

# ПОДЗЕМНАЯ ГИДРОСФЕРА ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ – КАК НАФТИДОГЕНЕРИРУЮЩАЯ СИСТЕМА (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНО-КАСПИЙСКОГО БАССЕЙНА)

А.А. Фейзуллаев

Институт геологии и геофизики Национальной Академии наук Азербайджана, Баку, Азербайджан  
E-mail: fakper@gmail.com

В статье представлен анализ содержания органического вещества (ОВ), растворенного в пластовых водах и водах грязевых вулканов (ВРОВ) нефтегазоносного Южно-Каспийского бассейна (ЮКБ), и особенностей его распределения со стратиграфической и гипсометрической глубиной. Стратиграфический интервал исследований охватывает период от нижнего плиоцена до юры, а глубинный – от 73 до 6043 м. В указанных интервалах значения ВРОВ в пластовых водах изменяются от 4,1 мг/л до 271,2 мг/л, составляя в среднем (по 219 анализам) 48,9 мг/л. Установлена хорошая корреляция значений ВРОВ и ОВ в породах. В обоих случаях наиболее высокими значениями характеризуются палеогеновые и юрские породы. В изменении ВРОВ с глубиной отмечается увеличение его значений с глубины примерно 3,3 км, что, возможно, связано с началом катагенетического преобразования ОВ в углеводороды в породно-водной системе. Установлена зависимость содержания ВРОВ от минерализации воды: наиболее высокие его значения характерны для вод с минерализацией не выше 50 г/л. Воды грязевых вулканов характеризуются невысокими содержаниями ВРОВ и низкой минерализацией, что, вероятнее всего, объясняется их конденсационной природой.

Проведенные исследования подтверждают идею об участии ВРОВ, наряду с ОВ пород, в процессах генерации нефти и газа. Процесс превращения ОВ в нефть и газ в водном растворе должен учитываться в бассейновом моделировании и при оценке прогнозных ресурсов УВ осадочного бассейна.

**Ключевые слова:** осадочный бассейн, пластовая вода, вода грязевых вулканов, органическое вещество, нефть и газ

**DOI:** <https://doi.org/10.18599/grs.19.4.2>

**Для цитирования:** Фейзуллаев А.А. Подземная гидросфера осадочных бассейнов – как нефтидогенерирующая система (на примере Южно-Каспийского бассейна). *Георесурсы*. 2017. Т. 19. № 4. Ч. 1. С. 311-318. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.19.4.2>

## Введение

Осадочные породы широко распространены на нашей планете. Вместе с современными осадками, выстилающими дно Мирового океана и водных бассейнов суши, они составляют осадочную оболочку Земли. Мощность осадочной оболочки Земли меняется в широких пределах: от 0 до 20-30 км. Общий объем пород осадочной оболочки оценивается в  $1,1 \times 10^9$  млн. км<sup>3</sup>, что составляет около 11% объема земной коры (Ронов, 1980).

Согласно существующим представлениям, все пустоты осадочных горных пород (за исключением углеводородных залежей) ниже уровня грунтовых вод заполнены водой, в связи с чем масса содержащихся в этих породах вод достаточно велика. По имеющимся оценкам (Зверев, 2001) всего в осадочной оболочке земной коры содержится  $3,0 \cdot 10^{23}$  г воды. В частности в Южно-Каспийской впадине (ЮКВ) объем этих вод составляет около  $5,3 \cdot 10^{20}$  г (Зверев и др., 1998). Подземные воды представлены как в свободной, так и связанной (адсорбированной) форме.

На огромную роль воды в геологических процессах указывал в своих трудах В.И. Вернадский. Он считал, что состав воды есть функция длительной эволюции системы вода – порода – газ – органическое вещество (Вернадский, 2003).

