млн т дополнительной добычи ежегодно.*
- *Освоение ресурсов новых районов в Западной и Восточной Сибири, на континентальном шельфе.*
- *Развитие минерально-сырьевой базы нетрадиционных и трудноизвлекаемых источников углеводородного сырья.*



Геологические аспекты методов увеличения добычи трудноизвлекаемых запасов

Как увеличить нефтеотдачу?

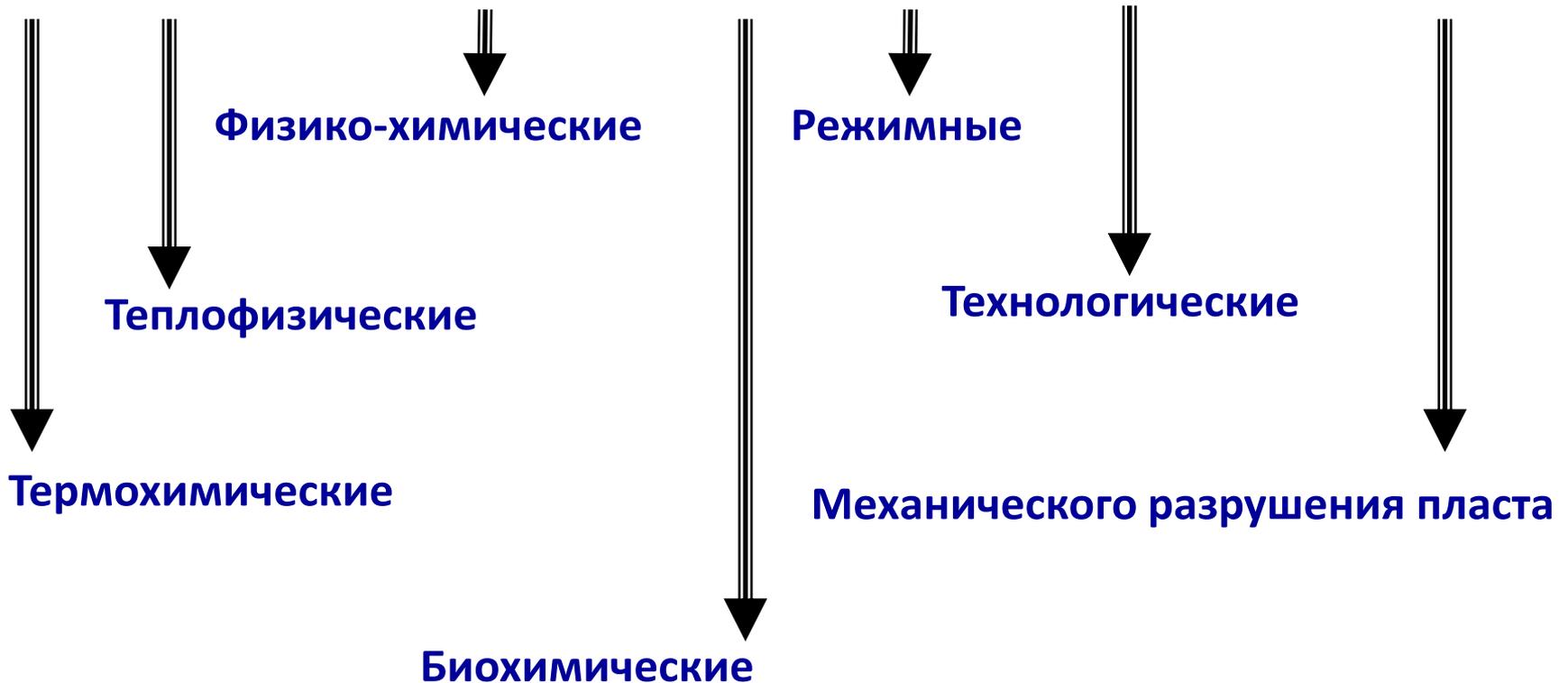


Воздействие на
пласт

Увеличение
числа и вида
скважин и их
призабойных
зон

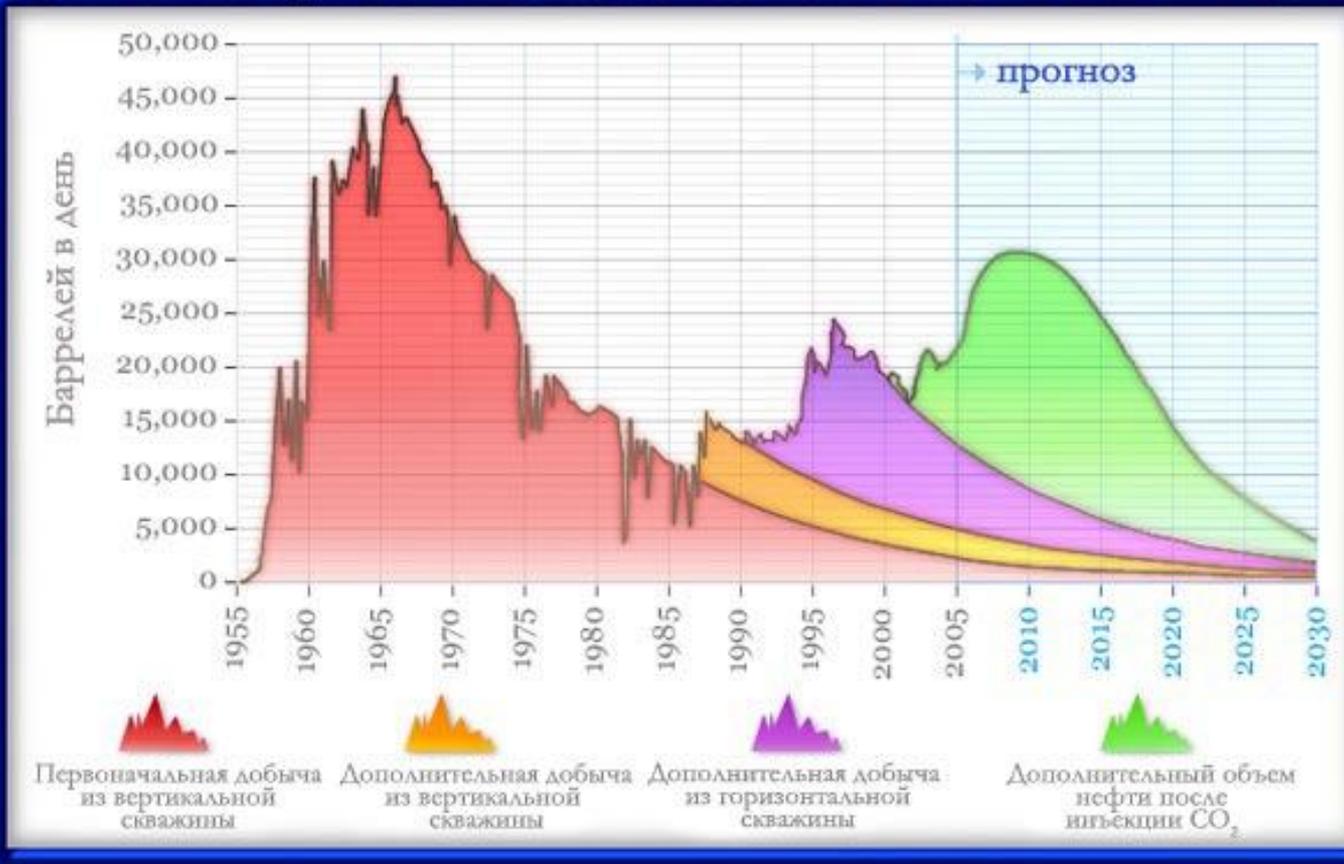
Улучшение
геологической
модели

Стимулировать нефтеотдачу воздействием на пласт значит усилить действие факторов, определяющих естественный режим добычи, или заменить этот режим на искусственный



Извлечение нефти из пластов с низкой нефтенасыщенностью с применением CO₂ (газовый метод)

Применение CO₂ для повышения нефтеотдачи на месторождении «Вейберн»



- ♦ 40-45% нагнетаемого CO₂ улавливается и отлагается в пласте
- ♦ 0.25 м³ нефти добывается за счет нагнетания 1000 м³ CO₂

Повышение эффективности разведки и добычи нефти (мировая экспертная оценка влияния технологий на результат)

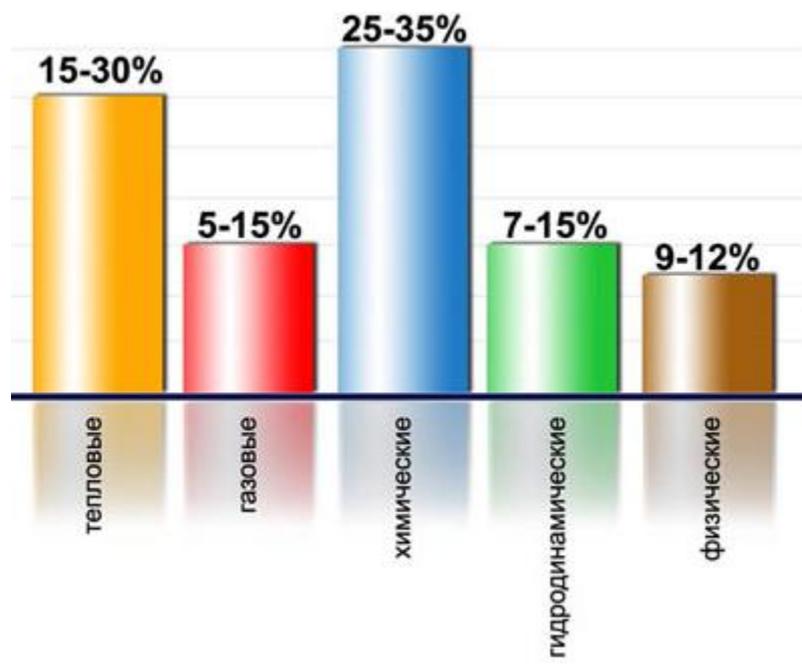
геологическое моделирование

- Сейсморазведка 3D и 4D,

- Ориентированное бурение и

эксплуатация горизонтальных и

многоствольных скважин



Моделирование разработки, оптимизация

заводнения и применение технологий МУН

(приоритет – газовые методы)

15%

Потенциальные возможности
увеличения нефтеотдачи пластов
различными методами

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ УГЛЕВОДОРОДОВ

Нетрадиционные источники углеводородов - природные скопления углеводородов, освоение которых при современных ценах, потребностях и технологиях нерентабельно.

Недостатки: или рассеянные, или трудноизвлекаемые, или низкокачественны. Достоинства – широкая распространенность, попутные ценные компоненты.

По возможностям использования энергетические ресурсы делятся:

- освоенные традиционные**
- малоосвоенные традиционные**
- неосвоенные нетрадиционные**

ОСВОЕННЫЕ ТРАДИЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ:

- Извлекаемые из недр природные горючие газы и конденсаты в неблагоприятных горно-технических условиях (**трудноизвлекаемые запасы**).
- Извлекаемые из недр природные нефти и попутные горючие газы в неблагоприятных горно-технических условиях (**трудноизвлекаемые запасы**).

– Уголь.

– Гидроэнергия речных стоков.

– Атомная энергия.

– Торф.

– Дрова.

– Биоэнергия пищевых отходов.

– Энергия тепловых насосов.

Вычеркнутые строчки
за пределами
интересов
нефтегазовой
геологии

МАЛООСВОЕННЫЕ ТРАДИЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ:

– Тепловые ресурсы недр.

– **Горючие сланцы.**

– Солнечная энергия.

– Ветровая энергия.

– Сорбированные горючие газы углей.

