

Н. П. Запывалов^{1}*

Нефтегазовая игла в XXI веке

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация
* e-mail: ZapivalovNP@ipgg.sbras.ru

Аннотация. Нефть и газ – это энергия, топливо и сырьё для многочисленных потребностей населения нашей планеты. Развитие нефтегазового дела, в том числе разведка и бережная эксплуатация месторождений углеводородов является первоочередной задачей человечества. В статье предлагается краткий обзор современного состояния нефтегазовых дел, в том числе и в России. Автор акцентирует особое внимание на результатах освоения месторождений нефти в Новосибирской области, первооткрывателем и научным руководителем которых был и А.А. Трофимук. В статье предлагается новая парадигма образования и динамики жизни нефтяной залежи. Отдельно рассматривается проблема рисков и неопределённостей в разведке и добыче.

Ключевые слова: нефтяная залежь, флюидопородная система, авторская парадигма, риски и неопределенности, новосибирская нефть

N. P. Zapivalov^{1}*

Petroleum Addiction in the 21st century

¹ Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk,
Russian Federation
* e-mail: ZapivalovNP @ipgg.sbras.ru

Abstract. Oil and gas has long been widely recognized as a source of energy, fuel and raw materials to meet numerous needs of the global population. Sustainable development of the oil and gas business, including exploration and innovative processing and careful exploitation of hydrocarbon deposits is a priority task of the mankind. The article offers a brief overview of current situation in the oil and gas industry, including Russia. The author focuses primarily on the results achieved throughout the development of oil fields in the Novosibirsk region (of which many were discovered by A.A.Trofimuk), where, due to their intensive exploitation, oil production potential is reducing. A novel approach to the processes of oil formation, and a new paradigm of the evolution of an oil deposit and its life cycle are considered. On a separate note, the author takes a look at uncertainties in petroleum exploration and production.

Keywords: living fluid-rock (self-organizing) system, risks and uncertainties, residual oil, rehabilitation cycles, oil in Novosibirsk region

Введение

Нефть и газ – это энергия, топливо и сырьё для различных потребностей людей. Совсем недавно, в самом начале 21 века были призывы «слезть с нефтегазовой иглы». Но как бы человечество не стремилось к альтернативным источникам энергии, найти полноценную замену углеводородам пока не удается и в

ближайшие десятилетия вряд ли это изменится. Сейчас нефть используется в 2-5 раз больше, чем 30-40 лет назад.

В настоящее время нефть составляет около 33% мировых энергетических потребностей. Согласно «Статистическому обзору мировой энергетики» нефтегиганта British Petroleum должно хватить запасов нефти примерно до 2070 года.

Перечень стран лидеров по добыче нефти за 2022 г. представлен в табл. 1 (по данным bs-life.ru):

Таблица 1

Топ-5 стран по добыче нефти в мире, млн т

	Страна	Млн т
1	США	713
2	Россия	524
3	Саудовская Аравия	520
4	Канада	252
5	Ирак	202

Необходимость улучшения сырьевой базы не вызывает сомнений, что связано с расширением геологоразведочных работ. Это подчеркнул в своей работе [8] и к.э.н. В.В. Путин: «Для реализации государственной политики в области использования, охраны и воспроизводства минерально-сырьевых ресурсов следует предусмотреть предотвращение процесса истощения поисков разведочного задела прошлых лет путем усиления геологических исследований и геологоразведочных работ ... ».

Крупнейшие месторождения нефти в России

В Российской Федерации находится порядка десяти эксплуатируемых месторождений нефти с потенциальными запасами более 1 млрд тонн каждое. Из них крупнейшими являются следующие:

1. Самотлорское. Расположено в Нижневартовском районе Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО), в районе озера Самотлор. Предполагаемые геологические запасы нефти составляют 7,1 млрд тонн. Промышленная добыча ведется с 1969 года.

2. Ромашкинское в Республике Татарстан в Волго-Уральской провинции. Предполагаемые геологические запасы оцениваются в 5 млрд тонн. Доказанные и извлекаемые запасы – в 3 млрд т. Промышленное освоение ведется с конца 40-х годов XX века. Специалисты отмечают пульсирующее состояние скважин, которые периодически снова заполняются.