Фундаментальным свойством этой системы является ее равновесно-неравновесное состояние (Вернадский, 2003; Шварцев, 1997, 2008; Bullen, Wang, 2007). Вода в

порово-трещинном пространстве находится в непрерывном взаимодействии с минеральным скелетом пород, которое максимально в тонкодисперсных (глинистых) породах, на долю которых приходится около 70% от общего объема осадочных пород. Вода на всех этапах взаимодействия с породами постоянно и непрерывно концентрирует одни элементы и рассеивает другие, что проявляется закономерным изменением состава водного раствора. Эвакуация подвижных минеральных и органических веществ (ОВ) из породы сопровождается постепенным повышением их содержаний в поровых водах.

ОВ вод является лишь частью органической составляющей водно-породной системы осадочных бассейнов. Различают автохтонное ОВ, образующееся в самом водном объекте в результате жизнедеятельности водных организмов, и аллохтонное ОВ, поступающее в него извне (Лозовик, 2012). Основным источником ОВ в водоеме является фитопланктон (Винберг, 1960; Виноградов, 2004). Однако водорастворенное ОВ может быть унаследовано не только от вод седиментационного бассейна, но и включать ОВ, перешедшее в подземные воды из пород (хорошо растворимые в воде органические кислоты, подвижные продукты превращения рассеянного ОВ и др.) в процессе литогенеза.

Опытами М.Е. Альтовского и др. (1962) показано, что взаимопереходы ОВ в системе вода-порода определяются

соотношениями их концентраций и сорбционной способностью пород. При этом существенное влияние на величину содержания водорастворенного ОВ (ВРОВ) в подземных водах оказывает обогащенность пород рассеянным ОВ (Швец, 1982; Барс и др., 1990).

Общее количество ОВ в подземных водах соизмеримо с количеством ОВ во многих природных объектах и уступает лишь содержанию его в осадочных породах (Зверев, 2001).

Выполненные рядом ученых (Альтовский и др., 1962; Зингер, Долгова, 1982; Зингер, 1995; и др.) теоретические и экспериментальные исследования позволили установить идентичный характер распределения ОВ в системе пластовая вода-водовмещающая порода. Это послужило основанием впервые выдвинуть идею о возможном участии в нефтегазогенерации не только ОВ пород, но и ВРОВ (Альтовский и др., 1962; Кудряков В.А., 1982 и др.).

Фоновое содержание ВРОВ, как и ОВ пород, регулируется в основном такими факторами, как эволюция бассейна осадконакопления, интенсивность привноса ОВ с окружающей суши водными потоками, обстановка процесса седиментации, процессы литогенеза и др.

Существенное влияние на величину содержания ВРОВ в подземных водах оказывает обогащенность пород рассеянным ОВ (Швец, 1982) (Табл. 1).

Очевидная позитивная зависимость фоновых концентраций ОВ подземных вод от его концентрации в водовмещающих породах на основании анализа более 1500 определений различных показателей состава ОВ в водах и около 3000 определений состава ОВ в породах для восточной части Азово-Кубанского и западной части Средне-Каспийского нефтегазоносных бассейнов была установлена Е.А. Барс с соавторами (1967) (Рис. 1).

Южно-Каспийский бассейн (ЮКБ) является одним из старейших и хорошо изученных нефтегазоносных бассейнов. Однако целенаправленных исследований по анализу региональных закономерностей распределения ОВ в подземных водах, их связи с ОВ пород, при оценке роли ВРОВ в нефтегазогенерации до сих пор не проводилось.

Целью данной статьи является обобщение и анализ накопленных на сегодняшний день всех данных о содержании ОВ в пластовых водах различных стратиграфических комплексов, а также грязевых вулканов, и его корреляция с содержанием ОВ в осадочных породах ЮКБ.

### Фактический материал

Представленные в данной статье результаты исследований базируются на около 300 анализах пластовых вод и вод грязевых вулканов, а также более 400 данных о содержании ОВ в породах ЮКБ. Стратиграфический интервал исследований охватывает период от нижнего плиоцена до юры, а глубинный – от 73 до 6043 м.