– Газ черных сланцев.

– Энергия масленичных и сахарных растений.

Окончание – на следующем слайде

НЕТРАДИЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. Извлекаемые из недр природные нефти глинистых, кремнисто-глинистых и карбонатно-кремнисто-глинистых пород **(трудноизвлекаемые запасы)**.

~~Извлекаемые из недр техногенные нефти битуминозных глинистых, кремнисто-глинистых и карбонатно-кремнисто-глинистых пород.~~

2. Сверхтяжелые и тяжелые природные нефти **(трудноизвлекаемые запасы)**.

3. Сланцевые газы

! Природные газогидраты:

– Техногенные залежи горючих газов.

– Молекулярная (спиновая) энергия органического вещества.

– Подземная газификация углей и горючих сланцев.

– Газификация торфа.

~~– Растворенные в подземных водах горючие газы.~~

– Остаточная нефть в истощенных залежах углеводородного сырья

(трудноизвлекаемые запасы).

– Биоэнергия природных болот и хранилищ растительных остатков.

– Холодный ядерный синтез.

– Энергия кристаллизации аморфных пород.

– Водородная энергетика.

– Энергия гравитационного взаимодействия Земли и Луны.

– Химическая и биохимическая энергия.

– Энергия электромагнитных и гравитационных взаимодействий.

УГЛЕВОДОРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ БОЛЬШИХ ГЛУБИН

Первоочередные задачи:

1. **Прямое экспериментальное изучение вещества с больших глубин – основная задача.** Керн и пробы нефти, газа и воды с глубин 7–14 км крайне ограничены и не доступны массовым исследованиям. Необходимо на новом аналитическом уровне начать исследования по изучению выбросов пород и сорбированных в них нефти, газа и воды грязевых вулканов, которые по косвенным данным могут относиться к широкому интервалу глубин, в том числе и к глубинам 10–12 км. В настоящее время это практически единственный способ прямого изучения вещества осадочных пород и флюидов с глубин 7–14 км..

2. **Геофизические методы прогнозирования на глубинах 7–14 км** существенно отличаются от таковых на небольших глубинах. Поскольку качество сейсмического и другого геофизического материала на больших глубинах значительно ухудшается, требуются разработки дополнительных методов интерпретации геофизических материалов и усовершенствование методов и интерпретации результатов сейсмических исследований на глубинах более 7 км, в том числе и в области применения геофизических методов исследования скважин. Информация об изменениях с увеличением глубины термодинамических условий, влияющих на технологию ГИС и петрофизические свойства пород, должна, прежде всего, использоваться при интерпретации каротажных материалов и данных испытания пластов трубными пластоиспытателями (или опробователями на кабеле).

3. Основным инструментом теоретических исследований и оценки углеводородного потенциала больших глубин станет **бассейновое моделирование**, которое необходимо развивать .

НЕФТЬ БИТУМИНОЗНЫХ ГЛИНИСТЫХ, КРЕМНИСТО-ГЛИНИСТЫХ И КАРБОНАТНО-КРЕМНИСТО-ГЛИНИСТЫХ ПОРОД

Это породы
баженовской, тутлеймской и игримской свит Западной Сибири;
доманикиты девона Волго-Уральской нефтегазоносной провинции;
хадумская свиты Предкавказья
киммериджской формации Англии и Северного моря;
баккенской формации Вилистонского бассейна в США и Канаде

Коллектор в залежах глинистых пород не имеет жесткого скелета. Он возникает вместе с появлением углеводородного сырья и при извлечении из него нефти и газа вновь становится экраном (покрышкой). Соответственно, при разработке таких залежей главным являются расчеты по режиму отбора нефти из залежи.

Движение флюидов в залежах с коллекторами без жесткого скелета определяется горным давлением, и сетки эксплуатационных скважин рассчитывают исходя из его величины с учетом аномального пластового давления и давления насыщения газа в нефти.

На шлифах из битуминозных глинистых, плитчатых пород видны черные полосы – это нефть и рассеянное органическое вещество.

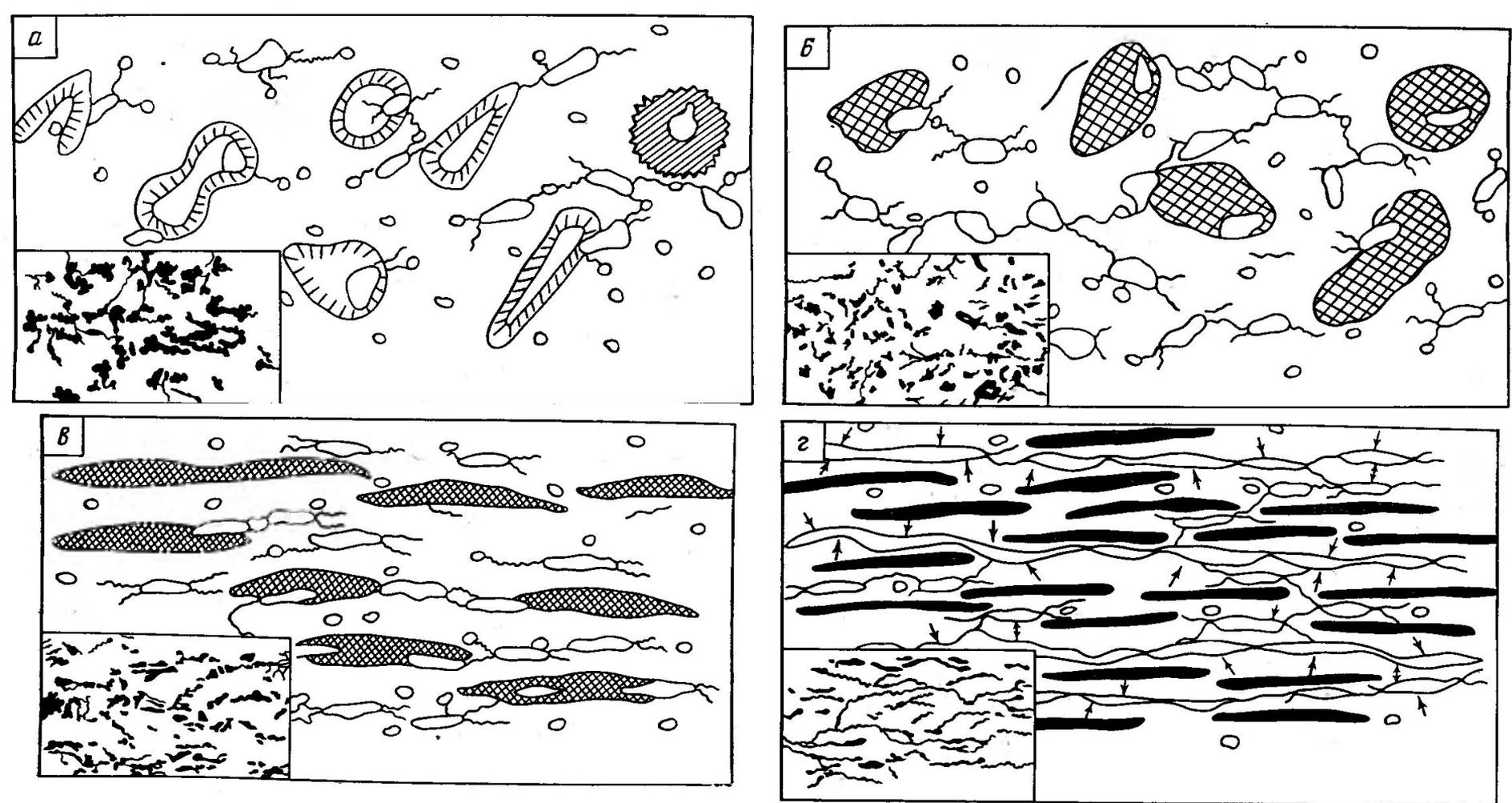
Круглые темные пятна – это нефть в раковинах радиолярий.

БАЖЕНОВСКАЯ СВИТА

- - распространена в **центральной части Зап. Сибири**. Представлена **черными и буровато-черными аргиллитоподобными сапропелево-глинисто-кремнистыми породами**, местами с прослоями карбонатов. Характерно высокое содержание свободного кремнезема (в среднем 29,5%) и **органического вещества (в среднем 22,5 .%)**. **Мощность 10—70 м, обычно 25—35 м. Залегает на глубинах от 1 до 3.5 км.** Распространена на территории более 1 млн кв. км
- Фауна преимущественно нектонных и планктонных организмов (аммониты, белемниты, рыбные остатки, радиолярии, кокколитофориды), в меньшей степени двустворок; на периферии ареала свиты — фораминиферы.
- **Возраст средневожский — раннеберриасский (J_3 - K_1)**. Местами свита **включает низы валанжина (K_1)**. **Промышленно нефтеносна** в пределах **Среднеобской и Каймысовской НГО** (пласт Ю0). Входит в состав региональной верхнеюрско-неокомской покрывки.
- Открытие в Западной Сибири промышленных запасов нефти в баженовском горизонте относится к 60-м годам XX века. **Баженовская нефть характеризуется высоким качеством - она легкая, малосернистая, без других вредных примесей, поэтому требует меньше затрат на первичную и глубокую переработку.**
- **Условия залегания отложений баженовской свиты характеризуются повышенными температурой и давлением (АВПД)** в отличие от выше- и нижележащих пород.

БАЖЕНОВСКАЯ СВИТА ХМАО





Структура порового пространства пород-коллекторов баженовской свиты. а—г — схематизированное изображение пустот, составленное по наблюдениям в шлифах: *а* — седиментационные поры и поры диагенетического выщелачивания в слабоизмененном радиолярите, *б* — диагенетические поры каолинизации и унаследованные поры выщелачивания в перекристаллизованном радиолярите, *в* — изменение структуры порового пространства при уплотнении перекристаллизованного радиолярита, *г* — дальнейшее уплотнение породы, вытеснение битумоида из вмещающей породы в пустотное пространство. На врезках — схематизированное изображение пустот со снимков, сделанных на сканирующем электронном микроскопе (По Дорощевой и др., 1983).

- По результатам бурения на Салымском месторождении еще в советские времена около 30% скважин баженовской свиты оказались сухими.

Салымское, с которого в 1974 году началась разработка БС, по сей день является крупнейшим в России по запасам баженовской нефти. По данным НАЦ рационального недропользования им. В. И. Шпильмана, на начало 2009 года **извлекаемые запасы** пласта ЮС0 Салымского составляют **230,5 млн тонн** по категориям АВС1 и **134,7 млн тонн** по категории С2.

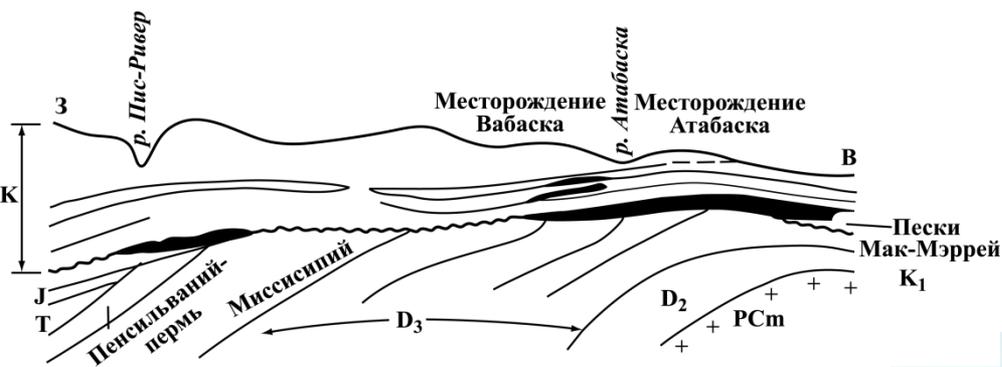
Эффективная толщина пласта — **около 8 м**, пористость — **10,2%**, нефтенасыщенность — **90%**.

