Иванов Борис Николаевич, д.т.н., профессор,
Казанский национальный исследовательский
технологический университет

Воробьев Евгений Сергеевич, к.т.н., доцент,
Казанский национальный исследовательский
технологический университет

Гарипов Руслан Мирсаетович, д.т.н., профессор,
Казанский национальный исследовательский
технологический университет

ОБОСНОВАНИЕ И АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОПРЯЖЕННЫХ РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВНУТРИПЛАСТОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ

Аннотация: Статья является продолжением и развитием наших работ, посвящённым рациональным технологиям обработки нефтесодержащих систем [1-8]. В основе данных технологий лежит коренной принцип всеобщей аналогии материальных образований и их взаимодействий, который целесообразно применять и при рационализации технологий водородной энергетики [9, 10]. С увеличением сложности рассматриваемых системы, количество аналогичных признаков растёт.

Ключевые слова: сопряжение, рациональные технологии, моделирование.

Сопряжение – это *органическая рациональная связь*, базирующаяся на фундаментальных законах мироздания и предопределенная функциональным назначением, природой (т.е. составом и строением) и условиями её осуществления. При этом обязателен учет сопряжения *экологичности и экономичности технологий*, поскольку и *экология*, и *экономика* – категории нравственные. Без их рационального сопряжения невозможно не только качественное развитие Человечества, но и *само* его *существование*.

Под рациональностью технологий, в первую очередь понимается сумма затрат *материальных*, *информационных*, *интеллектуальных ресурсов*, степень безопасности труда и степень *загрязнения* окружающей среды.

По мнению авторов статьи, задача разработки *оптимальных* технологий некорректна. Поскольку термин «оптимальный» означает наилучший результат при заданных для данного способа, действия. Естественно, проверить все возможные сочетания условий на практике невозможно. Поэтому целесообразно говорить о *рациональных* технологиях.

Обычно рациональные технологии, как правило, разрабатываются и применяются для конкретных способов. *Прорывные рациональные* технологии *можно* и *нужно* разрабатывать для целого ряда схожих процессов. Они являются эффективными и универсальными и представляют собой сопряжения целевых и сопутствующих технологий, ведущих к увеличению эффективности (производительности, экономичности, безопасности и экологичности) целевых процессов.

Рациональным технологиям свойственны свои классификация и методология. Классификация предопределена функциональным назначением и степенью гомоморфной оценки природы используемых процессов. С методологией дело обстоит сложнее. Поэтому авторы настоящей статьи предлагают использовать собственные определения.

Методология – с одной стороны, наука о подходах к достижению поставленной цели, а с другой – необходимые для этого действия.

Подход – это научно и технически обоснованное применение определенных способов решения поставленной задачи.

Способ – необходимая совокупность действий для осуществления искомых событий. Различные способы могут иметь прямую или опосредованную связь. Причем ее важнейшим свойством является противоречивость.

По сути, *решение* той или иной задачи – это устранение *мешающих* противоречий (то есть устранение – противоречие противоречия).

При этом, по нашему мнению, необходимо четко различать *противоречивость как действие*, и как *оценку противоречивости* действия. Иначе искажается (иногда до полного отсутствия) физический смысл события.

Понимание этой разницы способствует обеспечению более рациональных переходов одних видов движения в другие, облегчает раскрытие принципиальных теоретических и практических аспектов многопрофильных и многофункциональных природных и техногенных процессов.

К сожалению, многие ученые не понимают и не признают важность этой разницы. В частности, А. Эйнштейн так до конца жизни и не осознал почему «попытки создать единый континуум массы, пространства, энергии и времени не увенчались успехом» [11].

Из закона сохранения (который по сути является единственным законом, и проявляется всегда и везде) и скачкообразности количественно-качественных переходов, определенный структурный элемент старого качества (его уровень организации и размер предопределены типом и условиями взаимодействий) переходит в новое качество. В частности, часть атомов исходного вещества могут переходить в процессе химической реакции в новую молекулу.

Как уже отмечалось [2-8], основа всего сущего в материальном мире почти раскрыта благодаря корпускулярно-волновой теории М.В. Ломоносова. Для подчеркивания универсальности открытия М.В. Ломоносова авторами статьи предложено использовать следующий термин: *вещественно-волновая природа*.