### Результаты и их обсуждение

Южно-Каспийский бассейн занимает обширную область прогиба земной коры, включающей ЮВ часть Куринского межгорного прогиба, Западно-Туркменскую впадину и расположенную между ними глубоководную котловину Южного Каспия. В гидрогеологическом понимании ЮКБ представляет собой классический элизионный бассейн (Костикова, 2002).

Возраст пород	С <sub>орг</sub> пород, %	С <sub>орг</sub> подземных вод, мг/л
Неоген	0,9	14,4
Палеоген	0,9	8,3
Мел	0,5	4,2
Палеозой	0,3	2,6

Табл. 1. Зависимость содержания ВРОВ от обогащенности пород органическими веществами

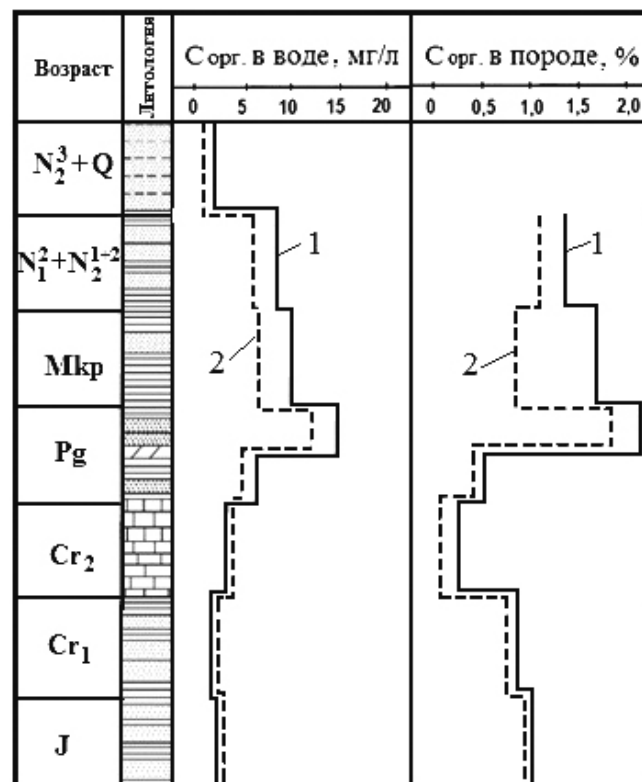


Рис. 1. Содержание ОВ в водах и породах Предкавказья: 1 – Азово-Кубанский бассейн; 2 – Средне-Каспийский бассейн (Барс и др., 1967)

Содержание ОВ в породах осадочного комплекса ЮКБ было изучено ранее преимущественно по естественным обнажениям различного стратиграфического возраста, результаты которых отражены в работах (Bailey et al., 1996; Guliyev et al., 1997; Feyzullayev et al., 2001; и др.). Согласно этим исследованиям наиболее высокими значениями суммарного органического углерода отличаются породы миоцен-олигоценовых отложений, которые относят к нефтематеринским (Guliyev, Feyzullayev, 1996; Katz et al., 2000; Feyzullayev et al., 2001; Gurgey, 2003; и др.).

Анализ изменения по разрезу усредненных по отдельным стратиграфическим комплексам значений этого параметра показал на его неравномерное распределение (Алиев и др., 2005). Как уже отмечалось, максимальными содержаниями ОВ характеризовались майкопские (олигоцен – нижний миоцен) отложения; повышенными значениями выделяются также юрские породы (Рис. 2).