Трудности бурения – буровой раствор кальматрирует проникаемое пространство сланцев.



ТЯЖЕЛЫЕ И ВЫСОКОВЯЗКИЕ НЕФТИ И БИТУМЫ

Нефть, с большим количеством примесей тяжелая битумная нефть или из нефтяных песков (tar sand) — комплексное углеводородное сырье, не только дополнительный источник углеводородов, но и ценных металлов, а также химического сырья.



Зона битуминозных песков района Атабаска, Канада



Л.В. Мило

Нетрадиционные источники УВ

Сланцевая нефть и сланцевый газ



Сланцевые формации, бассейны и районы, месторождения горючих сланцев



Сланцевые формации, бассейны и районы

Месторождения горючих сланцев

Л.В. Милосердова 2020 Поиски-геофизики

Сланцы

- **Термин «Горючие сланцы»** иногда применяют для обозначения всех высокозольных твёрдых каустобиолитов, содержащих органические вещества различного происхождения и различных условий преобразования (**углистых, битуминозных и липтобиолитовых сланцев**).
- Поэтому горючий сланец в геологии горючих ископаемых не равнозначен понятию «сланец» в литологии.
- Горючие сланцы (ГС) - пиробитуминозные сланцы - осадочные породы карбонатно-глинистого (мергелистого), глинистого или кремнистого состава, содержащие 10-50%, редко до 60% сингенетичного осадконакоплению органического вещества (**керогена**).
- ГС имеют коричневую, коричнево-жёлтую, серую, оливково-серую окраску, листоватую или массивную текстуру.
- **Исходным материалом органического вещества горючих сланцев служила биомасса преимущественно низших водорослей (сапропелевые компоненты), в меньшей степени - высших растений (гумусовые компоненты) и частично животных организмов.**

- ✓ Нефтяной сланец (shale oil) – это тонкозернистые осадочные породы, содержащие минеральные вещества и большое количество керогена, который, в свою очередь, и представляет ценность, как углеводородное сырье.
- ✓ Сланцевая нефть (oil shale) – синтетическая нефть, добываемая из нефтяных сланцев при высоких температурах (более 500 °С).
- ✓ Нефть непроницаемых пород (tight oil) – нефть, содержащая в сланцах и других низкопроницаемых породах, добываемая, методами мультисдадийного гидроразрыва пласта.



Распределение тяжелых нефтей, природных битумов и сланцевой нефти на территории РФ



Сланец одновременно является и материнской породой и коллектором.

Залежи сланцевого газа не нуждаются в покрышках.

Слои сланца иногда имеют трещиноватость, так же в сланцах встречаются пустоты, образовавшиеся в процессе отложения или за счет разложения органики.

Газ содержится в капиллярах тонкодисперсных пород, поэтому он трудноизвлекаем +он там находится при низком давлении.

**Извлекаемость сланцевого газа крайне низка - около 0,1.
Максимум - 0,2.**

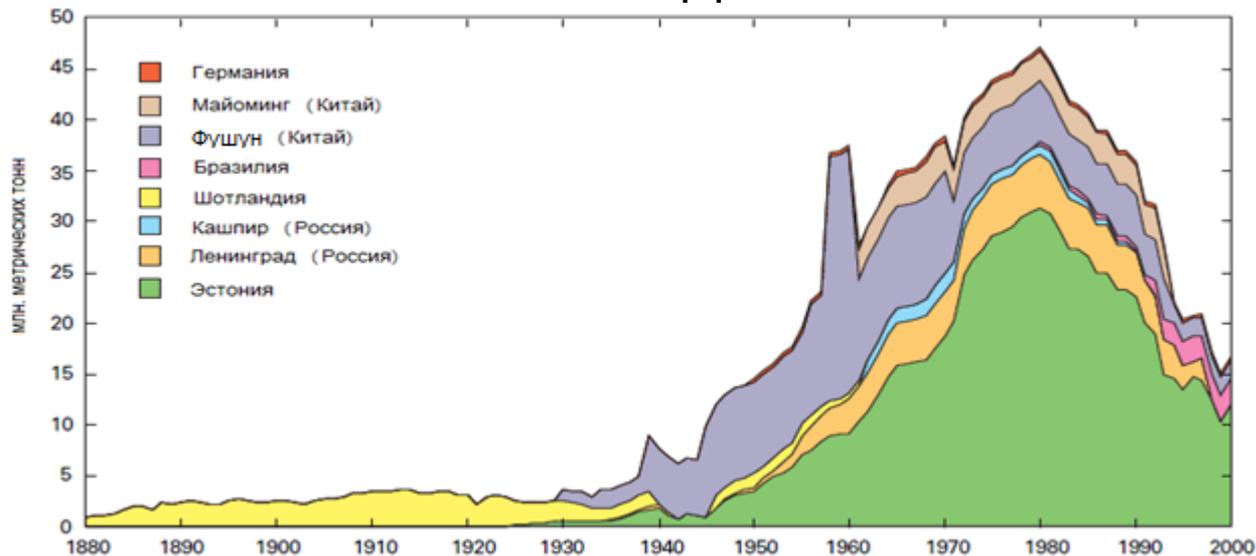
То есть, из месторождения с доказанными запасами в миллиард кубов вы извлечёте не более 100 миллионов кубов.

Виды жидких углеводородов, добываемых из сланцев

- Традиционно разработка месторождений сланцев всегда была связана только с неглубокими формациями, в которых содержится **не нефть, а кероген**. Но есть и нефтенасыщенные сланцы – породы вступившие в стадию главной фазы нефтеобразования – залегают на глубинах более 2 км.
- **Сланцевое масло** – продукт термической возгонки горючих сланцев (при пиролизе), является в том числе сырьем для получения синтетического топлива (Китай, Эстония, Бразилия). Максимальный коэффициент извлечения синтетической нефти при существующих технологиях составляет 25%. Разрабатывается как на поверхности так и в пласте.
- **Сланцевая нефть** (добывается непосредственно из пластов)

История добычи сланцев

- «И стали у них кирпичи вместо камней, а земляная смола вместо извести». *Библия, Ветхий Завет, Глава 11, 3*
- В 3000г до н.э. нефтяные сланцы применялось в Месопотамии для строительства дорог и в архитектуре. Сланцы использовались в Греции, Византии и Риме. Нефтяные сланцы применялись для изготовления лекарств и в военных целях.
- В 1837 году началось промышленное и коммерческое использование нефтяных сланцев во Франции.
- В США промышленная добыча нефтяных сланцев началась в 1857 году в долине реки Огайо.
- В середине XIVв первые записи о переработке нефтяных сланцев в сланцевую нефть были зафиксированы в Швейцарии и Австрии.
- С начала XX в. добыча сланцевой нефти росла, однако традиционная нефть оставалась экономически эффективнее.



История коммерческой добычи сланцевой нефти с 1880 по 2000 гг
Источник: USGS

- ✓ Нефтяной сланец (shale oil) – это тонкозернистые осадочные породы, содержащие минеральные вещества и большое количество керогена, который, в свою очередь, и представляет ценность, как углеводородное сырье.
- ✓ Сланцевая нефть (oil shale) – синтетическая нефть, добываемая из нефтяных сланцев при высоких температурах (более 500 °С).
- ✓ Нефть непроницаемых пород (tight oil) – нефть, содержащая в сланцах и других низкопроницаемых породах, добываемая, методами мультисдадийного гидроразрыва пласта.



Сланцевая нефть (Shale oil) - это

- **нефть, которая добывается из сланцевых залежей, которые образовались много лет из растительных и животных остатков и находятся в твердом или в жидком состоянии. или из других пород с очень низкой проницаемостью, путем добычи сланцев шахтным способом с последующей его переработкой на специальных установках- ретортах или непосредственно из пласта путем бурения горизонтальных скважин с последующими множественными гидроразрывами данного пласта, что приносит непоправимый вред экологии окружающей среды.**

Какая сланцевая нефть бывает:

- 1. Собственно нефть, добываемая непосредственно из сланцев (первичная)
- 2. Синтетическая нефть (сланцевое масло) – добывается при прогреве (крекинге - ретортинге) сланцев:
 - а) на поверхности (при карьерном способе добычи сланцев) – **поверхностный ретортинг.**
 - б) непосредственно в пласте (прогрев, пропаривание, внутрипластовое горение) – **подземный ретортинг**

Ресурсы нефтеносных сланцев

- Горючие сланцы известны не менее **чем в 40 странах**, однако географическое распределение принципиально отличается от обычной нефти: **больше всего нефтеносных сланцев в Северной Америке, Европе и Азии, в то время как на Ближнем Востоке они присутствуют только в Израиле и Иордании.**
- **Абсолютный мировой чемпион — США**, где по разным оценкам находится **70–80% мировых ресурсов** нефтеносных сланцев. В 2010 году установленные ресурсы сланцевой нефти в США составляли **3700 млрд баррелей (537 млрд тонн)**. Около 80% всех сланцев США приурочены к **формации Грин-Ривер**. Извлекаемые запасы нефти Грин-Ривер оцениваются в диапазоне от 500 до более 1000 млрд баррелей, что в **4–10 раз больше доказанных запасов обычной нефти в США.**
- За США с большим отрывом следует **Китай** с запасами **48 млрд тонн**, далее **Россия с 35 млрд тонн.**
- **Всего в этих странах сосредоточено 90% мировых ресурсов горючих сланцев.** Следующий уровень — **Италия (10 млрд тонн)** и **Бразилия (11,7 млрд тонн)**, в остальных странах ресурсы определяются однозначными цифрами.
- **Таким образом, 93% мировых ресурсов сосредоточено на территории пяти стран.**

Сланцевая нефть в США

- До недавнего времени добыча сланцевой нефти была бы экономически нецелесообразна.
- Согласно оценкам Геологической службы США, сделанным в 2008 году, только на месторождении **Баккен (Bakken)** в Северной Дакоте и штате Монтана насчитывалось около **4,3 млрд баррелей извлекаемых запасов** нефти. В 2005 году на этом месторождении добывалось **3 тыс. баррелей** нефти в день. На сегодняшний день **добыча составляет 400 тыс. баррелей** в день, а к 2020 году объем добычи может быть увеличен **до 1 млн баррелей в день**.
- Добыча в **районе Игл Форд на юге Техаса** в настоящее время составляет **100 тыс. баррелей в день**. Ожидается, что к 2015 году объем увеличится **до 450 тыс. баррелей в день**. С мая по июнь 2011 года было пробурено около **3 тыс. скважин**.
- Недавнее исследование IHS CERA показало, что **залежи сланцев** могут содержать **до 17 млрд баррелей нефти**.
- Ожидается, что к концу текущего десятилетия объемы добычи могут **быть увеличены на 25%** или приблизительно до **2 млн баррелей в день**.
- **Именно из-за дополнительного предложения нефти американская марка WTI сейчас стоит дешевле европейского сорта Brent на 15-20 \$/баррель.**