К настоящему времени в республике Татарстан были открыты более ста месторождений углеводородов, Ромашкинское нефтяное месторождение по-прежнему остается крупнейшим. На современном этапе планируется доразведка недр, внедрение новейших технологий – все это предполагает продлить добычу еще на несколько десятилетий (рис. 1). Согласно последним исследованиям ученых

(академик Р. Х. Муслимов и др.) нефть в месторождении постоянно подпитывается из глубин, а потому срок добычи удлиняется [7].

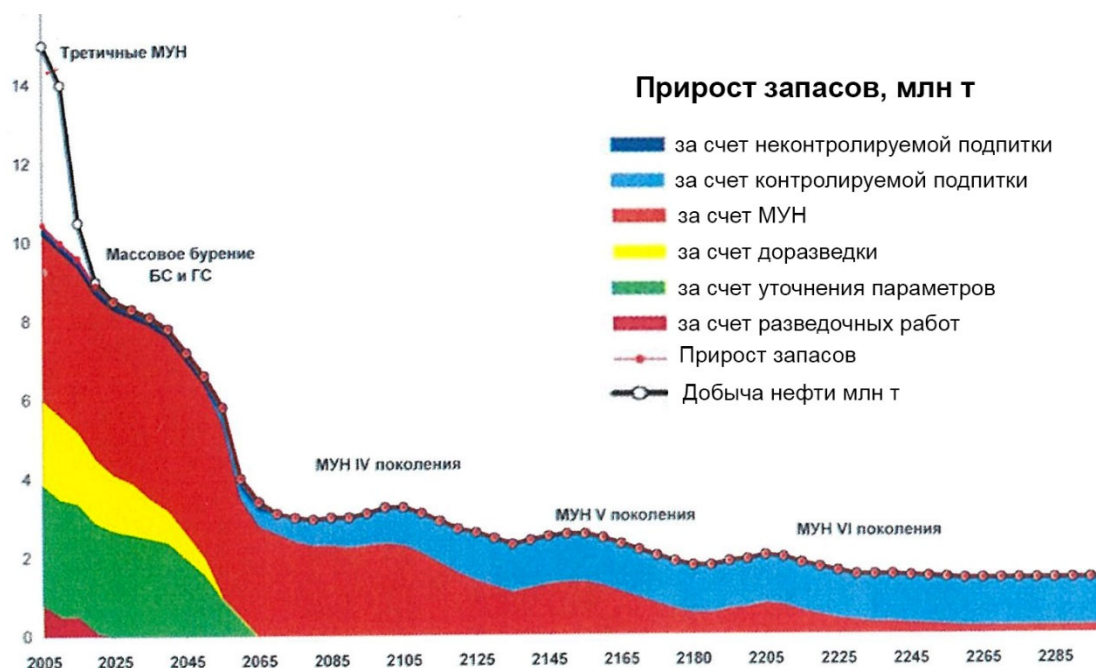


Рис. 1. Динамика добычи и воспроизводства запасов нефти по Ромашкинскому месторождению за счет подпитки с 2005 г.

3. Приобское. Расположено в ХМАО в районе села Селярово. Предполагаемые запасы составляют 5 млрд тонн. Добыча нефти ведется с 1988 года.

4. Федоровское в ХМАО, вблизи Сургута. Предполагаемые запасы – 2 млрд тонн. Промышленное освоение началось в 1973 году.

5. Лянторское. Находится в ХМАО на реке Пим вблизи города Лянтора. Предполагаемые запасы – 2 млрд тонн. Начало промышленного освоения – 1978 год.

Очевидно, что в результате интенсивной эксплуатации добычной потенциал месторождений сокращается. Так, в настоящее время Самотлор исчерпан более чем на 70%. Такая же участь ждет и другие месторождения.

Неопределенности и риски в современном нефтегазовом деле (разведка и добыча). Авторская парадигма

Как известно, поиски и разведка требуют больших капиталовложений, являются самым сложным и решающим этапом и имеют значительный процент риска. К тому же, огромное значение приобрел геополитический фактор.

