

## ЗАМЕТКИ О РАСТВОРЕНИИ И ВЫДЕЛЕНИИ ГАЗОВ В ЖИДКОСТЯХ

В. И. Иванников  
(ОАО "Газ-Ойл")

Процесс растворения одного вещества в другом по существу сводится к равномерному распределению одних молекул или их частей среди других, если не учитывать химическое взаимодействие первых и последних.

В жидкостях можно растворять твердые вещества, жидкости и газы, но природа их растворения существенно различна.

Общее в процессах растворения твердых веществ и газов состоит в том, что при перенасыщении растворов первые из ионной формы переходят в молекулярную, соединяются и выпадают в осадок. Вторые концентрируются в микро- и макропузырьки, которые выделяются в отдельную фазу и разделяются вследствие разности плотностей.

Истинное (химическое) растворение отличается тем, что растворенное вещество распадается до ионных или молекулярных размеров и может быть обнаружено только химическим путем. Процесс истинного растворения обязательно сопровождается выделением или поглощением тепла (теплота растворения), а также уменьшением или увеличением объема раствора. Это свидетельствует о том, что молекулы (или ионы) растворенного вещества образуют с молекулами растворителя химические соединения. Коллоидные растворы, микроэмульсии к истинным растворам отнести нельзя.

Особым образом происходит растворение газов в жидкостях. Такое растворение следовало бы назвать физическим растворением. Согласно закону Генри растворение (или растворимость) газов пропорционально прилагаемому извне давлению:

$$m = kP,$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности (константа равновесия).

Из этого следует, что газ по мере повышения внешнего давления распределяется внутри жидкости в виде микропузырьков невидимо малых размеров. Жидкость в отличие от твердых тел обладает пустотами (дырками, по Я.И. Френкелю), которые и заполняются газом.

Если умозрительно представить ситуацию идеального растворения газа в жидкости, например метана в нефти, т.е. когда молекулы  $CH_4$  равномерно распределены между тяжелыми молекулами жидкой нефти, то газовое давление как бы исчезнет.

Газовое давление, как известно, обусловлено кинетической энергией движения сообщества молекул

Рассмотрен вопрос о природе растворения газов в жидкостях и, в частности, УВ-газов в воде и нефтях. Показано, что в продуктивных отложениях, содержащих скопления нефти, наличие сверхгидростатических давлений свидетельствует о газовом давлении, которое обусловлено нахождением газа в пузырьковом состоянии. Именно такое состояние делает газ носителем РОВ и агентом, аккумулирующим нефтяные залежи.

The question of the nature of gas solution in liquids and specifically HC-gases in water and oil is viewed. It is shown that the presence of superhydrostatic pressures in productive deposits containing oil accumulations testifies to gas pressure stipulated by bubbled state of gas. Thanks to this state gas becomes a carrier of SOS and agent, accumulating oil deposits.

газа, если они собраны в объем пузырька и производят удары в окружающую их жидкость. Экспериментально найденный закон Бойля–Мариотта говорит о том, что давление данной массы газа при неизменной температуре обратно пропорционально объему, занимаемому газом. А поскольку избыточное газовое давление сверх гидростатического есть в пласте, то очевидно, что газ в нем существует в виде микропузырьков, сжатых до ненаблюдаемого размера, но создающих упругую компоненту давления. Следовательно, наличие аномально высокого пластового давления (АВПД) свидетельствует о том, что газ в пласте находится в свободной фазе, а его отсутствие говорит о том, что газ растворен. Отмечаемые при бурении скважин сверхгидростатические давления в нефтегазовых пластах показывают, что газ здесь присутствует в пузырьковом состоянии, так как газовое давление может проявляться только таким образом.

С явлением растворения и выделения газа из жидкости в природных условиях связаны также аномально низкие пластовые давления (АНПД), т. е. давления ниже гидростатических в нормально уплотненном разрезе пород. Здесь в отличие от зон АВПД коллектор представлен жесткой недеформируемой матрицей породы, которая содержит растворенную или нерастворенную газовую фазу. При тектонических разрывах пласта и покрывки газ выделяется в пузырьковое состояние и уходит в вышележащие резервуары, что является основной причиной образования АНПД, вызывающих поглощение промышленной жидкости в процессе бурения скважин.

Установлено (Шарданов А.Н. и др., 1974), что превышение пластового давления над гидростатическим более чем на 6 % может рассматриваться как показатель перспективности на нефть и газ. Связь между величиной скоплений нефти и давлением прослеживается, например, на Салымском месторождении Западной Сибири: в центральной части горизонты Ю<sub>0</sub> при наличии АВПД выявленная залежь

гораздо больше по запасам, чем залежи в том же горизонте на соседних Верхне-Шапкинском, Правдинском и Малобальском месторождениях.