США

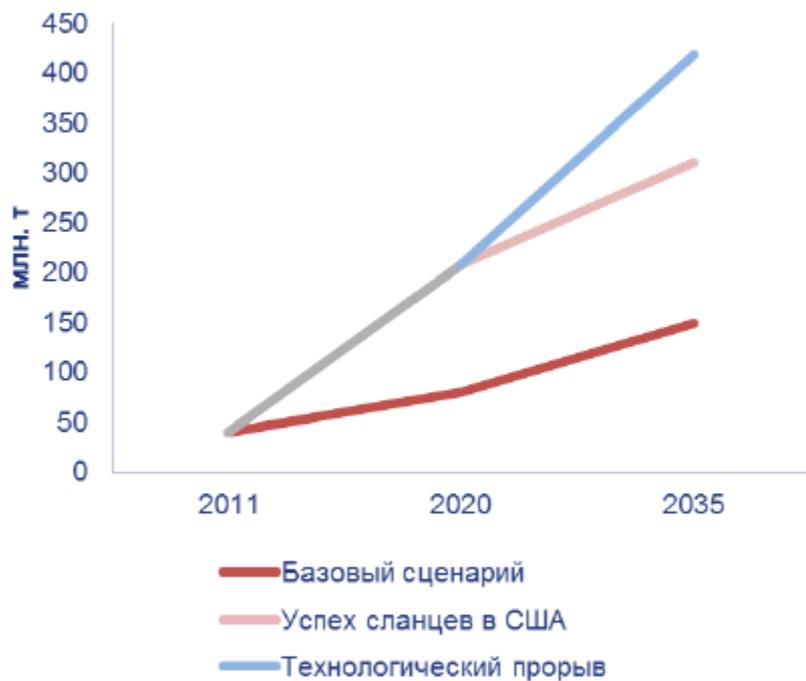
- К концу 2010 года добыча нефти из сланцев Bakken достигала 458 тыс. баррелей в сутки. В Северной Дакоте добыча нефти из сланцев Bakken ежегодно почти удваивается: она выросла с 28 млн баррелей в 2008 году до 50 млн баррелей в 2009-м и до 86 млн баррелей в 2010 году.
- В 2008 году USGS (Геологическая служба США) опубликовала отчет по формации Bakken, в котором технически извлекаемые запасы неоткрытой нефти оцениваются в 3–4,3 млрд баррелей (400–580 млн тонн). Эта цифра в 25 раз превосходит оценку USGS, сделанную в 1995 году.
- По мнению экспертов, общие запасы нефти формации Bakken, **извлекаемые и неизвлекаемые**, составляют **18–24 млрд баррелей (2,5–3,3 млрд тонн)**. Буровая активность потребовала пересмотра официальной оценки USGS, сделанной в 2008 году. В мае 2011 года Министерство внутренних дел США сообщило, что USGS приступает к переоценке потенциала формации Bakken. Работа будет завершена через два года.
- по оценкам Университета Техаса, сланцевое месторождение **Eagle Ford** может **оказаться крупнейшим наземным нефтяным месторождением США**, с извлекаемыми запасами от 7 до 10 млрд. барр.

Проблемы сланцевой отрасли нефтедобычи

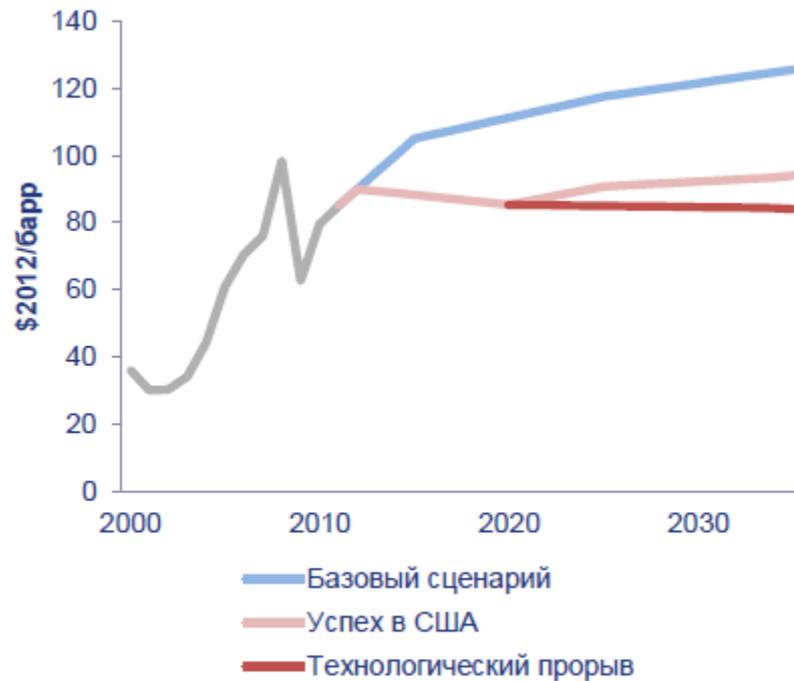
- **Не все части месторождения сланцев пригодны для разработки** - по данным Shell, экономически целесообразна добыча лишь на наиболее богатых месторождениях, с содержанием нефти от 90 литров на тонну сланца, кроме того толщина пласта должна составлять не менее 30 метров. Лишь 32% запасов сланцевой нефти сосредоточено в месторождениях с содержанием нефти в 90 и более литров на тонну.
- **Экологические проблемы** – те же, что и для сланцевого газа (гидроразрыв, реагенты, метан, землетрясения, чрезмерное потребление воды и проч.).
- **Технологии прогноза и моделирования флюидодинамики в глинистых коллекторах еще плохо разработаны.**
- **Научные основы прогнозирования** и выявления наиболее богатых скоплений нефти в сланцах **только разрабатываются** (хотя шанс получить сухую скважину при разработке сланцев меньше, чем при поиске ловушек традиционного типа).

Прогнозы перспектив сланцевой нефти

Прогноз добычи нефтяных сланцев до 2035 г



Динамика изменения балансовых цен на нефть

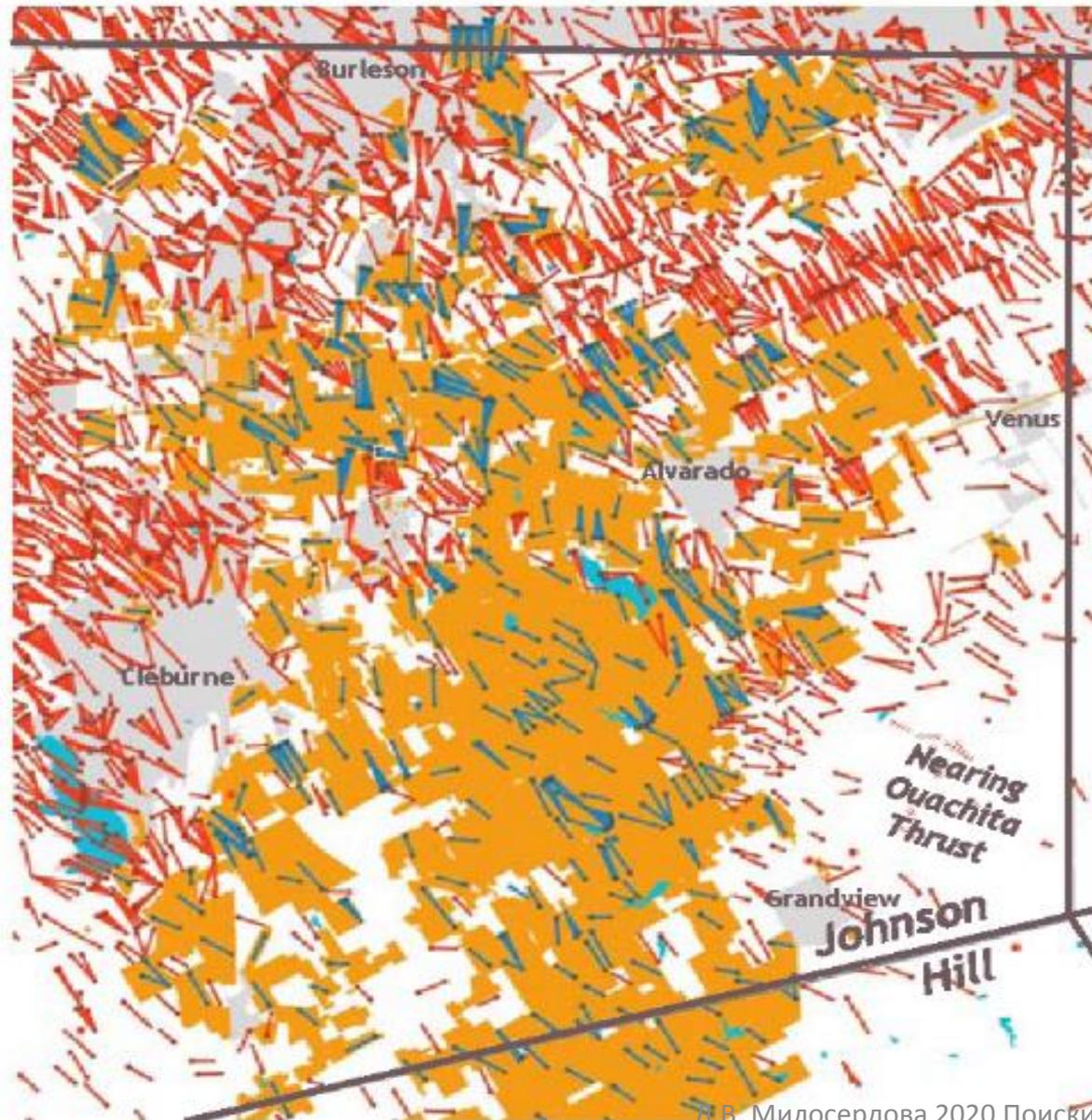


Плотность бурения на Barnett Shale

На территории 116 000 акров пробурено более 900 горизонтальных скважин.

Серым показаны территории городов, голубым – озера.