Предлагается следующая символическая формула для описания этих рисков:

$$P = H + Ч + Г_1 + Г_2 + Г_3 + T_1 + T_2 + Э + К + Ф + П,$$

где **Н** – фундаментальная наука; **Ч** – человеческий фактор: профессионализм кадров всех уровней, включая менеджмент; **Г₁, Г₂, Г₃** – геологическая, геофизическая информация в полном объеме; **Т₁, Т₂** – техника и технология с учетом инновационных методик и систем эффективного управления производственными процессами; **Э, К** – экологические факторы, природные катастрофы; **Ф** – финансовые возможности; **П** – политические факторы. В зависимости от меняющихся обстоятельств некоторые из этих факторов могут оказаться определяющими. Каждый из них требует обновленной парадигмы.

Более 70 лет практической и научной работы в нефтяной геологии привели к следующим заключениям. Автор считает, что главным объектом нефтегазовых исследований является **флюидопородная система** – залежь нефти (эмерджентное скопление углеводородов) [1, 6]. Важным определяющим фактором является динамика состояния флюидопородной системы, зависящая от большого числа неопределенностей:

- Углеводороды встречаются повсеместно и будут всегда. Нефтегазообразование и распределение имеют очаговый характер [2]. Авторская парадигма состоит в том, что залежь нефти – это **живая флюидопородная система, состояние и параметры которой способны быстро изменяться в непрерывном режиме под действием природных и техногенных факторов в соответствии с законами спонтанной саморегуляции. Залежь нефти может сформироваться, расформироваться и вновь образоваться.** Запасы нефти и газа могут быстро восполняться либо за счет вновь образующихся углеводородных масс внутри системы, либо за счет дополнительного притока из других частей земной коры. Поэтому, как подтверждают данные в разных регионах мира, многие нефтегазовые скопления являются относительно молодыми [1, 5].

- Нефтегазонасыщенный пласт (объект) представляет собой **целостную систему двух взаимосвязанных подсистем:** породы (минералы) и флюиды (нефть, газ, вода). Флюидопородные системы весьма мобильны и реакционно-способны. В течение жизни и особенно в процессе разработки месторождений неоднократно и существенно меняются состав и свойства всех компонентов системы, флюидных и минеральных (метасоматоз); наблюдаются значительные изменения составов высокомолекулярных комплексов нефтей. Это четко показано на примере западно-сибирских месторождений, особенно Мамонтовского месторождения, пласт Б1, где с 1970 г. по 1993 г. наблюдались значительные изменения в содержании силикагелевых смол, асфальтенов и парафинов.

- Фрактальные свойства были изучены на примере Верх-Тарского месторождения (Новосибирская область) с использованием специальных характеристик временных рядов – размерности Хаусдорфа и показателя Херста.

- Флюидодинамические системы весьма мобильны и реакционноспособны. В зависимости от провоцирующих внешних воздействий они или относительно стабильны (равновесное состояние), или возмущены (неравновесное состояние). Возмущенная система обладает всеми признаками неупорядоченности (хаоса) [2].

- Активные техногенные воздействия являются, по существу, сильным возмущением квазиравновесной системы и существенно искажают ее природные

параметры. Если возмущение щадящее, то самоорганизующаяся система выравнивает это неравновесие. Длительное или интенсивное возмущение, значительно превышающее пороговое, уничтожает систему. Как следствие, падает пластовое давление, резко уменьшается дебит, обводняется пласт и изменяется его минералогический состав.

- Установлено, что критический порог возмущения флюидонасыщенной системы определяется величиной депрессии на пласт: $R_{пл} - R_{заб} \leq 5-8$ МПа.

- Формула энергетического состояния залежи: $dT/dP = 1/S_v$, где S_v – объемная плотность энтропии (энтальпия).

- Для восстановления энергетического потенциала системы требуются реабилитационные циклы [7].

- Сверхинтенсивная (насильственная) длительная выработка легкодоступных запасов нефти (Enhanced Oil Recovery) приводит к быстрому истощению и разрушению месторождений.