Роль и вклад волнового движения в *поле* проявляется нагляднее, чем в *веществе*, что является заметным преимуществом новых волновых технологий. Однако, при выборе того или иного типа воздействия необходимо учитывать природу и соотношения ингредиентов материальных образований (вещества или поля) и конкретных (внешних и, опосредованно внутренних) условий материальных взаимодействий.

Парадокс в том, что волна одновременно и носитель вещества, и совокупность частиц и систем (со своим уровнем организации; частоты; длины; амплитуды и скорости волны).

Вещественно-волновая природа гораздо многогранней ее распространенной трактовки. В частности, последняя не полностью объясняет одновременное проявление неразрывности и сплошности движения, принципа дифференциации и интеграции явлений, и некоторых других факторов [3-8].

Нам представляется целесообразным дополнительный учет внутреннего и внешнего ассоциирования↔диссоциирования материальных образований и их взаимодействий (причем, во всех агрегатных состояниях).

Б.Н Иванов и А.К. Мезиков [1, 2] обосновали ассоциирование↔диссоциирование как коренную (присущую всем материальным образованиям) характеристику и назвали это явление *законом о формах существования и взаимных переходов материальных образований*. Причем, в соответствии с вышеизложенным, можно считать, что твердые аморфные вещества нужно относить к сверхмикрокристаллическим с деформированными сингониями. Данное обстоятельство необходимо учитывать при рассмотрении путей преобразования нерудных

полезных ископаемых и коллекторов нефтяного пласта. При этом, в определенной степени, можно руководствоваться основами нанотехнологий. Однако, под *наночастицами* следует понимать не микрочастицы размером 1-10 нм и более (что уже нанокластер), а микрочастицы (или их ингредиенты) на уровне 0,01-0,1 нм. В этом случае дискретность размеров ведет к дисперсности тепловых, электрических, магнитных, гравитационных, химических свойств (не затрагивая состояния полного подобия).

Получаемые наночастицы одной природы могут иметь различные свойства, что обусловлено способами их получения. Большинство конденсированных и жидкофазных систем кристаллоподобны, поэтому и диспергирование, и укрупнение частиц начинается на дефектных поверхностях.

Замеченное различие свойств наночастиц одной природы, объясняется, по-видимому, в основном их *поверхностным фактором*: силой трения и удельной и общей поверхностями контакта. Вследствие чего меняется степень ассоциирования *нестехиометрических* соединений. Логично предположить, что различие свойств наночастиц (и нанокластеров) одной природы проявляется в определенных интервалах их размеров согласно распределению Гаусса.

При этом для каждой материальной системы (а «псевдоэлементарную» частицу тоже можно рассматривать как систему) характерен свой качественно-количественный скачок.

Например, для нанокластера воды наиболее устойчивый кластер состоит из 90 молекул; кластер щелочного металла – из нескольких тысяч атомов; из кластеров углерода наиболее прочными являются C_{60} и C_{28}.

Степень дискретности, форма, структура наночастиц (и их кластеров) определяются их *способностью к самоорганизации*.

Некоторые положения и приемы рациональных технологий целесообразно применять при разработке трудноизвлекаемых запасов нефти (в РФ доля тяжелых нефтей достигает *60%*; в РТ > *80%*). Запас высоковязких и битуминозных нефтей в Республике Татарстан оцениваются от 2 до 11 млрд.т.

При рациональном введении в эксплуатацию ~ 40 % усредненных запасов, предполагается, что общая прибыль за 40 лет составит ~ 170 млрд. $.

Фундаментом рационального химико-физического внутрипластового преобразования нефти являются единая вещественно-волновая ассоциативно-диссоциативная природа (ВВП) и степень аналогии различных явлений. Причем возможен перевод всех перерабатываемых материальных образований в состояние полного подобия (когда стирается грань между химическим и физическим взаимодействиями) [12, 13].

Любая технология должна рационально относиться к сбережению природных и человеческих ресурсов. Подземная переработка априори предполагает ряд преимуществ. Например, при сопряженном производстве водорода. Кроме того, основная часть выделяющегося при внутрипластовом преобразовании CO_2 остается в коллекторе, что улучшает экологию атмосферы.