Для гидроразрыва используется **более 200 различных реагентов**



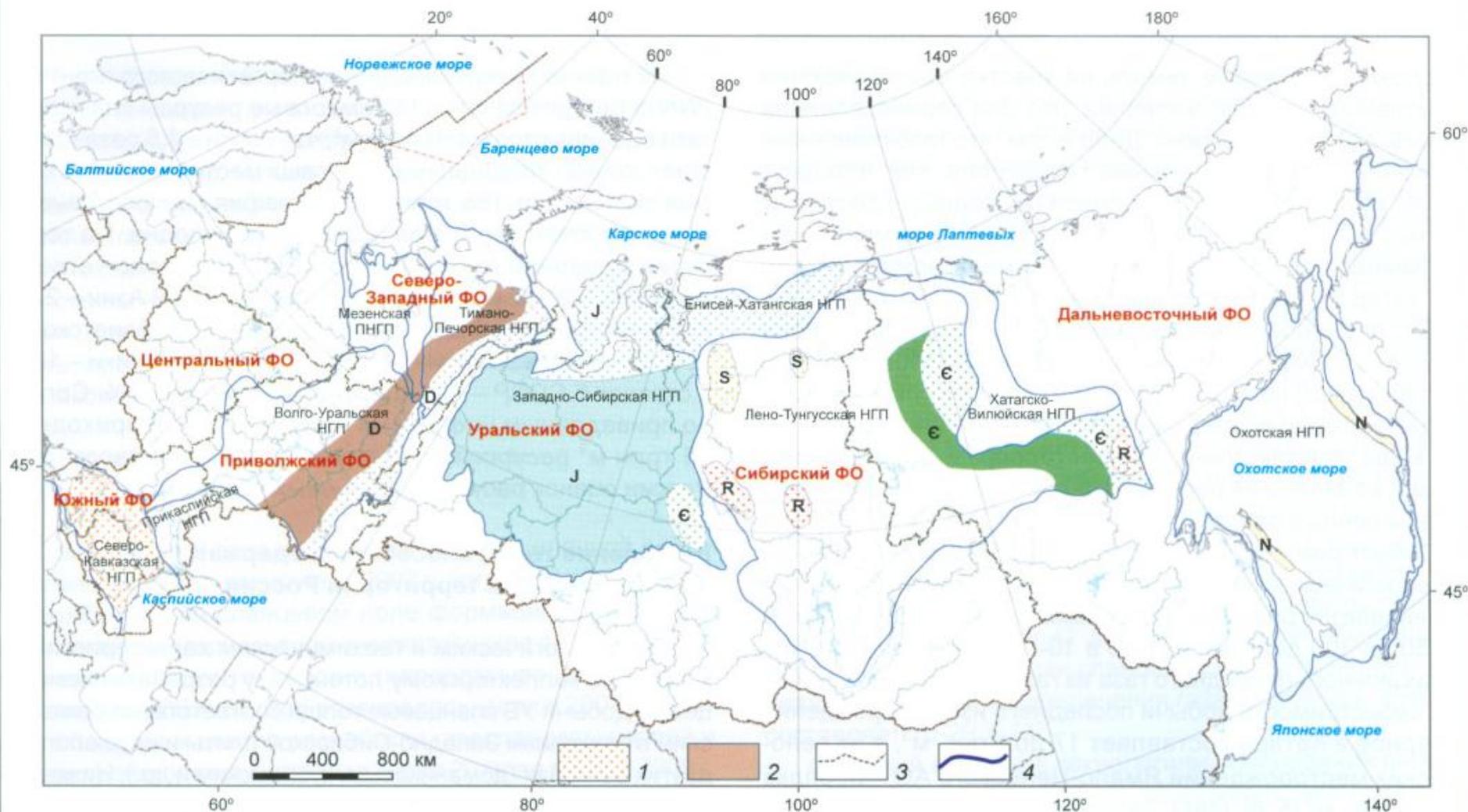
Сланцевый газ

- Сланец (по-английски – claystone или shalestone) является горной породой, которая состоит из глинистых (смектит, иллит, гидрослюда и др.) и неглинистых минералов (кварца, полевых шпатов, карбонатов) – аргиллиты, алевролиты, сланцы.
- Содержание глин в газосодержащих сланцах не должно превышать 50 %, иначе сланец будет подвержен пластичным деформациям, а значит, не сможет образовывать трещины, которые являются основными путями миграции газа, т.е. определяют его проницаемость.
- Количество органического вещества должно превышать 1 %, чтобы генерировать промышленные газовые скопления.
- Пористость должна составлять не менее 3 %, для того чтобы сланец содержал достаточные для разработки объемы газа.
- Степень зрелости ОВ должна соответствовать поздним стадиям нефтеобразования, стадии жирного газа или главной стадии газообразования ($R_o > 1.0$).

Особенности состава и свойств сланцевого газа

- Низкое давление и **низкое газосодержание** – в среднем **2-8 м³(газа)/т(породы)**.
- **Теплотворная** способность сланцевого газа **в 2 раза ниже**, чем у природного - 0,57 против 1,17.
- **Высокое содержание вредных примесей** - углекислого газа, азота, аммиака, сероводорода.
- **Сланцевый газ нельзя напрямую использовать в теплоэлектростанциях и в промышленности**. Он пригоден только для бытовых целей - причём в небольшом радиусе вокруг места добычи.
- Собственно, в США так и происходит - **сланцевый газ закачивается в баллоны и развозится по домохозяйствам** - централизованной подачи газа вне городов там нет, газ используется как баллонный.

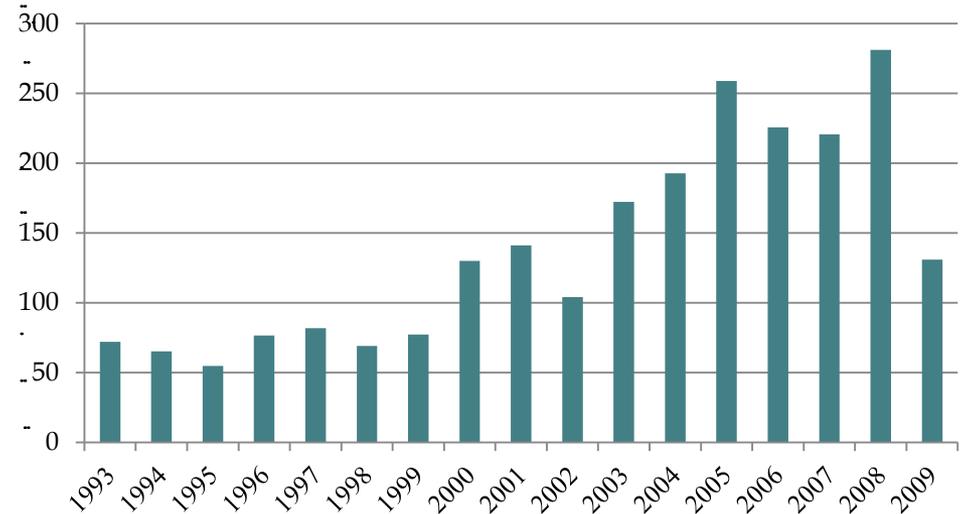
Рис. 2. Схема распространения на территории России толщ (свит), способных содержать сланцевые УВ



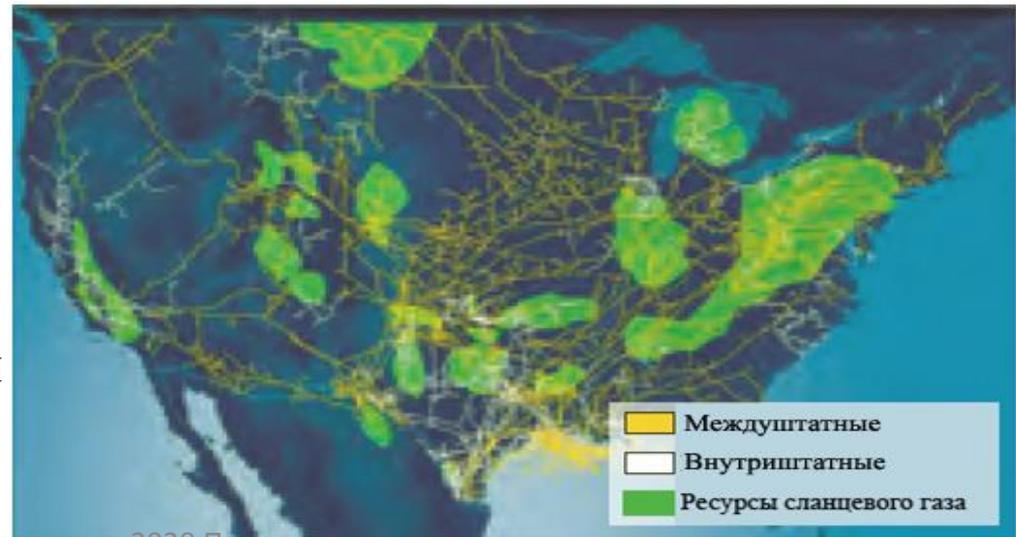
Цветом показан возраст толщ согласно геохронологической школе (см. таблицу), крапом – газовое насыщение, заливкой – нефтяное.
 Для примера: доманиковые отложения девонского возраста: 1 – с газовым насыщением, 2 – с нефтяным насыщением; 3 – границы федеральных округов (по состоянию на 01.01.2010 г.); 4 – границы нефтегазоносных провинций (НГП)

Причины роста добычи сланцевого газа

- **истощение месторождений традиционного газа с низкой себестоимостью добычи**
- **развитие технологий добычи, накопленный опыт**
- **низкая себестоимость и высокая скорость геологоразведочных работ по сравнению с традиционным газом**
- **близость месторождений сланцевого газа к районам потребления и уже существующей транспортной инфраструктуре**
- **высокие цены на газ на мировом и региональном газовом рынке в 2004- 2008 гг.**



Средняя устьевая цена на газ в США долл. за тыс. куб. м.



Предпосылки для добычи сланцевого газа

Несмотря на низкое качество сланцевый газ представляет значительный интерес, т.к. он имеет:

- **Значительные прогнозируемые запасы.**
- **Проекты скважин на сланцевый газ – малорискованные, практически любая скважина дает приток газа.**
- **Большинство сланцевых месторождений находится в районах с развитой инфраструктурой.**
- **Месторождения сланцевого газа есть у стран-импортеров газа (что обеспечивает их энергонезависимость, т.е. является национальным и стратегическим приоритетом).**

Качественные параметры газоносных сланцев

- Сланец (по-английски – claystone или shalestone) является горной породой, которая состоит из глинистых (смектит, иллит, гидрослюда и др.) и неглинистых минералов (кварца, полевых шпатов, карбонатов) – аргиллиты, алевролиты, сланцы.
- Содержание глин в газосодержащих сланцах не должно превышать 50 %, иначе сланец будет подвержен пластичным деформациям, а значит, не сможет образовывать трещины, которые являются основными путями миграции газа, т.е. определяют его проницаемость.
- Количество органического вещества должно превышать 1 %, чтобы генерировать промышленные газовые скопления.
- Пористость должна составлять не менее 3 %, для того чтобы сланец содержал достаточные для разработки объемы газа.
- Степень зрелости ОВ должна соответствовать поздним стадиям нефтеобразования, стадии жирного газа или главной стадии газообразования ($R_o > 1.0$).

Технологии разработки

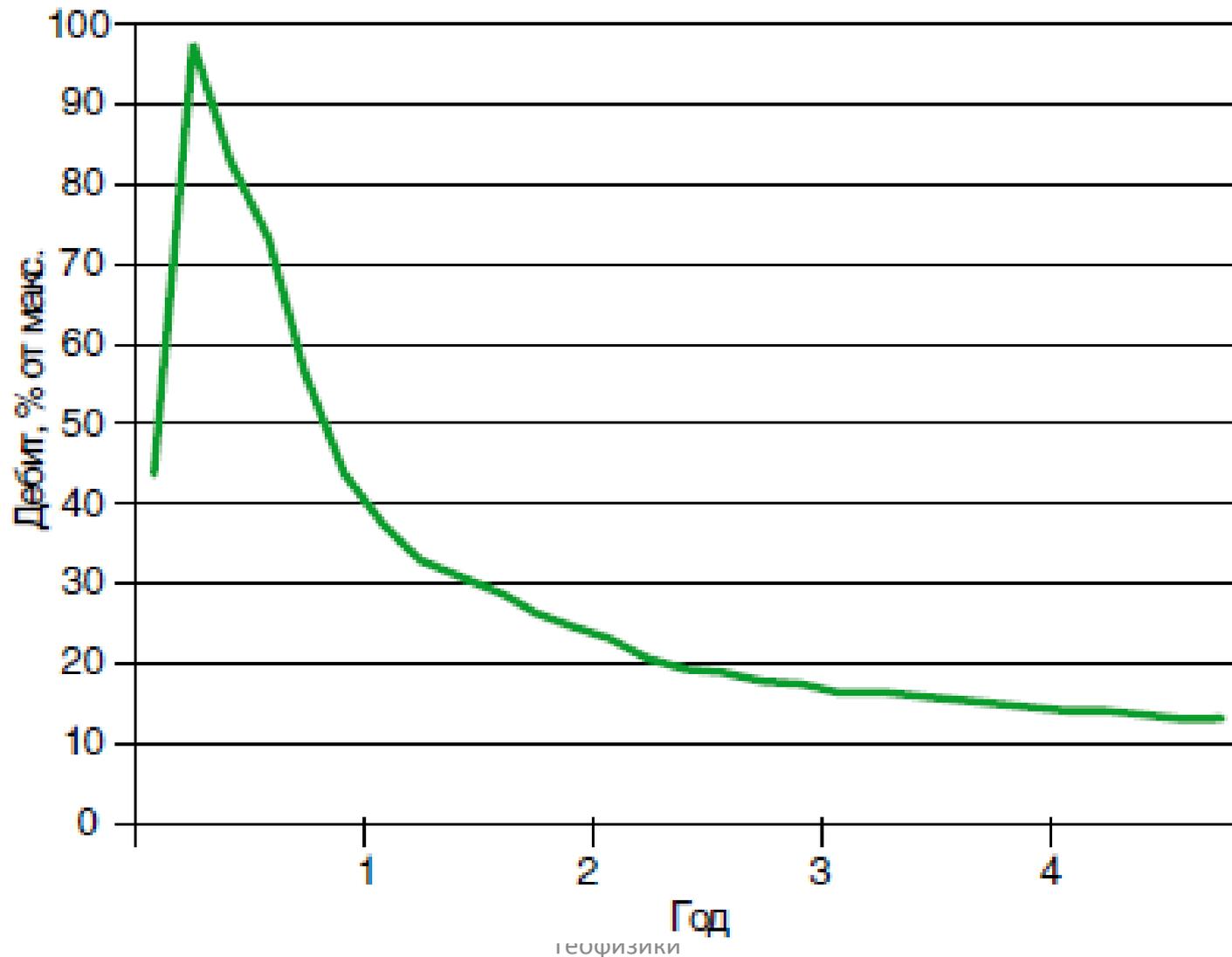
- Основная технология – горизонтальное бурение+гидроразрыв