Многие из этих концепций отражены в многочисленных публикациях автора в России и за рубежом [1, 3, 10, 11].

Месторождения Новосибирской области

Примером нарушения естественных природных процессов является Верх-Тарское месторождение, которое было уничтожено за 15 лет ускоренной выработки активных запасов за счёт завышенных темпов добычи и неумеренного применения ГРП и заводнения (рис. 2). Геологоразведочные работы и бурение новых скважин на месторождениях в этом районе больше не ведутся.

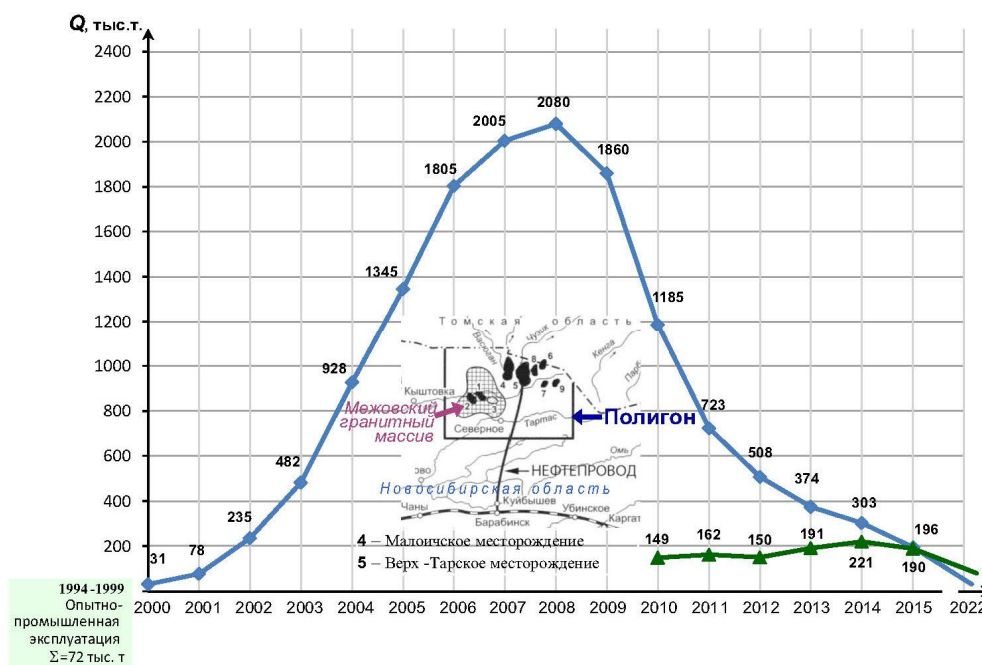


Рис. 2. Динамика добычи нефти на Верх-Тарском месторождении по годам
 Месторождения: 1 – Межевское; 2 – Восточно-Межевское; 3 – Веселовское (газовое);
 4 – Малоичское; 5 – Верх-Тарское; 6 – Ракитинское; 7 – Тай-Дасское;
 8 – Восточно-Тарское; 9 – Восточное

Верх-Тарское месторождение было закончено разведкой в 1973, в следующем 1974 году было открыто еще одно нефтяное месторождение в северном районе Новосибирской области – Малоичское в девонских карбонатных толщах. Суточный дебит нефти на данной площади превысил 400 т. Суммарная добыча составляла более 15 млн тонн из оцененных разведкой геологических запасов 50,1 млн тонн [2]. Зеленым на графике показана начавшаяся позднее добыча нефти на Малоичском месторождении из палеозоя. В 2015 г. добыча снизилась по сравнению с 2014 г. на 26%.

В дальнейшем снижение добычи продолжалось: по информации от компании «Новосибирскнефтегаз», объем добычи нефти за 2019 г. составил 114,4 тыс. тонн, в 2020 г. – 86,0 тыс. тонн (из них: Верх-Тарское – 63,1; Малоичское – 12,0; Восточно-Тарское – 10,9); в 2021 году планировалось добыть всего лишь 64,1 тыс. тонн (из них: Верх-Тарское – 45,5 тыс. тонн; Малоичское – 8,8; Восточно-Тарское – 9,8). К концу 2022 года на скважине Верхтарского месторождения были приостановлены работы.