Нефтяной пласт (включая состав и структуру нефте-водосодержащих систем коллекторов) должен рассматривается как единый *континуум* конденсатора, индуктора, резистора и резонатора, происходящих в нем явлений.

В механизме и условиях преобразования пласта целесообразно сразу учитывать функциональное назначение продуктов переработки преобразуемой нефти. В частности, обеспечивать насыщение легких и средних нефтяных фракций водородом.

Рациональным практическим подходом представляется оценка и использование сочетания тепловых и электрических свойств. Поскольку они – генетические «родственники» и их основа – *трение*. Причем электропроводность и теплопроводность с увеличением температуры растут.

Знак «заряда», полученного при трении тел, принято определять работой выхода электронов: при относительно высоком значении работы, электроны присоединяются и тело заряжается *отрицательно*, при низком значении – «теряются» и тело получает *положительный заряд*.

Заряд в нашем понимании – это *некомпенсированное* количество движения (*избыток* или *недостаток*) на внутренних и внешних поверхностях микро- и «псевдоэлементарных» частиц, обусловленное дисбалансом их количества.

Для приближенного определения «знака трения» еще с середины XIX века достаточно широко применяется полуэмпирическое правило Коэна (положительно заряжается тот диэлектрик, диэлектрическая проницаемость поверхностных слоев которого больше) и правило Гезехуса (положительные заряды приобретает то из двух вращающихся тел, плотность и твердость которого больше) [7].

Движущаяся в потоке нефти вода получает в результате трения с другими фазами, как правило, положительный заряд. Нефть, практически всегда, является носителем отрицательных зарядов (за исключением газонефтяного потока, в котором нефть может заряжаться положительно). В скважине вода, двигаясь относительно железа, нередко, в целом, заряжается отрицательно.

Электрическое поле пласта очень чувствительно к изменению теплового движения. Заряды, содержащиеся в скелете пласта, при нагревании разрушаются (в основном, вследствие локальных изменений уровня структурности нефтесодержащей системы).

Электрическое поле непрерывно генерирует в пласте магнитное поле. Наиболее диамагнитные соединения – алканы и цикланы.

Электромагнитное поле интенсифицирует перенос тепла и вещества в насыщенных пористых средах. Распространение электромагнитных волн в диэлектриках приводит к преобразованию высокочастотного электромагнитного поля в тепловое.

Импульсный электрический разряд в скважинной зоне может сопровождаться взрывом малом объеме канала разряда. Мощность разрядов может достигать 10-100 МВт, величина тока – 10-25 кА. Диапазон рабочих напряжений в этих режимах – 10-70 кВ [14, 15].

Ввиду исключительной сложности исследуемых нами материальных систем и их взаимодействий, нами применялось сопряженное качественно-количественное моделирование [1, 4-8, 9, 16-17].

При кинетических расчетах, ввиду принципиальной невозможности корректного использования для исследуемых систем уравнения Аррениуса (из-за наличия в нем универсальной газовой постоянной), применялось авторское характеристическое уравнение (ХВУ) Б.Н. Иванова и Р.Н. Костромина

$$y = ae^{e^{(bx+c)}}$$

учитывающие распространение волны в пространстве [5-8].

ХВУ может являться переходной связью между качественным и количественным моделированием и способствует сохранению физического смысла приближенной количественной оценки процессов в пласте.

Разработку и реализацию решений рационального внутрипластового преобразования нефти можно осуществить по трем направлениям (одновременно или поэтапно):

1. «*Мягкое*» (*в присутствии паровой каталитической системы*).

В качестве катализаторов целесообразно использовать некоторые оксиды и соли, находящиеся в нефти, воде и коллекторе; а также оксиды, образующиеся в процессе преобразования. «*Каталитической затравкой*» могут служить известные катализаторы, применяемые в процессе переработки нефти. Например, в процессах каталитического крекинга.

Необходимый тепловой режим должен в значительной степени обеспечиваться горением части флюидов. Модель необходимого устройства (см. рис. 1) уже апробирована [10].