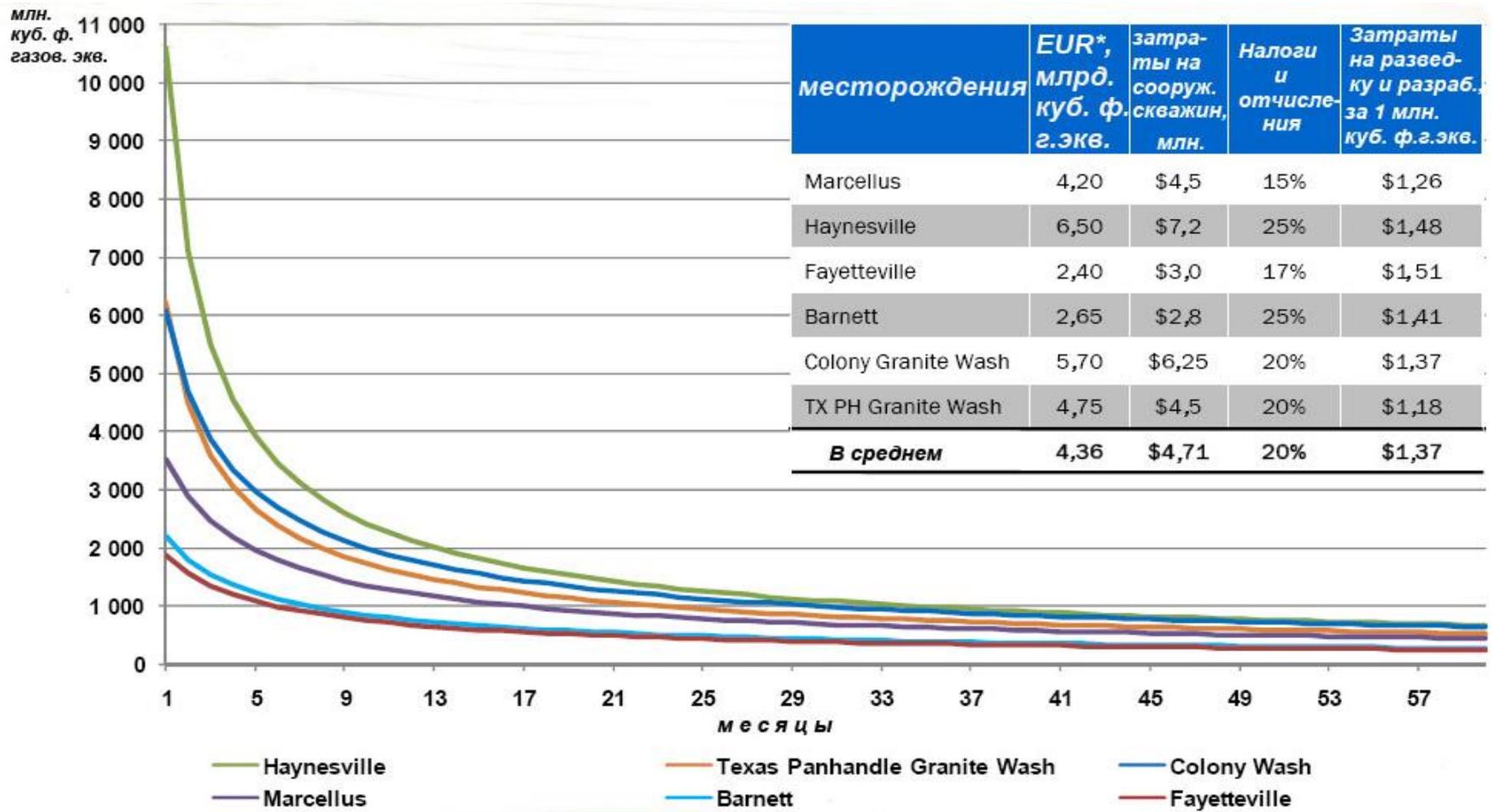
Технологии добычи

- Для добычи сланцевого газа не подходят стандартные методы, так как газ в пласте содержится в **очень небольших количествах** (0,2 — 3,2 млрд куб. м./кв. км).
- Поэтому подготовка скважины к добыче производится в несколько этапов:
 - 1) **вертикальное бурение до пласта;**
 - 2) **горизонтальное бурение по пласту в нескольких направлениях;**
 - 3) **ступенчатый гидроразрыв пласта.**
- **Ступенчатый гидроразрыв** пласта подразумевает под собой закачивание в скважину специальной жидкости (99,9 процента воды; 0,1 процента химикатов), которая позволяет вскрыть максимальную полезную площадь в пласте. При том воды требуется огромное количество, примерно 8000000 галлонов на одну скважину, что делает невозможной добычу в районах, находящихся далеко от природных источников воды.
- **Сейчас наряду с гидроразрывом пласта начали пользоваться методом безводного разрыва.** Здесь вместо воды используется **специальный гель из сжиженного пропана.**

Типичный профиль добычи из скважины, пробуренной на сланцевый газ



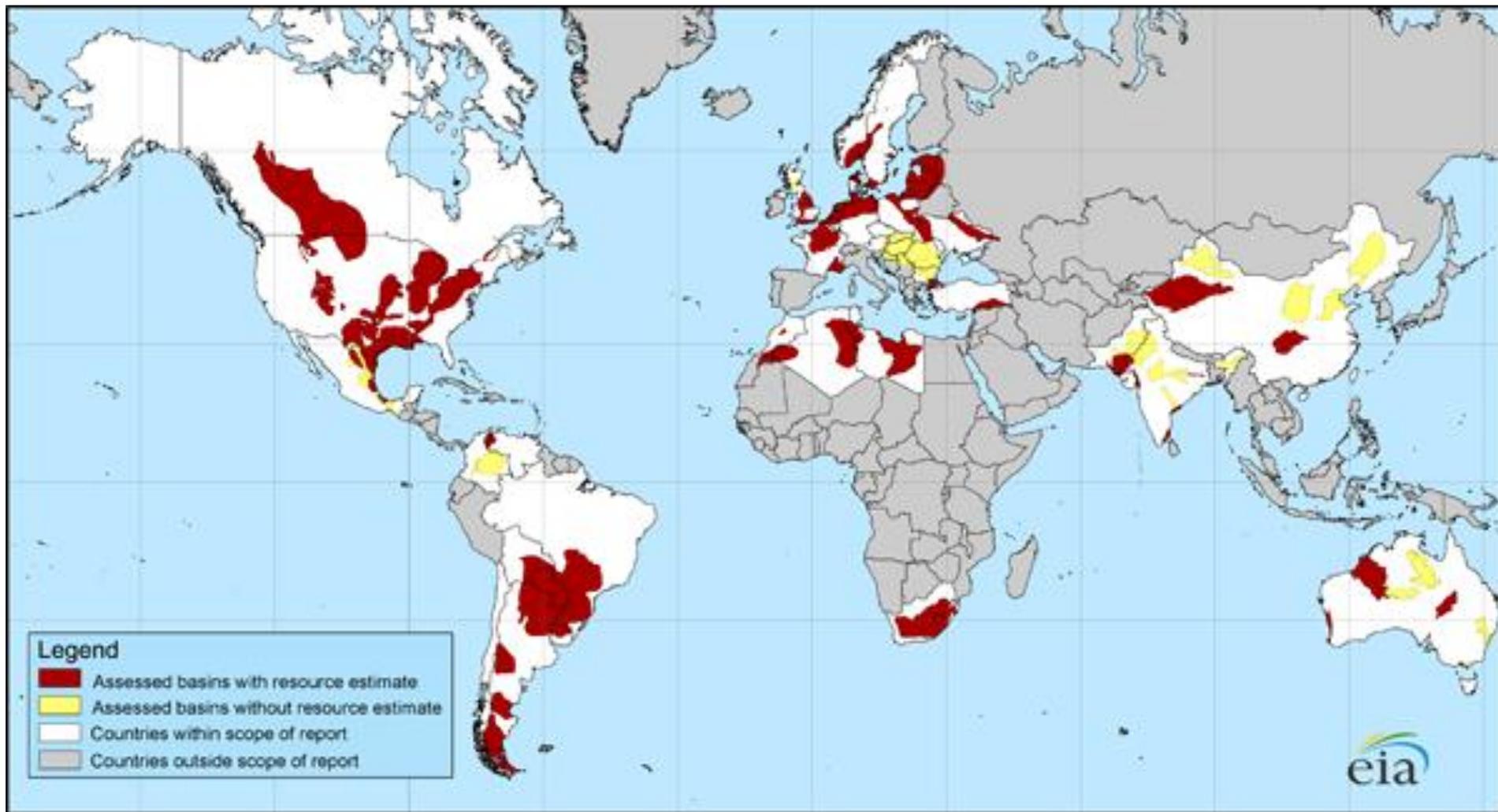
Снижение продуктивности скважин на сланцевых месторождениях, млн. куб. ф. газов. экв./день



* - EUR - estimated ultimate recoverable - оценочные извлекаемые запасы горизонтальных скважин

- Обычно стоимость разработки сланцевого газа выше в связи с необходимостью горизонтального бурения и применения массивного ГРП
- В среднем скважина имеет 4000-футовый горизонтальный рукав и требует 10-ти ступенчатый ГРП (одна ступень 400 футов)
- Высокая стоимость добычи оправдывается низкими рисками. Более 90% пробуренных скважин - рентабельны; только 2% - сухие (в основном из-за механических повреждений)

География сланцевого газа



NB:

- Опыт добычи сланцевого газа еще небольшой.
- Недостаточно информации для построения динамических моделей поведения газа в пластах.
- Нет полной ясности каким будет окончательный коэффициент газоотдачи и каких средств это будет стоить.
- Срок жизни сланцевой скважины около 10 лет (традиционной скважины – 30-40 лет)