Первая палеозойская нефть в Западной Сибири

Именно на Малоичском месторождении впервые в Сибири были открыты залежи палеозойской нефти, что стало первой ласточкой принципиально нового палеозойского нефтегазоносного этажа. Научное руководство этим направлением активно осуществлял и продвигал академик А.А. Трофимук.

В начале 1977 г., когда заканчивали опробование глубинного пласта в Малоичской скважине № 4 (рис. 3), автор находился по приглашению принимающей стороны в трехмесячной командировке в Пакистане для составления 5-летнего плана развития нефтегазовой отрасли. Написал из Карачи (морской порт Пакистана) письмо А.А. Трофимуку с просьбой содействовать эффективному опробованию палеозойских глубоких перспективных горизонтов. Андрей Алексеевич ответил:

Глубокоуважаемый Николай Петрович !

Вполне понимаю Вас ! Ваши волнения за судьбу Мало-Ичской № 4 беспокоят и меня.

Из интервала ниже башмака колонны получен небольшой приток нефти /почти конденсат/. Далее обнаружено, что нижние сто метров оказались перекрыты пробкой! Сейчас очищают скважину, чтобы вновь подтвердить наличие притока нефти. В этом случае место притока следует связывать с интервалом пробки. А это уже победа. После испытания интервал притока будут обрабатывать соляной кислотой. Главное же впереди. Это интервалы выше башмака колонны.

Ждем Вашего возвращения. Остальные вопросы будут положительно решены после победного испытания четвертой.

 А. Трофимук

03.02.77

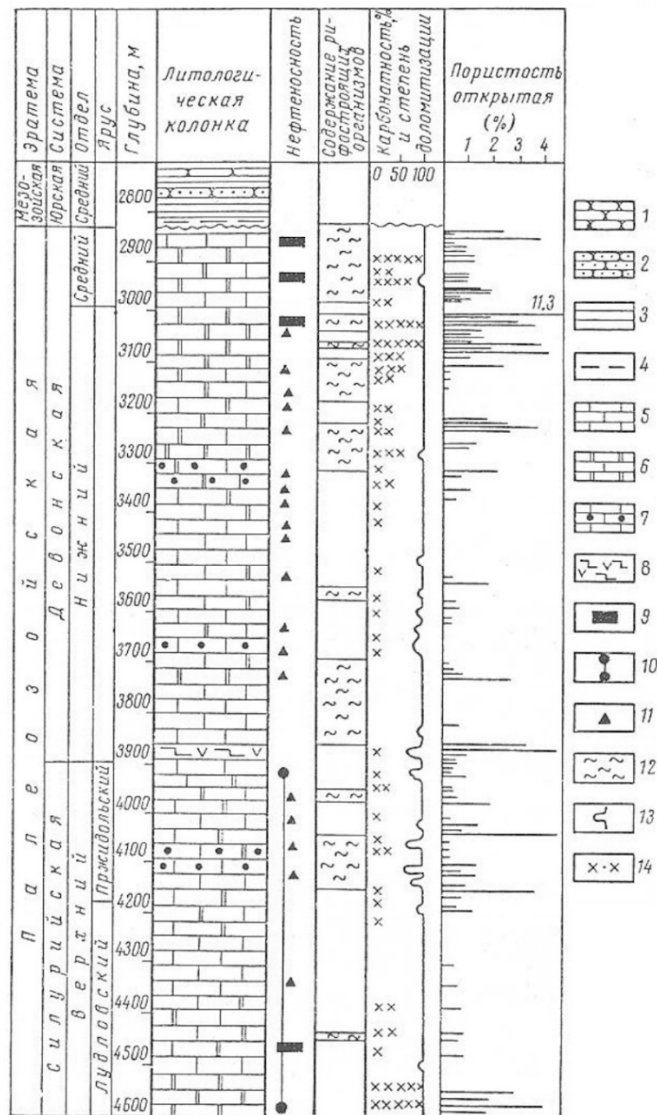


Рис. 3. Геологический разрез скважины 4 Малоичского месторождения

1 – песчаники; 2 – алевролиты; 3 – аргиллиты; 4 – угли; 5 – известняки; 6 – доломиты; 7 – битуминозные известняки; 8 – вулканогенные породы; 9 – промышленный приток нефти; 10 – приток нефти (опробование в открытом стволе); 11 – признаки нефти

