

УДК 551.2.03
DOI 10.29222/ipng.2078-5712.2018-23.art39

ВОСПОЛНЯЕМЫЕ И НЕВОСПОЛНЯЕМЫЕ ЗАПАСЫ УГЛЕВОДОРОДОВ КАК ОТРАЖЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Лобусев А.В., Лобусев М.А., Бочкарев А.В., РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
E-mail: lobusev@gmail.com

Аннотация. В докладе рассмотрены: источник (генезис) восполняемых запасов, принципы выделения и схемы формирования восполняемых и невосполняемых запасов УВ, прямые, косвенные свидетельства и механизмы восполнения запасов УВ, генетическая основа рассмотрения проблемы невосполнения трудноизвлекаемых запасов, размещение и вероятные причины появления реликтовых невосполняемых запасов.

Ключевые слова: восполняемые и невосполняемые запасы, переформирование залежей, трудноизвлекаемые запасы.

RENEWABLE AND NON-RENEWABLE RESERVES OF HYDROCARBONS AS A REFLECTION OF FIELD FORMATION PROCESSES

Lobusev A.V., Lobusev M.A., Bochkaryov A.V., Gubkin Oil and Gas University
E-mail: lobusev@gmail.com

Abstract The report considers: the source (genesis) of renewable reserves, the principles of renewable and non-renewable hydrocarbon reserves detection and formation, direct, indirect evidences and mechanisms for replenishing of hydrocarbon reserves, a genetic basis for considering the problem of non-replenishment of hard-to-recover reserves, the location and the likely causes of relict non-renewable stocks.

Keywords: renewable and non-renewable reserves, deposits reformation, hard-to-recover reserves.

1. XXI век ознаменовался бурным развитием научных и прикладных исследований в области перспектив разведки и разработки залежей с восполняемыми и невосполняемыми ресурсами УВ. Такое положение вызвано: а) быстрым экономическим ростом передовых промышленно развитых стран, требующих для своего развития дополнительных источников углеводородного сырья, б) озабоченностью мирового сообщества перспективой истощения в ближайшем будущем запасов действующих месторождений УВ и нефтегазовых ресурсов планеты в перспективе, в) отсутствием

удовлетворительного объяснения механизмов формирования восполняемых запасов и промышленных скоплений УВ, не укладывающегося в рамки общепринятых представлений.

По отношению к источнику генерации УВ все месторождения нефти и газа в мире делятся на две большие группы: первая с восполняемыми запасами, и вторая с невосполняемыми запасами УВ. Достаточно много примеров, когда месторождения УВ каждой группы принадлежат одной генерационно-аккумуляционной системе, к одному источнику генерации. Продолжается изучение механизмов образования каждой генетической группы скоплений флюидов в недрах осадочно-породных бассейнов [1, 2, 3, 4].

Феномен пополнения запасов нефти и газа первоначально был обнаружен специалистами в области разработки нефтегазовых залежей. В соответствии с первой научной парадигмой, нефть и газ являются восполняемыми природными продуктами, освоение которых должно строиться, исходя из научно обоснованного баланса объемов УВ естественной генерации, с одной стороны, и отбора в процессе эксплуатации залежей – с другой [Соколов Б.А. и Гусева А.Н., 1993 г.]. Исторически сложилось, что нефть и природный газ относили к невосполняемым полезным ископаемым. Эта «истина» заложена в инструкции по подсчету запасов и регламенты по составлению документов на разработку залежей. И если приходится пересчитывать запасы и пересоставлять проектную технологическую документацию, то появление дополнительных запасов списывается на несовершенство геологической и гидродинамической моделей, особенно при низкой изученности залежей. На самом деле, такие пересоставления документов для многих месторождений вызваны восполнением запасов УВ в залежах по мере их истощения в процессе разработки. Не случайно, поэтому наперечет месторождения, окончательно выведенные из эксплуатации по причине отсутствия нефти или газа, но ко многим следует вернуться после генетической экспертизы и периода пополнения запасов.