Сдерживающие факторы

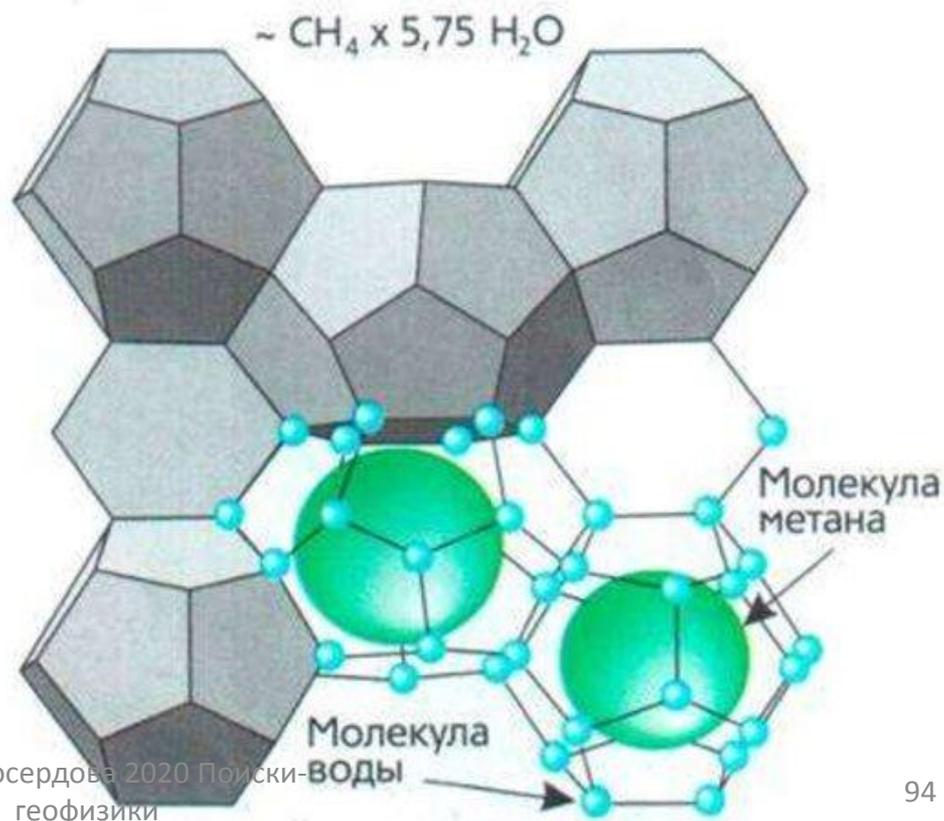
- **малая газонасыщенность пород.**
- **низкая проницаемость сланцев**
- **скорости бурения по сланцам ниже, чем по др. осадочным породам.**
- **объемы залежи, осваиваемой одной скважиной невелики.**
- **необходимо использование дорогостоящих технологий интенсификации добычи (гидроразрыва).**
- **экологические проблемы.**

Экологические проблемы

- **Состав закачиваемых реагентов известен не всегда.** Только сейчас правительство США работает над проектом законов, обязывающих компании раскрывать их состав.
- Все **отходы бурения** (смесь метана; химикатов, закаченных при разработке пласта и органических соединений) на данный момент просто **сжигаются**. Полученный смог является не только сильным **парниковым газом, но и мощным канцерогеном**. По заявлению экологов, в населенных пунктах, находящихся недалеко от бурительных скважин, наблюдается значительное увеличение онкологических заболеваний у людей и животных.
- При неглубоком залегании разрабатываемого пласта (200-500м) **возможно загрязнение грунтовых вод**, в следствие проникновения в них при гидроразрыве метана и химикатов.
- **Локальные землетрясения**, вызываемые деформацией пород при закачке в них жидкости во время гидроразрыва.
- **Потребление водных ресурсов** (на гидроразрыв)

Газогидраты

Гидраты газов представляют собой твердые соединения (клатраты), в которых молекулы газа при определенных давлении и температуре заполняют структурные пустоты кристаллической решетки, образованной молекулами воды с помощью водородной связи.



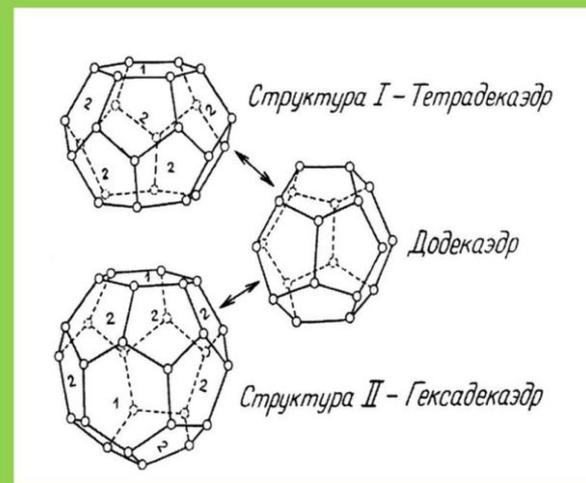
ГАЗОВЫЕ ГИДРАТЫ – ТОПЛИВО БУДУЩЕГО?

Газовые гидраты - твердые кристаллические вещества, внешне напоминают спрессованный снег.

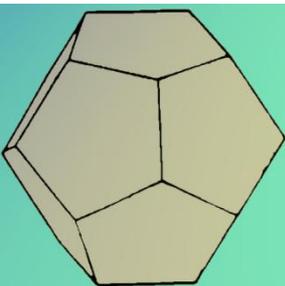
Кристаллическая решетка этих веществ построена из молекул воды, во внутренних полостях которых размещены молекулы газа, образующего гидрат. Они удерживаются водородными силами. Они часто имеют характерный запах природного газа, и могут гореть. Единичный объём газового гидрата может содержать до 160—180 объёмов чистого газа. Они легко распадаются на воду и газ при повышении температуры. Плотность изменяется в пределах 0,908-0,917 г/см³ в зависимости от типа структуры газогидрата и заполненности ее полостей метаном, газогидраты подобно льду цементируют породы и заметно увеличивают их механическую прочность.

В структуре газогидратов молекулы воды образуют ажурный каркас (то есть решётку хозяина), в котором имеются полости. Эти полости могут занимать молекулы газа («молекулы—гости»).

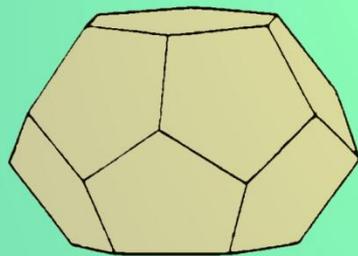
Л.В. Милосердова 2020 Поиски-геофизики



Структуры газогидратов

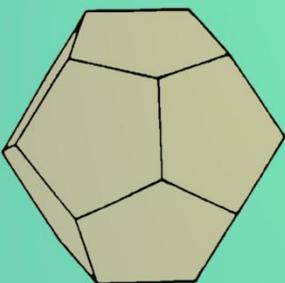


5^{12}

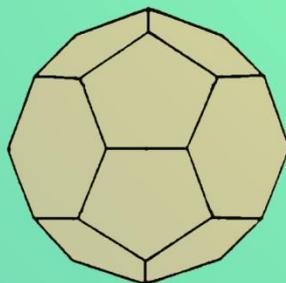


$5^{12} 6^2$

Type I

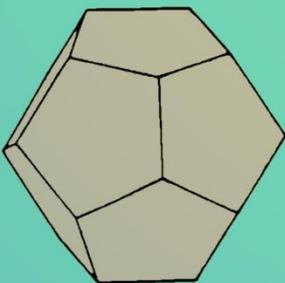


5^{12}

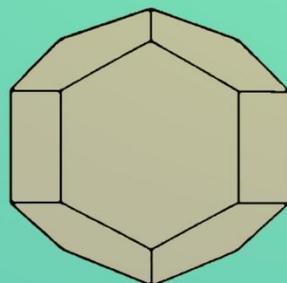


$5^{12} 6^4$

Type II

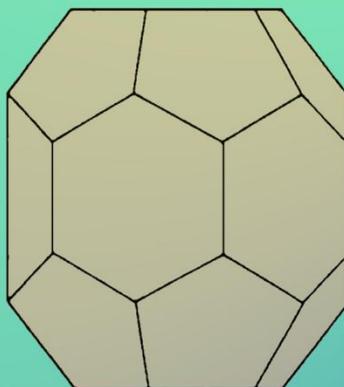


5^{12}



$4^3 5^6 6^3$

Type II

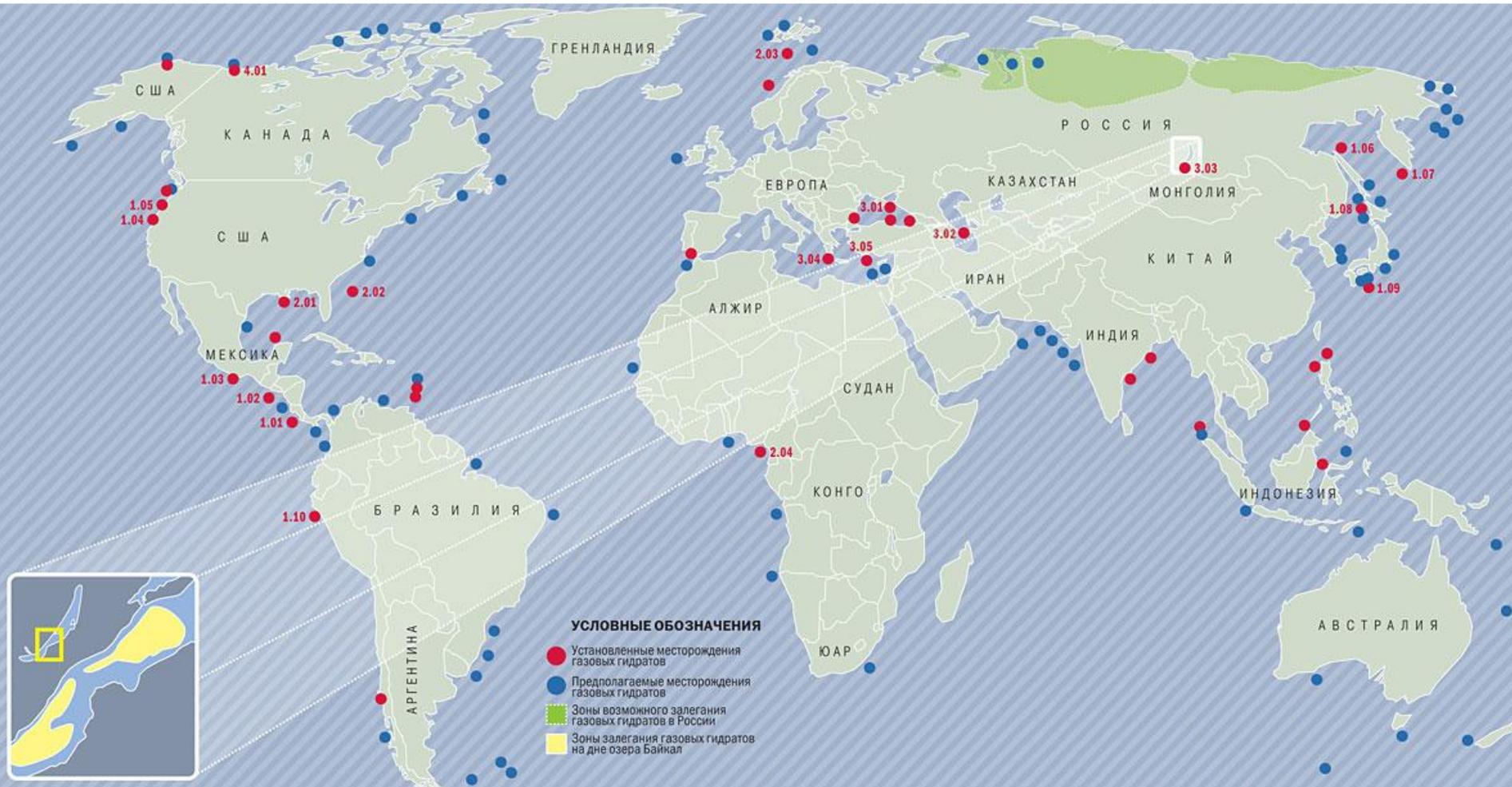


$5^{12} 6^8$

иски-



Газогидраты



Газовые гидраты

Классификация газовых гидратов (по Е.С. Баркану и Г.Д. Гинсбургу)

Генетический тип	Описание	Примеры возможного распространения
Криогенный	Скопление гидрата, которое образуется в результате понижения температуры в уже существующей залежи газа	По геохимическим и геофизическим показателям предполагается, что газ в виде гидратов присутствует в Мессояхском месторождении в Красноярском крае
Седиментогенный	Формирование этого типа определяется сочетанием благоприятных термобарических условий и повышенных концентраций ОВ, которое является источником биогенного метана и других газов	Образуются на континентальных склонах и у подножий. К ним приурочена подавляющая часть известных проявлений гидратов на дне морей
Фильтрогенный	Формируется при фильтрации газа или газонасыщенной воды через зону, соответствующей термобарической стабильности кларатов	Образуется в осадочной толще в участках разгрузки флюидальной системы, например подводный грязевой вулканизм
Диагенетический	Формируется вследствие связывания с поровой водой газов, образовавшихся при диагенетических процессах. Имеет прямую связь с содержанием ОВ	Прогнозируются крупнейшие скопления кларатов именно этого типа (А.А. Трофимук, Н.В. Черский, В.П. Царев и др.)