Автор в течение многих лет с 1993 г. неоднократно предлагает создать на основе этого уникального района, где есть нефть в песчаниках мезозоя (Верх-Тарское), карбонатных породах палеозоя (Малоичское) и даже в гранитах Межовского массива, научно-технологический и образовательный федеральный полигон для натуральных исследований, апробации новых и тиражирования инновационных технологий по всему спектру нефтегазового производства, но активной поддержки от недропользователей, областного руководства и академической элиты так и не получил. По мнению автора, постыдно не интересоваться этими вопросами и недостойно памяти первооткрывателя новосибирских месторождений академика А.А. Трофимука.

Между тем в 2019 г. в письме из Президиума Академии наук РФ (Москва) Н.П. Запивалову была выражена полная поддержка и дана высокая оценка его исследованиям:

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

«РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ НАУК»
(РАН)

Ленинский просп., д.14, Москва, ГСП-1, 119991,
Телетайп/Телекс 411095

Факс (495) 954-33-20 (Ленинский просп., 14),
(495) 938-18-44 (Ленинский просп., 32а)

Справочное бюро (495) 938-03-09
http: //www.ras.ru

ОКПО 00029251, ОГРН 1027739820393,
ИНН/КПП 7725092435/772501001

29.08.2019 № 4-З-993-1851

На № _____

Г _____

Главному научному сотруднику
ИНГГ СО РАН, д.г.-м.н.,
профессору Н.П.Запивалову
e-mail: ZapivalovNP@ipgg.sbras

Уважаемый Николай Петрович!

Уведомляю Вас о том, что Ваши письма, по указанию руководства РАН, были рассмотрены ведущими специалистами Института проблем нефти и газа РАН, которые сообщают о том, что эксперты Российской академии наук нефтегазогеологического профиля хорошо знакомы с Вашими трудами, наполненные важными научными результатами, интересными идеями и фактическими материалами, и всегда их высоко оценивали. Безусловно, Ваши предложения по повышению нефтеотдачи (КИН) являются крайне актуальными. Это будет способствовать активизации работ по использованию имеющейся минерально-сырьевой базы нефтяной промышленности в старых нефтедобывающих регионах, что особенно важно. Широко известны Ваши работы по развитию ресурсной базы страны.

Мы абсолютно с Вами согласны о целесообразности создания научно-образовательных полигонов на базе таких уникальных месторождений как Малоичское.

С уважением,

Начальник Секретариата
президиума РАН



к.э.н. С.П.Опенышев

Выводы и предложения на ближайшую перспективу XXI века

Уже сегодня следует сосредоточиться на рациональной разработке действующих месторождений с целью щадящей выработки остаточной (трудноизвлекаемой) нефти (Improved Oil Recovery), а также на обнаружении новых, в том числе вторичных, углеводородных скоплений по всему стратиграфическому разрезу (включая глубинные горизонты и различные породно-флюидные ассоциации) в районах с развитой многоплановой инфраструктурой.

- Необходимо сосредоточить усилия для добычи остаточной (трудноизвлекаемой) нефти на разрабатываемых или законсервированных месторождениях, в том числе в Западной Сибири, включая вновь образованные объемы углеводородных масс. Количество такой нефти сейчас может достигать более 45 % от ранее разведанных запасов. Для ее извлечения предлагается принципиально новый подход – щадящие методы, ориентированные на сохранение месторождения как целостной системы с целью более длительной его разработки (IOR, Improved Oil Recovery) в противоположность сверхинтенсивной коммерческой добычи насильственным методом, разрушающим месторождение как систему (EOR, Enhanced Oil Recovery) [11].