Академик И.М. Губкин был первым, кто начал развивать фундаментальные представления о процессах нефтегазообразования как имеющих глобальный и постоянный (непрерывный) характер, что подразумевает обновление и преобразование залежей УВ. Проблемы, связанные с восполняемыми и невосполняемыми запасами, рассматривали А.Н. Дмитриевский, Р.Х. Муслимов, Н.П. Запивалов, И.Е. Баланюк, В.П. Гаврилов, В.А. Бочкарев, А.В. Бочкарев, С.Б. Остроухов, И.В. Корнева, М.Н. Смирнова,

К.Б. Аширов, Т.М. Боргест, Л.М. Ситдикова, В.И. Корчагин, В.А. Трофимов и многие другие.

2. Каждая гипотеза происхождения УВ позволяет утверждать о неограниченных возможностях каждой из них для непрерывной генерации УВ и восполнения запасов в залежах нефти и газа. Примером может служить Ромашкинское месторождение, где отобрано около миллиарда тонн нефти сверх того, что может вместить ловушка. Так, академик Р.Х. Муслимов и другие считают, что дополнительные запасы поступают в ловушку из фундамента, другие исследователи – из материнских осадочных отложений.

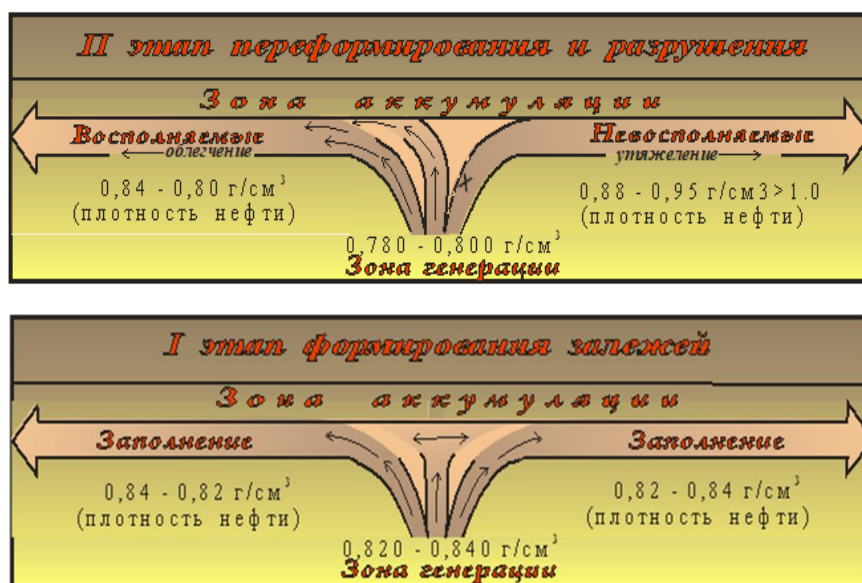
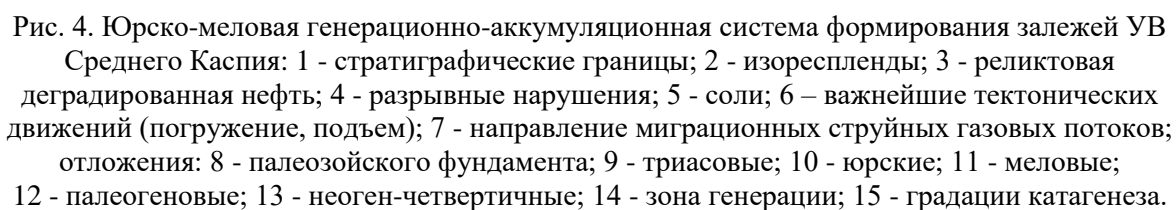
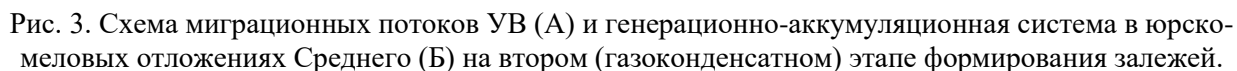
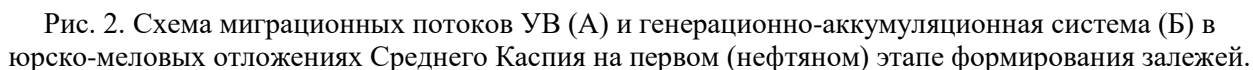


