

## **ВОПРОСЫ МИГРАЦИИ И ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ИССЛЕДОВАНИЯХ УЧЕНЫХ ВНИИГАЗА**

*Н.Н. Соловьёв (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)*

Процессы миграции и разномасштабной аккумуляции нефти и газа имеют важнейшее значение для изучения условий формирования месторождений углеводородов (УВ) разного состава и фазового состояния. Во ВНИИГАЗе исследованию вопросов миграции и формирования залежей УВ уделялось большое внимание с момента его создания в 1948 г.

Различные аспекты заявленной тематики на разных этапах истории ВНИИГАЗа рассматривались в трудах Г.И. Амурского, Е.Я. Гаврилова, Э.С. Гончарова, В.С. Гончарова, А.В. Данова, В.И. Ермакова, В.П. Ильченко, А.А. Клименко, А.Л. Козлова, В.Н. Корценштейна, Л.Г. Кузьмука, Э.Е. Лондон, А.Е. Панченко, А.А. Плотникова, В.П. Савченко, Р.Г. Семашева, В.Ф. Симоненко, В.А. Скоробогатова, В.Л. Соколова, Н.Н. Соловьева, Л.С. Темина, Ю.С. Шилова и многих других исследователей.

Формирование теоретических основ газовой геологии связано с именами В.П. Савченко и А.Л. Козлова, которые еще в 30-х гг. XX столетия начали разрабатывать вопросы направленных поисков газовых месторождений. Именно они стояли у истоков формирования тактики и стратегии развития геологического направления исследований во ВНИИГАЗе.

Проблема раздельного прогнозирования зон преимущественного нефте- и газонакопления приобрела важное значение в связи с необходимостью создания и развития сырьевой базы газовой промышленности. У истоков ее решения во ВНИИГАЗе стоял В.П. Савченко – один из создателей знаменитого принципа дифференциального улавливания, широко известного как теория Гассоу – Максимова – Савченко. Наиболее детально признаки дифференциального улавливания были прослежены на примере месторождений Северного Кавказа А.А. Клименко, А.С. Панченко, А.С. Теминым. А.С. Панченко убедительно обосновал возможность формирования газовых месторождений Предкавказья как в результате последовательной дегазации пластовых вод, так и миграции газа (и нефти) в свободном состоянии. Последнее доказывается многочисленными примерами, отвечающими теории дифференциального улавливания.

Для дифференцированной оценки перспектив нефте- и газоносности большое значение имело обоснование роли парагенетической связи углей, газов и нефти, а также континентальных угленосных толщ в процессах нефтегазонакопления (В.Г. Васильев, В.И. Ермаков, В.П. Козлов, В.А. Скоробогатов, Л.В. Токарев и др.).

Одним из важных факторов, ведущих к формированию скоплений свободного газа, В.П. Савченко рассматривал процесс общего подъема территорий, обуславливающий дегазацию пластовых вод. Исходя из этой предпосылки, Ю.С. Шилов рассчитал, что в результате подъема территории Западной Сибири и понижения уровня Мирового океана в плиоцене за счет выделившегося газа могли сформироваться все сеноманские залежи. После разгазирования пластовых вод и возвращения территории в «исходное» состояние подземная гидросфера стала характеризоваться дефицитом газонасыщения.

В.П. Савченко одним из первых дал физическое толкование процессов миграции газа и нефти в осадочных породах, оценив масштабы и формы их перемещения. По его мнению, струйная миграция газа и нефти могла быть единственной формой, обеспечивавшей их сколько-нибудь масштабный перенос в проницаемых водонасыщенных породах. Он утверждал, что газ и нефть не могут концентрироваться в свободном состоянии непосредственно в ловушке. Гораздо чаще они начинают выделяться на различных (часто значительных) расстояниях от ловушек с формированием струй.

Исследование условий формирования газовых и газосодержащих месторождений невозможно проводить без изучения их водного окружения. Одним из основоположников газовой гидрогеологии являлся В.Н. Корценштейн.

Изучением значения подземных вод в эволюции углеводородной фазы нефтегазонасыщенных бассейнов во ВНИИГАЗе занимались Э.С. Гончаров, В.С. Гончаров, В.Г. Козлов, В.Н. Корценштейн, Э.Е. Лондон, А.А. Плотников, Р.Г. Семашев, Ю. С. Шилов, Ю.И. Яковлев и др.

По оценке В.П. Савченко, при небольших уклонах пластов (коллекторов) и большой вязкости даже нефть за единицы, а тем более десятки миллионов лет способна переместиться на сотни километров. Вместе с тем следует иметь в виду, что с позиций современных знаний можно утверждать,

что процессы онтогенеза нефти и газа могут реализовываться за гораздо менее продолжительные промежутки времени.