- Предлагается на всех законсервированных скважинах, особенно на месторождениях Западной Сибири, в продуктивные и перспективные пласты спускать мониторинговые датчики с соответствующими программами. Очень часто для моделирования используется информация о флюидах и породах, имеющих в скважинах. Однако эти образцы по своим свойствам уже не вполне точно соответствуют их параметрам на глубине.

- Необходимо применять **реабилитационные циклы** для восстановления энергетического потенциала системы [6, 8]. Должны быть предусмотрены методы и технологии активной реабилитации (как в медицине), чтобы достичь эффективного и быстрого результата. Особое внимание следует уделить проблеме восполняемости запасов углеводородов на разрабатываемых и законсервированных месторождениях. Углеводородные ресурсы требуется беречь и пополнять, так как они необходимы человечеству на далекую перспективу.

- Необходимо воссоздать Министерство геологии РФ в полном профессиональном формате. Современная рыночно-лицензионная система недропользования в России некорректна, требуются другие формы её организации.

В науках о Земле многочисленные геологические и геофизические исследовательские направления развиваются относительно успешно, но нет объединенной научно-практической программы, главной целью которой было бы изучение и понимание динамики развития Земли. На сегодняшний день имеются противоречивые идеи и концепции в нефтегазовой геологии и геофизике, поэтому, назрела потребность в новом мышлении.

Согласно оценке министерства природных ресурсов и экологии РФ, текущих запасов нефти России хватит на 59 лет, а газа – на 103 года. В Роснедрах дают более консервативную оценку размера нефтяных ресурсов – 58 лет, при этом уточняя, что рентабельных запасов хватит только на 20 лет.

Для решения всех этих и многих других проблем нужен весь могущественный потенциал российской науки, в том числе фундаментальной. Недропользование должно быть научным.

«Без свечки науки и с нефтью будут потемки!» Д.И. Менделеев

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Запивалов Н.П. Динамика жизни нефтяного месторождения // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2012. – Т. 321. – № 1. – С. 206–211.
2. Запивалов Н.П. Новые научные и практические аспекты нефтегазовой геологии. – London: Palmarium Academic Publishing, 2013. – 102 с.
3. Запивалов Н.П. Сколько жить нефтяному месторождению // *Георесурсы*. – 2012. – № 1(43). – С. 2-5.
4. Запивалов Н.П. Современные геологические концепции и технологии прогноза, разведки и освоения нефтегазовых месторождений // Нефтяное хозяйство. – 2005. – № 11. – С. 20–23.
5. Запивалов Н.П., Попов И.П. Флюидодинамические модели залежей нефти и газа. – Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2003. – 198 с.
6. Запивалов Н.П. Реабилитационные циклы - основа эффективного нефтяного недропользования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. (г. Новосибирск, 13-25 апреля 2015 г.): Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология»: Сб. материалов в 3 т. – Новосибирск: СГУГиТ, 2015. – Т. 1. – С. 43-47.
7. Муслимов Р.Х., Плотникова И.Н. Возобновляются ли запасы нефти? // ЭКО. – 2012. – № 1. – С. 29-34.
8. Аширов К.Б. Боргест Т.М., Карев А.Л. Обоснование причин многократной восполнимости запасов нефти и газа на разрабатываемых месторождениях Самарской области // Известия Самарского НЦ РАН. – 2000. – Т. 2. – № 1. – С. 166-173.
9. Путин В.В. Минерально-сырьевые ресурсы в стратегии развития российской экономики // Записки Горного института. – 1999. – т. 144 (1). – С. 3-9.
10. Zapivalov N.P. Upstream & Midstream risks and uncertainties. New ways of thinking // DEW: Drilling and Exploration World. – 2019. – Vol. 28. – Issue 3. – P. 37–46.
11. Zapivalov N.P. Improved Oil Recovery vs. Enhanced Oil Recovery // Enhanced Oil Recovery: Methods, Economic Benefits and Impacts on the Environment. – New-York, 2015. – P. 81–94.

© Н. П. Запивалов, 2023