Рис. 1. Схема появления залежей с восполняемыми и невосполняемыми запасами в пределах единой генерационно-аккумуляционной системы.

3. В погружающихся осадочно-породных бассейнах непрерывно и постоянно действуют генерационно-аккумуляционные углеводородные системы, которые являются главным механизмом восполнения запасов в залежах, формирующихся и переформирующихся на путях миграции УВ (рис.1, 2, 3, 4, 5, 6). В современных условиях материнские отложения в наиболее погруженных областях передовых прогибов Предкавказья являются масштабным источником УВГ, в результате чего на большей их части при решающем влиянии газовых потоков на миграционных путях господствует газовая среда.

С восполняемыми запасами месторождения становятся в процессе непрерывного поступления УВ в ловушку на первом и втором этапах формирования и переформирования залежей. Новая газоконденсатная история подобных залежей (второй этап) связана с неисчерпаемыми запасами зоны генерации УВГ (рис.1, 2, 3, 4, 5, 6).



4

карбонатных, горючих и битуминозных) сланцах сопряжены во времени, пространстве и взаимообусловлены. Аномальные явления в битуминозных глинах (повышенные: пластовое и поровое давление, температура, плотность и катагенез отложений, содержание сульфидов и др.) вызваны процессами генерации УВ в изолированной системе и трещинообразования в тупиках флюидоразрыва пород. В результате залежи УВ в глинистых формациях (месторождения) являются одновременно нефтематеринской толщей, коллектором и флюидоупором.

5. Признаки непрерывного восполнения запасов: 1) ловушка должна быть предельно (под замок или точку перелива) заполнена УВ - одно из важнейших условий существования самой генерационно-аккумуляционной системы; 2) приуроченность очагов возобновляемых и высокодебитных источников УВ к тем разрывным нарушениям, по которым осуществляется их вертикальная миграция по зонам дробления пород в плоскости сместителя сброса (сдвига); чем выше плотность сбросов, тем активнее доставка и шире стратиграфический диапазон нефтегазоносности отложений.

6. По ходу непрерывного перемещения УВ в восполняемых залежах закономерно меняется состав и свойства нефти и газа (сверху вниз увеличение плотности нефти, плотности и содержания конденсата в пластовом газе, уменьшение содержания метана, газосодержания в жидкой фазе и т.д.). Пересчеты геологических и извлекаемых запасов в сторону увеличения и пересоставления проектных документов вызваны восполнением запасов УВ в залежах по мере их истощения в процессе их многолетней разработки.

7. Чем быстрее восполняются запасы в залежах, тем выше экономическая выгода их освоения. Процессы перемещения УВ и пополнения залежей проходят неравномерно и с неодинаковой скоростью. Чем ближе залежи на путях миграции к зоне генерации, тем скорее процессы их восполнения. При любой скорости формирования и переформирования (восполнения, пополнения) все залежи, находящиеся на современных путях миграции УВ, являются молодыми (современными) по возрасту. Время формирования ловушки определяет не время формирования в ней скопления УВ, а время начала поступления в нее первых порций УВ и последующего заполнения и переформирования залежи (гистерезис). Чем значительнее перепад давлений между зоной генерации (АВПД) и зонами накопления (гидростатические давления), тем энергичнее продвигаются вновь образовавшиеся УВ к залежам на путях миграции, тем самым ускоряя процесс их восполнения.