С другой стороны, В.Н. Корценштейн подчеркивал, что пластовые воды подземной гидросферы до глубин порядка 5 км, как правило, заметно недонасыщены газом. Одной из причин этого являлись химические потери кислых компонентов растворенного газа, расходовавшихся на кальцито- и сульфатообразование. Поэтому он утверждал, что струя газа, едва возникнув, тут же прекратит свое существование, поскольку для ее питания необходимы значительные массы гомогенного газа.

По мнению Э.С. Гончарова, дефицит давления насыщения пластовых вод газом не всегда мог препятствовать их дегазации. В качестве одного из факторов, обуславливающих выделение растворенного газа в свободную фазу, он рассматривал процесс смешения вод разной минерализации, который мог реализовываться в нефтегазоносных бассейнах (НГБ) с широким распространением мощных соляно-ангидритовых комплексов.

Заметное место в исследованиях ученых ВНИИГАЗа занимали вопросы оценки условий формирования гидродинамически экранированных залежей УВ. В работах В.Н. Корценштейна, А.А. Плотникова, Р.Г. Семашева и других было показано, что для их образования необходимо, чтобы полузамкнутую форму имели либо структурная, либо пьезометрическая поверхность пласта. Формирование последней может зависеть в основном от литологической неоднородности пород, резких колебаний мощности пластов-коллекторов и наличия разрывных нарушений.

Вместе с тем В.П. Савченко неоднократно подчеркивал, что в водонасыщенных породах никакая существенная миграция газа в виде изолированных пузырьков невозможна. Действительно, в условиях вялотекущего осадконакопления и погружения водоносных комплексов растворенно-рассеянное состояние углеводородных газов является наиболее устойчивым, поэтому их самопроизвольная (т.е. без совершения работы) дегазация практически исключается. Таким образом, ни один из упомянутых весьма медленно протекающих процессов не является достаточным для реализации перехода выделяющегося газа от капельно-рассеянного к гомогенному состоянию, при котором становится возможной его струйная миграция.

Под влиянием идей Н.А. Еременко Н.Н. Соловьев обосновал тектонодинамический механизм дегазации подземной гидросферы при формировании залежей газа. На этапах тектонической активизации при раскрытии трещин создавался большой перепад давлений между матрицей породы и расширяющейся полостью трещины – до 2÷20 МПа (по Дж. Райсу, 1982). Это могло обеспечивать всасывание флюида в формирующуюся пустотность, приводя к дегазации газонасыщенных вод и формированию крупных целиков газа.

В.Ф. Симоненко и В.А. Соколов выполнили экспериментально-теоретическое обоснование возможности эвакуации УВ из тонкодисперсных образований, обогащенных органическим веществом (ОВ). Они исходили из того, что в тонких капиллярах вода обладает аномально высокой растворяющей способностью, что могло существенно повышать масштабы выноса воднорастворенных УВ из уплотняющихся глин.

Почти совсем не изучалось влияние на разобщение зон нефте- и газонакопления таких процессов, как первичная и собирательная миграция УВ, а также резкое возрастание интенсивного газообразования на больших глубинах. Последний фактор нередко мог быть определяющим в бассейнах, характеризующихся большой мощностью осадочного выполнения (особенно представленного глубокозалегающими угленосно-терригенными образованиями), наиболее активным новейшим прогибанием и высокой гидравлической раскрытостью снизу. Важнейшей причиной неравномерного нефте- и газонакопления могли служить особенности процессов первичной миграции и собирательной аккумуляции УВ. Механизмы этих процессов еще не получили теоретического и (или) экспериментального обоснования. Более того, в полном объеме и органическом единстве составляющих их промежуточных состояний и элементов (движущая сила, виды и формы массопереноса в тонкодисперсной среде) они почти не изучались. Вместе с тем анализ возможных форм только первичного массопереноса допускает перемещение УВ в виде газового, водного или нефтяного растворов, диффузии. В зависимости от конкретной геологической ситуации соотношение этих форм эвакуации УВ из тонкодисперсных сред может качественно меняться. Это означает, что и массовое (объемное) соотношение жидкой и газообразной фаз, поступающих в аккумулирующие пластовые системы, уже изначально могло быть различным.

Ни одна из уже изученных или ожидающих исследования причин дифференциации нефте- и газоносности сама по себе не может претендовать на универсальность. В большинстве случаев имеет место совместно-последовательное проявление нескольких из них или даже всех. Однако в каждом конкретном случае может быть выделена доминирующая. Так, в периферических зонах Апшеронско-Прибалканского пояса Южного Каспия главной причиной обособления нефти служила интенсивная дегазация плиоценовых отложений. В Амударьинской синеклизе Туранской плиты преимущественная газоносность подсолевого карбонатного комплекса верхней юры была обусловлена активным подавлением нефтенакпления газом, в избытке генерировавшемся в гидравлическом сообщающемся с ним и глубоконагруженном угленосно-терригенном нижне-среднеюрском комплексе. Наоборот, преимущественная нефтеносность мезозойско-кайнозойского этажа бассейна Персидского залива в значительной мере связана с хорошей изоляцией его от палеозойского газогенного.