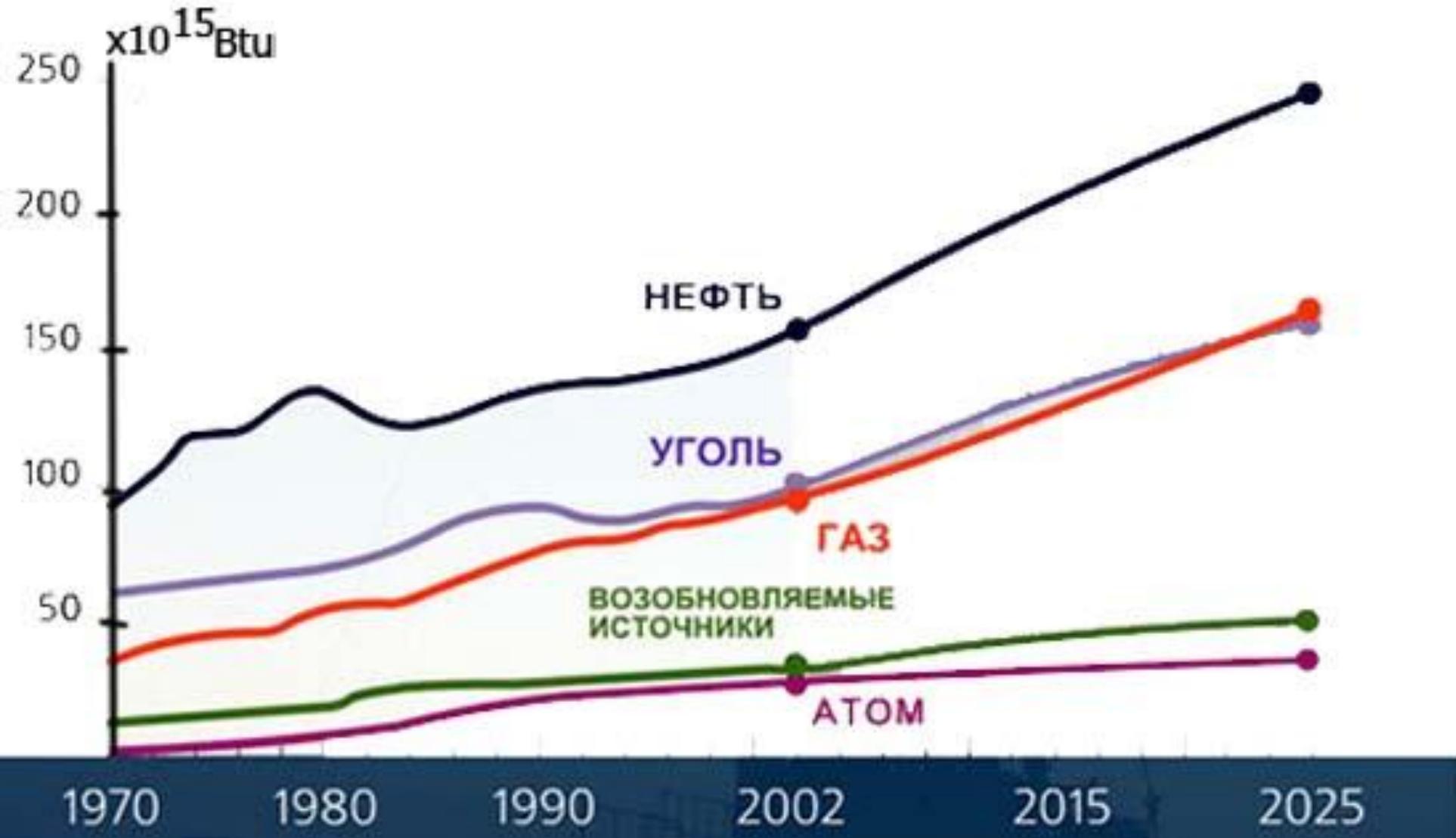
Оценки ресурсов природных газогидратов в мире колеблются: от 2,8 квадриллионов тонн по данным Минэнерго РФ до 5 квадриллионов тонн по данным Мирового энергетического агентства (МЭА). Большая часть ресурсов газогидратов находится в акваториях Мирового океана (у побережий Северной, Центральной и Южной Америки, Японии, Норвегии и Африки), и только около 2% - в приполярных частях материков.

Россия обладает собственными месторождениями газогидратов. Их наличие подтверждено на дне озера Байкал, Черного, Каспийского и Охотского морей, а также на Ямбургском, Бованенковском, Уренгойском, **Мессояхском** месторождениях. Разработка газогидратов на этих месторождениях не велась, а их наличие рассматривалось как фактор, усложняющий разработку конвенционного газа (в случае его наличия).

По оценкам Газпром ВНИИГАЗ, ресурсы метана в газогидратах на территории Российской Федерации составляют от 100 до 1000 трлн. кубометров, в арктической зоне, в том числе в морях, — до 600-700 трлн. кубометров.

Главные направления воспроизводства минерально-сырьевой базы нефти России.

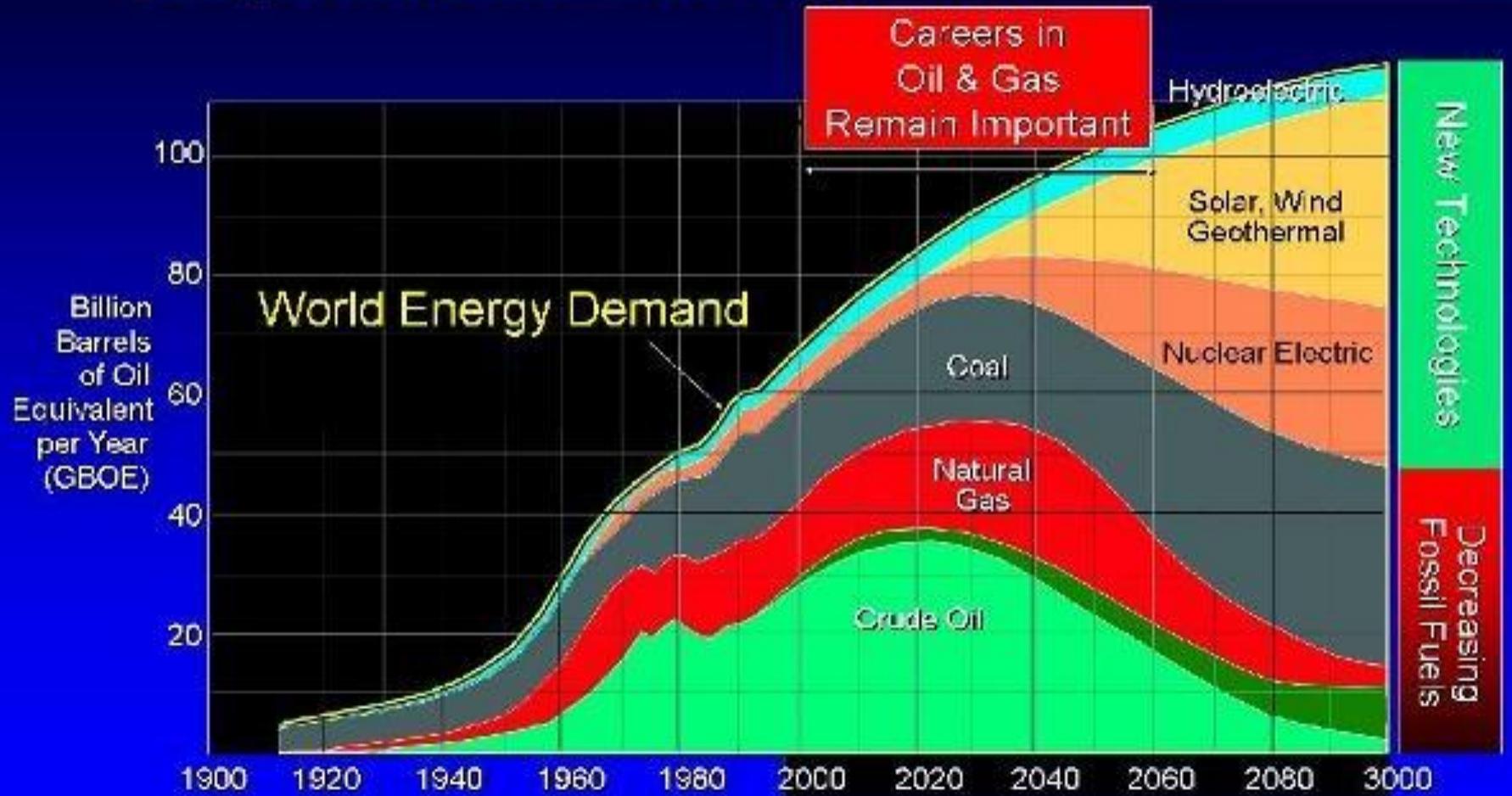
- 1) осадочные бассейны российского шельфа Северного Ледовитого океана;
- 2) слабо изученные провинции на суше (Лено-Тунгусская провинция);
- 3) крупные объекты, не введенные в разработку на севере Западной Сибири в Ямало-Ненецком АО, а также относительно глубокозалегающие отложения, включая юрские и ачимовские отложения;
- 4) уникальные ресурсы нефти нетрадиционных источников – баженовская свита;
- 5) рациональное использование остаточных запасов уникальных и крупных месторождений;
- 6) высоковязкие и трудноизвлекаемые месторождения Волго-Уральской и Тимано-Печорской провинций.
- 7) **поиски, разведка и разработка мелких, мельчайших и средних месторождений в традиционных нефтегазоносных бассейнах**



Динамика потребления энергии в мире

(по http://esco-ecosys.narod.ru/2007_2/art32_slajd_1.jpg)

Projected World Energy Supplies



after Edwards,
AAPG 8/97

...Вот теперь вы стали знать
Как же нужно нефть искать,
Получили представленье
О ее происхождении,
Знаете, что без буренья
Не найти месторожденья.
Что, конечно, нефть и газ
Бьют из недр не всякий раз...

... Основная суть морали:
Чтобы все вы нефть искали –
Если в поиск не пойдешь,
то и нефти не найдешь ...

Евгений Скобелин. Учение о нефти, 1967