Чем круче угол регионального наклона (воздымания) пластов, тем интенсивнее доставка УВ в залежи. Вертикальная миграция УВ по зонам дробления нарушений и жерлам грязевых вулкановкратно превосходит по интенсивности перемещения латеральную миграцию по пласту. Восполнение запасов на путях вертикальной миграции происходит за месяцы и меньше, а на путях латеральной (ступенчатой) миграции от десятков до тысяч лет в зависимости от протяженности генерационно-миграционной системы.

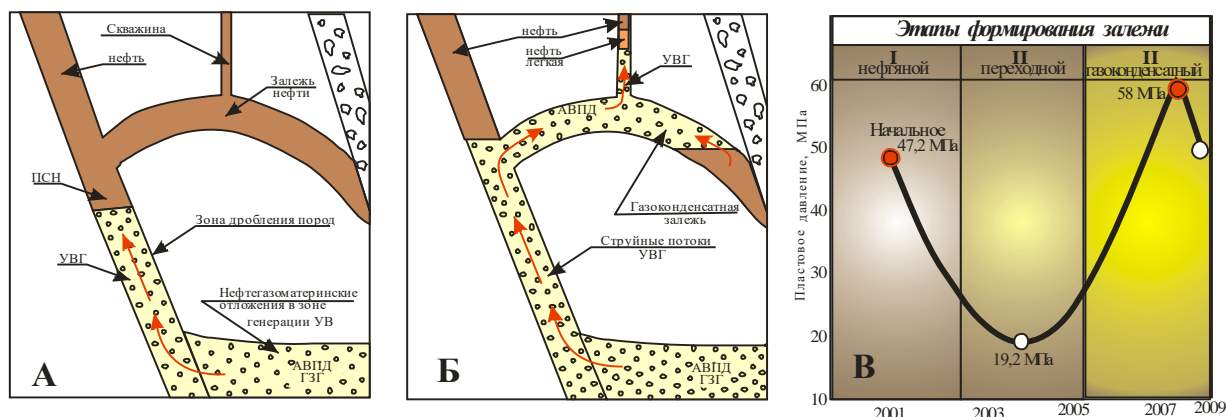


Рис. 5. Начальное состояние (А) и переформирование (Б) нефтяной залежи в газоконденсатную в кизилевском и черепетском горизонтах; изменение пластового давления в скв. 2 (В) Алексеевского месторождения в процессе разработки.

На втором этапе образуются, перемещаются и аккумулируются существенно более подвижные активные и агрессивные УВГ, которые обеспечивают по сравнению с первым (нефтяным) этапом более высокие скорости процессов пополнения и изменения свойств флюидов залежей за более короткое время по сравнению с первым (нефтяным) этапом. Природные факторы обуславливают преимущественно длительные по времени, но последовательные процессы переформирования нефтяных местоскоплений в газоконденсатные. Техногенный фактор (ввод залежей в разработку) нарушает установившееся относительное равновесие в пласте, ускоряя естественный подток и внедрения УВ в за-лежи, компенсируя величину их отбора. На втором (газоконденсатном) этапе там, где поступление УВГ в залежи не прерывается, происходит процесс переформирования нефтяных залежей в газоконденсатные (рис. 5). Скорость формирования нефтяных залежей на первом этапе значительно уступает скорости формирования газовых залежей на втором этапе. Масштабы и скорость формирования (переформирования) залежей увеличивается на втором этапе: вовлекается в генерационный процесс кратно больший объем материнских пород с более широким

диапазоном градаций катагенеза с увеличением их толщин, в связи с чем существенно расширяется наряду с объемом и площадь зоны газо-генерации. Чем продолжительнее второй этап, тем шире возможности доставки дополнительных УВ, вплоть до переформирования нефтяных залежей в газоконденсатные. На втором этапе, чем ближе залежи УВ в генерационно-аккумуляционной системе к источнику генерации, тем больше газа (меньше нефти) в составе УВ смеси (в фазовом соотношении). Залежи пополняются УВ, как в результате их отбора, так и до отбора нефти за счет различного по времени процесса их движения, при этом меняя состав и свойства самой нефти и газа по ходу миграции на каждом новом отрезке времени. Интенсивность этих изменений неодинаковая по разным причинам и зависит прежде всего от скорости перемещения УВ по трассам миграционного пути.