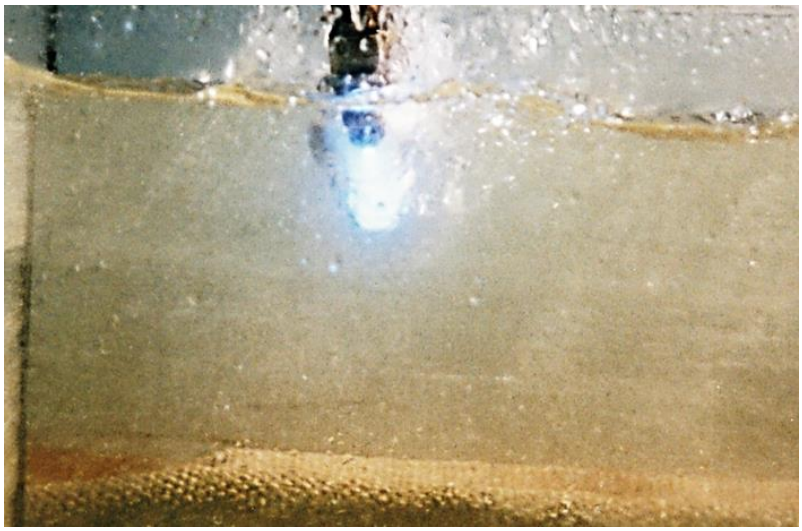

Рис.1. Фотография фрагмента фронта пламени.

2. *Сопряженное применение «мягкого» направления с активированной водой*.

Широко известный процесс активации воды (в т.ч. и в быту) целесообразно применять совместно с обработкой водосодержащих систем электронно-лучевыми технологиями (ЭЛТ).

ЭЛТ обеспечивают деструкцию нефти, битумов, сланцев, угля, торфа, биомассы и др. материалов. При разрыве связей в молекулах материальных систем образуются окислители сильнее *атомарного кислорода* и *озона* и активные электроны (более сильные восстановители, чем атомарный водород).

3. *Перевод обрабатываемых систем в состояние полного подобия в режиме глобального химического резонанса*.

Реализация данного направления позволит обеспечивать полное преобразование нефте- и водосодержащих систем.

Перед промышленной эксплуатацией необходима предварительная достаточно обоснованная оценка условий, предупреждающих возможность серьезных тектонических изменений пласта.

Результаты сопряженного качественно-количественного моделирования и анализ литературных данных дают основания ожидать увеличения содержания в преобразованной нефти алканов, изоалканов и ароматики на 10-15% относительных и увеличение дебета нефтяных скважин.

Факт, что энергия активации для большинства процессов меньше энергии диссоциации наименее прочной связи в молекуле, объясняется следующим образом: различные виды движения «усредняются» и спектр устойчивости всей системы меньше собственного спектра колебаний отдельной связи. Тем более в условиях волновых полей.

Соотношение величины вклада волны в материальных образованиях колеблется в относительно широком интервале в зависимости от природы ингредиентов в образовании и конкретных (внешних и опосредованно внутренних) условий материальных взаимодействий.

Эта, на первый взгляд, неопределенность объясняется тем, что волна одновременно и носитель вещества, и совокупность вещественных частиц и даже систем (в зависимости от масштаба волны).

Отмеченное одновременно ассоциирование↔диссоциирование согласуется с основными законами диалектики: единством и борьбой противоположностей; скачкообразностью количественно-качественных изменений; отрицанием отрицания и представляет собой, по мнению авторов, четвертую основную материальную форму проявления закона сохранения: *закон о формах существования и взаимных переходов материальных образований*.

Заключение

Перспективы *прорывных рациональных* технологий базируется на использовании универсальной методологии, учитывающей, прямо или опосредованно, вклад основных и сопутствующих событий.

Причиной и условием разработки прорывных рациональных технологий является их многопрофильность и многофункциональность. Это обстоятельство автоматически ведет к расширению области применения и получению новых фундаментальных знаний.

Разработку технологий рационального внутрипластового преобразования тяжелых и битуминозных нефтей целесообразно осуществлять с сопряженной разработкой подземных процессов *водородной технологии*. Причем *водород* будет образовываться и из органических соединений (в первую очередь в результате *каткрекинга*), и из водной части – в результате *диссоциации воды*.

Авторы настоящей статьи не приводят уравнения возможных химических реакций и расчетов их балансов, поскольку в условиях подземной переработки *нельзя использовать стехиометрические схемы*. Тем более для *нестехиометрических соединений*, которыми в большинстве своём являются ингредиенты нефтесодержащих и водосодержащих систем. Однако, формализованная схема алгоритма представлена в работах [16, 17].