В природных условиях имеют место примеры истинного растворения метана – это газогидраты, в которых газ распределен в ячейках молекул замороженной воды. Однако здесь газ не проявляет давление до растепления структуры льда.

Микроскопические пузырьки газа в жидкости не только создают объемное давление, но и обладают свойством плавучести под действием градиента давления  $\left( \frac{dP}{d(x, y, z)} \right)$ . Их перемещение в градиентном

поле давления идет со скоростью на порядок большей, чем скорость обычной диффузии. Вследствие этого летучие компоненты в нефтегазовых пластах опережают выход жидкой фазы через скважины, в результате чего происходит перманентное разгазирование углеводородного скопления. Наиболее бурный процесс объединения и роста газовых пузырьков имеет место в лифтовой колонне (на так называемом уровне разгазирования). Здесь газовые пузырьки получают большую подъемную силу и быстро всплывают, а жидкость резко отстает из-за торможения о стенки труб.

Рассматривая проблему растворения газов в нефтях, автор видит две фундаментальные задачи, связанные с этим явлением:

- обоснование механизма флотомиграции рассеянной микронепфти при накоплении нефтегазовых залежей;

- поиск технических и технологических решений, предотвращающих самопроизвольное разгазирование нефтегазовых залежей после их вскрытия скважинами и эксплуатации в режиме фонтанирования.

Существование газа в жидкости в виде скрытых пузырьков, т. е. в свободной фазе, определяется PVT-условиями пласта и степенью насыщения данного объема газом. При перенасыщении избыточное количество молекул газа выделяется в пузырьковое состояние и, подчиняясь архимедовой силе, всплывает по восстанию пласта до ближайшей ловушки, где происходит его накопление. Если в коллекторе присутствуют рассеянные молекулы и ассоциаты нефти, то они адсорбируются к пузырькам газа и флотируются также в ловушку.

В целом процесс газопереноса идет по следующей схеме: газы, в основном  $CH_4$  и  $CO_2$ , диффундируют из недр по системе разломов и трещин. Попадая в пласты-коллекторы, они скапливаются и, когда наступает перенасыщение, выделяются в виде пузырьков и уходят в направлении регионального подъема пласта. Вода, заполняющая коллектор, является той жидкостью, в среде которой осуществляется указанный процесс разгазирования УВ.

Не случайно, выявлено линейное расположение залежей УВ вдоль крупных активных неотектонических разломов, выраженных флексурами в регио-

нальной толще-покрышке (Двали М.Ф., Аникеев К.А., 1966).

Флотомиграция позволяет объяснить многие проблемные вопросы нефтяной геологии. Они остаются неразрешенными из-за того, что движущей средой считается вода, течение которой якобы производит перенос и аккумуляцию рассеянного органического вещества (РОВ).

Не представляется возможным объяснить также упомянутое выше спонтанное разгазирование нефти при фонтанировании скважин без учета скрытой газовой фазы.

При возникновении градиентного поля давления в продуктивных пластах (после вскрытия их скважинами, где гидростатическое давление на пласт меньше пластового) газовые микропузырьки расширяются, за счет чего жидкость (нефть) вытекает в скважины. Кроме того, идет опережающее движение газа из пласта в скважины, что приводит к постепенному снижению пластового давления (истощению упругой пластовой энергии) и вынужденному переходу на механизированный способ добычи нефти путем ее откачки насосами. Если при этом технически не блокируется скольжение газовой фазы внутри лифтовой колонны, то разгазирование залежи нефти идет ускоренными темпами (в зависимости от количества скважин, работающих в режиме фонтанирования). Установка гидросопротивлений на выкидной линии из скважин в виде штуцеров регулирует только противодавление на пласт, т. е. меняет граничные условия и влияет лишь на положение уровня разгазирования, а не на скольжение газовой фазы.

Эти, казалось бы, вполне очевидные процессы, как правило, не принимаются во внимание ни проектировщиками разработки месторождений углеводородного сырья, ни добытчиками, ведущими эксплуатацию месторождений, а издержки по затратам огромны.

В настоящее время созданы расчетная база и необходимые технические средства для рационального (минимизированного) расходования газовой фазы при добыче нефти и увеличения конечного коэффициента нефтеотдачи пластов.

В частности, разработана гириандная система достаточно простых устройств (ГСПП), встраиваемая или спускаемая в лифтовую колонну НКТ, которая позволяет осуществлять периодическое преобразование газожидкостной смеси в поршневую структуру восходящего потока, чтобы предотвратить скольжение газовой фазы и за счет этого прекратить бесполезное разгазирование нефтегазовых залежей. ГСПП целесообразно использовать в фонтанирующих и газлифтных скважинах, где она может в 3–5 раз снизить расход попутного газа и минимум на 30 % повысить вынос нефти.

За справками и предложениями можно обращаться в ОАО "Газ-Ойл" по адресу: 107 014 г. Москва, ул. Гастелло 41, контактный тел. (095) 268-33-50.