Во многих нефтегазоносных регионах фактическое размещение скоплений УВ разного фазового состояния не отвечает теоретически прогнозируемой вертикальной зональности нефтегазообразования. В работе И.П. Жабрева, В.И. Ермакова, В.Л. Соколова, Э.В. Чайковской (1977) оно объясняется масштабным вторичным субвертикальным перераспределением нефти и газа, особенно интенсивно происходившим в объеме нижних секций осадочного чехла НГБ.

Ретроспективная оценка результатов многочисленных исследований по анализу закономерностей размещения нефти и газа в различных регионах мира, выполненная Н.Н. Соловьевым и Г.И. Амурским, показала, что раздельное формирование зон преимущественного нефте- и газонакопления могло быть поставлено в зависимость от взаимного положения в разрезе и условий гидравлического взаимодействия первично нефтеносных и первично газоносных комплексов. Этот вывод иллюстрируется примерами по ряду нефтегазоносных регионов мира (Средняя Азия и Казахстан, Поволжье и Прикаспий, Украина, Северное море, Ближний Восток, Северная Америка, Северная Африка). Более детально процесс подавления нефтенакпления в подсолевом верхнеюрском сульфатно-карбонатном комплексе газом, поступавшим из подстилающего нижне-среднеюрского угленосно-терригенного комплекса, был рассмотрен на примере Амударьинского региона Туранской плиты.

В последней четверти прошлого столетия все чаще стали появляться работы, в которых отмечалось, что сложившиеся у большинства исследователей представления о процессах нефтидогенеза, обеспечивающих промышленное нефтегазонакопление, противоречат многим установленным особенностям строения и эволюции НГБ. Особенно уязвимым оказалось описание процессов эвакуации из генерирующих толщ и собирательной аккумуляции УВ. Поэтому на смену господствовавшим ранее представлениям стала приходиться система взглядов, которую Н.А. Еременко называл энергетической. Во ВНИИГАЗе основы такого подхода закладывались Г.И. Амурским и Н.Н. Соловьевым, которые определили его как тектонодинамический.

Главенствовавшая парадигма геологии нефти и газа исходила из примата гравитационного уплотнения как основной движущей силы углеводородного массообмена в уплотняющихся тонкодисперсных генерирующих УВ породах. Большинство схем описания процессов первичной миграции и собирательной аккумуляции УВ базировалось на моделях, представленных классической ассоциацией пород: уплотняющаяся (как правило, глинистая, содержащая ОВ) толща – слабо уплотняющийся коллектор. Современный уровень знаний допускает гораздо более широкое толкование этого постулата. Известны нефтегазоносные системы, в которых роль генерирующих элементов выполняют обогащенные ОВ карбонатные, кремнистые и другие подобные толщи, не способные к сколько-нибудь существенному уплотнению. Согласно современным положениям теории фильтрации в недеформирующейся и не испытывающей воздействия других силовых полей среде, под влиянием гравитационного уплотнения движение флюидов инициируется только перепадом напора, а силы молекулярного и (или) межфазового взаимодействия затрудняют его. В таких условиях роль гравитационного фактора дефлюидизации толщ, содержащих ОВ и его дериваты, ничтожно мала.

На этапах тектогенеза массообменные процессы в подземной гидросфере во многом определяются законами нелинейной геодинамики. Тектонодинамическая дезинтеграция пород, сопровождающаяся спонтанным изменением энергетического состояния твердой и жидкой фаз в системе породы – флюиды, превращает флюидонасыщенные толщи из пассивных в весьма активные элементы подземной гидросферы. Благодаря значимым флуктуациям пустотного пространства коллекторов,

снижению вязкости флюидов и изменению межфазовых взаимодействий, под влиянием энергетических полей (сейсмическая вибрация, электромагнитное излучение, акустическая эмиссия и т.п.) возрастает подвижность флюидов, что, в свою очередь, интенсифицирует массообменные процессы в горных породах на всех этапах перевода УВ из рассеянного в гомогенное состояние и их локализации в ловушках.

Результаты этих и многих других исследований были успешно использованы в качестве теоретической основы для количественной оценки перспектив газоносности территории СССР. Впервые она была выполнена в 1956 г. под руководством В.Г. Васильева и В.П. Ступакова. В дальнейшем ее методологические основы и методы постоянно совершенствовались благодаря исследованиям Г.И. Амурского, Е.В. Захарова, Н.А. Крылова, В.А. Скоробогатова, В.Л. Соколова, В.И. Старосельского, В.П. Ступакова, М.О. Хвилевичко, Э.В. Чайковской и других.