С учетом функционального назначения продуктов переработки преобразуемой нефти, следует ожидать, что образующийся водород будет *насыщать* бензин, керосин, дизельное топливо, существенно повышая энергетику последних.

Список литературы:

1. Энергетическая модель процессов в каналах нефтяного пласта / Б.Н. Иванов, В.П. Барабанов, И.М. Старшов, В.С. Минкин / Нефтяное хозяйство. – 1989. – № 12. – С. 69.
2. Иванов Б.И., Садыков А.Р., Суханов А.П., Суханов П.П. Структурополагающие основы ассоциативных процессов нефтепереработки. Сообщение 1 // Нефтепереработка и нефтехимия. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2004. – №6. – С. 23-27; Сообщение 2 // 2004.-№9. – С. 17-19.
3. Онтология теоретических основ химической технологии / Б.Н. Иванов // Казань: КГТУ, 2006. –12 с.
4. Исследование ассоциативной природы сложных жидкофазных органических систем тепловизионными методами / Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, А.К. Мезиков, С.Ю. Горбунов. А.В. Дацков // Вестник казанского технологического университета – Казань: Отечество. 2007. – №3-4 – с.135-142.
5. Волновая природа процессов генезиса, добычи и подготовки нефти. Части 1-3 / Б.Н. Иванов // Вестник казанского технологического университета - Казань: Отечество. 2008. -№3 –с.97-115; №4 – с. 100-120; №5 – с. 138-157.
6. Общий базис процессов и средств стимуляции добычи и подготовки нефти / Б.Н. Иванов. Н. А. Лебедев, Е.Л. Древницкая / Нефтепереработка и нефтехимия. – М.: ЦНИИТЭнефтехим. 2008. –№11. –С. 8-13.
7. Волновые процессы и технологии добычи и подготовки нефти / Б.Н. Иванов, А.И. Гурьянов, А.М. Гумеров / АН РТ, Казань: ФЭН, 2009. – 400 с.

8. Фундаментальные основы и методология рациональных технологий. / Б.Н. Иванов, Е.С. В36оробьев, К.Г. Николаем, // АН ЗТ\\РТ, Казань, ФЭН, 2022г. – 368 с.

9. Аналогия явлений – коренной признак природных и техногенных процессов и рациональных технологий / Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, К.Г. Николаев, В.С. Минкин, Р.Х. Шагимуллин, Е.С. Воробьев // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021, №7– с. 7-14.

10. Методология и перспективы прорывных рациональных технологий преобразования и добычи высоковязких и битумных нефтей / Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, Е.С. Воробьев, А.К. Мезиков, Р.Х. Шагимуллин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2020, № 12 – с. 11-16.

11. Собрание научных трудов/ А. Эйнштейн, //М.: Наука, 1966 – Т.1-3

12. Четвертая материальная форма проявления закона сохранения / Б.Н. Иванов А.К. Мезиков // Энергетика Татарстана. – Казань, 2016. – № 2. – с. 62-67.

13. Химический и физический резонанс в химических процессах и технологиях. Сообщение I. Особенности и перспективы применения / К.Г. Николаев, Б.Н. Иванов, Э.Р. Магдеев Р Х Шагимуллин, В.С. Минкин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019, №1 – с 8 11

14. Химический и физический резонанс в химических процессах и технологиях. Сообщение 2. Трибологические процессы механохимической технологии / Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, Р Х. Шагимуллин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2020, №6 – с. 7-12.

15. Электрические разряды в поле / Наугольных, К.А., Рой НА // Изд-во – М. – Наука. 1971 – 155 с.

16. Алгоритм рационального преобразования высоковязких и битуминозных нефтей. Сообщение 1. Обоснование и постановка задач / Б.Н. Иванов, Р Н Костромин, Р.Х. Шагимуллин, В.С. Минкин // Научно-технический вестник Поволжья. 2019, №8 – с. 12-17.

17. Алгоритм рационального преобразования высоковязких и битуминозных нефтей. Сопряженное качественно-количественное моделирование / Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, РХ. Шагимуллин, В.С. Минкин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019, №12 – с. 11-15.