От первых, поступивших в ловушку порций УВ, может не остаться и следа. Нефтяная фаза в процессе постепенного переформирования может перейти в газоконденсатную, а затем в газовую фазы, но на любом этапе этого процесса УВ сохраняют генетические признаки («ДНК») с исходным материнским веществом.

8. Ввод залежи в разработку нарушает установившееся относительное равновесие в пласте, ускоряя естественный подток и внедрения в нее УВ, компенсируя величину их отбора, что доказано на многочисленных примерах, разрабатываемых местоскоплений. Если скорость извлечения в разы превышает (форсированный отбор) скорость естественного пополнения, то залежь временно истощается. На втором (газоконденсатном) этапе на тех месторождениях, где поступление УВГ в залежи не прерывается, происходит процесс переформирования нефтяных залежей в газоконденсатные: постепенный до ввода и прорывной после ввода в разработку. Залежи пополняются УВ в результате их отбора, меняя состав и свойства самой нефти и газа по ходу миграции на каждом новом отрезке времени. Интенсивность этих изменений зависит прежде всего от скорости перемещения УВ по трассам миграционного пути и интенсивности их отборов в процессе эксплуатации добывающих скважин. На месторождении Ю. Корчагина отражением процесса поступления дополнительных УВГ стал начатый природой ускоренный с началом разработки процесс сокращения по толщине нефтяной оторочки с начальных 70 м до современной толщины 20 м с соответствующим увеличением толщины газовой шапки: с 40 м до 110 м (современное положение) (рис. 6). Анализ условий формирования, а также разработки юрско-меловой

залежи месторождения им. Ю. Корчагина свидетельствуют о том, что УВГ поступают со стороны широтного сброса, о чем свидетельствуют обращенные к нему линии равных значений начального газового фактора и отношение нефть-газ в продукции скважины. Сброс имеет решающее значения в процессах восполнения запасов УВ в залежах. В результате формируются закономерные зональные изменения емкостно-фильтрационных свойств пород по направлению к протяженным разрывным нарушениям и прямая связь продуктивных и высокодебитных скважин с зональностью типов пород в приразломных зонах. Восполняемые УВ содержатся в трещинах и порах, соотношение которых между собой меняется по мере удаления от дизъюнктива.

Для длительного и максимального извлечения нефти из действующих эксплуатационных скважин в закрытых термодинамических системах нельзя прибегать к интенсивному отбору жидкостей из скважин, а также ликвидировать скважины на выработанных площадях. В таких залежах высокие темпы отбора продукции из скважин, а также применяемые методы поддержания пластового давления в продуктивных пластах неэффективны, поскольку могут на длительное время нарушить систему пополнения разрабатываемых залежей дополнительными объемами УВГ.

9. Залежи нефти с невосполняемыми запасами становятся в процессе переформирования и разрушения залежей и должны рассматриваться с генетических позиций (по условиям потери связи с зоной генерации). Для залежей с невосполняемыми запасами в условиях отсутствия подтока УВ состав остаточной нефти изменяется в сторону утяжеления до твердых битумов и асфальтов. Ввиду отсутствия восполнения геологические запасы нефти таких скоплений являются фиксированными (неизменными), меняется только в сторону уменьшения КИН и сокращения извлекаемых запасов. Невосполнение запасов нефти в залежах можно рассматривать как процесс их последовательного разрушения. Разрушение залежей происходит под влиянием тектонических, биохимических, химических и физических процессов. На Хвалынском поднятии на первом (нефтяном) этапе были сформированы нефтяные залежи: наиболее крупные в верхней части разреза под региональной титонской ангидритовой крышкой и в известняках кимериджа. На время их формирования нефти характеризовались высокой подвижностью и высокими товарными свойствами. На втором (газоконденсатном) этапе в результате регионального или локального изменения структурного плана нефтяные залежи потеряли гидродинамическую связь с источником генерации и в настоящее время

продолжается процесс их деградации за счет потери летучих компонентов (растворенный, свободный газ и легкие низкомолекулярные жидкие фракции самой нефти) (рис. 4).

10. Методология решения конкретных практических задач освоения залежей с восполняемыми и невосполняемыми запасами базируется на изучении истории формирования дополнительных ресурсов нефти и газа и механизмов их доставки в разрабатываемые залежи, а также на анализе причин появления в разрезе отложений трудно и неизвлекаемых нефтяных скоплений.

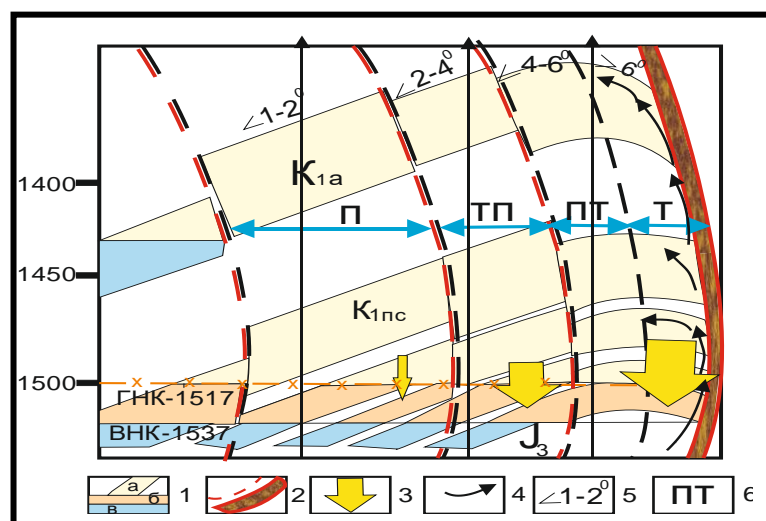


Рис. 6. Схема поступления углеводородных газов со стороны широтного сброса в ловушки и со стороны газовой шапки в нефтяную оторочку. 1 – разноразмерная нефтегазоконденсатная залежь: а – газовая шапка, б – нефтяная оторочка, в – подстилающая вода; 2 – сбросы; 3 – направление и интенсивность внедрения газа в нефтяную оторочку; 4 – вертикальная миграция УВГ по зоне дробления сброса и поступления в пласты-коллекторы; 5 – углы падения поверхности пласта; 6 – типы коллекторов: Т-трещинный; ПТ-порово-трещинный; ТП-трещинно-поровый; П-поровый.

Когда известен механизм формирования залежей УВ, можно предложить экономически и технологически наиболее эффективные способы продления жизни залежей с восполняемыми запасами и повышения КИН трудноизвлекаемых запасов нефтяных скоплений, находящихся в стороне от современных путей миграции УВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дмитриевский А.Н., Баланюк И.Е., Каракин А.В. и др.* Современные движения земной коры и механизм возобновления запасов углеводородов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2008. №5. С.9–20.
2. *Бочкарев В.А., Бочкарев А.В.* Восполняемые запасы залежей углеводородов. –М.: ОАО ВНИИОЭНГ. – 2017. – 276 с.
3. *Лобусев А.В.* Новый подход к оценке и прогнозу продуктивности нефтегазонасыщенных пород. //Академический журнал Западной Сибири. - №2 (51). Том 10. 2014. С.45-47.
4. *Лобусев М.А.* Генезис углеводородов в юрско-меловых отложениях и пути повышения коэффициента извлечения нефти на месторождениях Северного Каспия. - «Геомодель-2017». - Геленджик: EAGE. – 2017. Submission ID: 43706.