С целью сопоставления с характером изменения по разрезу ОВ в породах в данной работе на основании созданной базы данных были также рассчитаны средние значения ВРОВ в пластовых водах различных стратиграфических комплексов ЮКБ: от нижнего плиоцена (ПТ) до юры. В рассмотренном стратиграфическом интервале ВРОВ

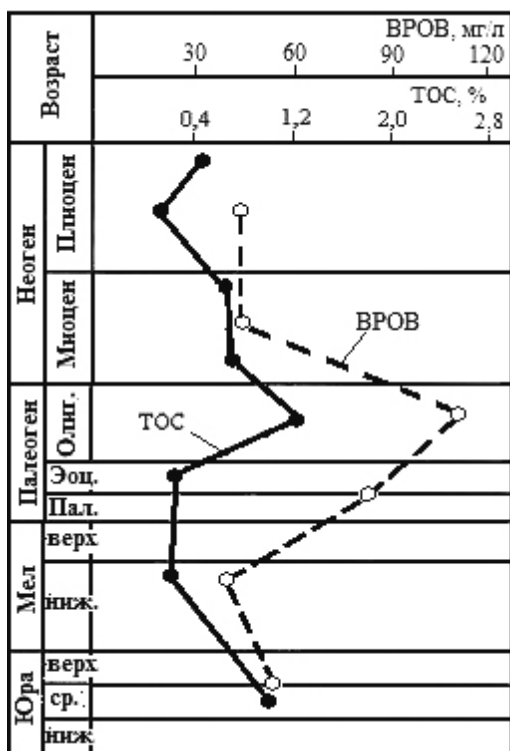


Рис. 2. Изменение со стратиграфической глубиной средних значений ОБ в породе и ВРОВ в ЮКБ

изменялось в пределах от 4,1 мг/л (ПТ) до 271,2 мг/л (ПТ). Средняя величина по 219 анализам составила 48,9 мг/л, что хорошо согласуется с ранее сделанными оценками по другим бассейнам, согласно которым фоновые значения растворенного ОБ в подземных водоносных комплексах нефтегазоносных бассейнов не превышают 50 мг/л (Кириухин и др., 1973; Шахновский, 2003).

Как видно из рисунка 2, характер изменения по разрезу средних значений ВРОВ хорошо согласуется с характером изменения содержания ОБ в породах. Некоторое отклонение в сторону более высоких значений ОБ в водах в сравнении с породами отмечается лишь для эоцен-плиоценового интервала разреза.

Содержание ОБ в пластовых водах различных стратиграфических комплексов ЮКБ более наглядно демонстрируют приведенные на рисунке 3 гистограммы распределения его значений. Согласно этим гистограммам в водах, также как и в породах, наиболее высокими значениями характеризуются нефтематеринские палеоген-миоценовые, а также юрские отложения.

Наиболее низкими концентрациями ОБ характеризуются воды грязевых вулканов.

Выявленная корреляция между содержанием ОБ в водах и вмещающих их породах позволяет заключить, что между породой и водой, являющимися составными частями единой породно-флюидной системы и находящимися в течение длительного геологического времени в непрерывном взаимодействии, устанавливается динамическое равновесие.

Причем, как показывают результаты исследований А. Schimmelmann, М. Mastaler (2001), динамическое равновесие проявляется и в выявленной на примере месторождений Австралии зависимости между изотопным составом водорода (отношение D/H) нефтей (различных их фракций) и находящихся в контакте с ними пластовых вод (Рис. 4).

Как известно, с глубиной меняются физические (температура и давление), химические (состав пластовой воды), литофациальные (плотность пород и их емкостно-фильтрационные свойства) и др. условия и сопутствующие им процессы (нефтегазообразование, дегидратация глин и т.д.). В связи с этим определенным интерес представляет анализ закономерностей изменения содержания ВРОВ с гипсометрической глубиной.

Как видно из рисунка 5А, отмечается ярко выраженная особенность изменения значений ВРОВ, общая для различных стратиграфических комплексов. Эта особенность выражается в наличии резкого скачка в сторону увеличения значений ВРОВ, отмечаемого с глубины примерно 3,3 км. Схожий характер отмечается и в изменении с глубиной нафтеновых кислот (Рис. 4Б), которые имеют прямую зависимость с количеством углеводородов (Смирнова, 2009).

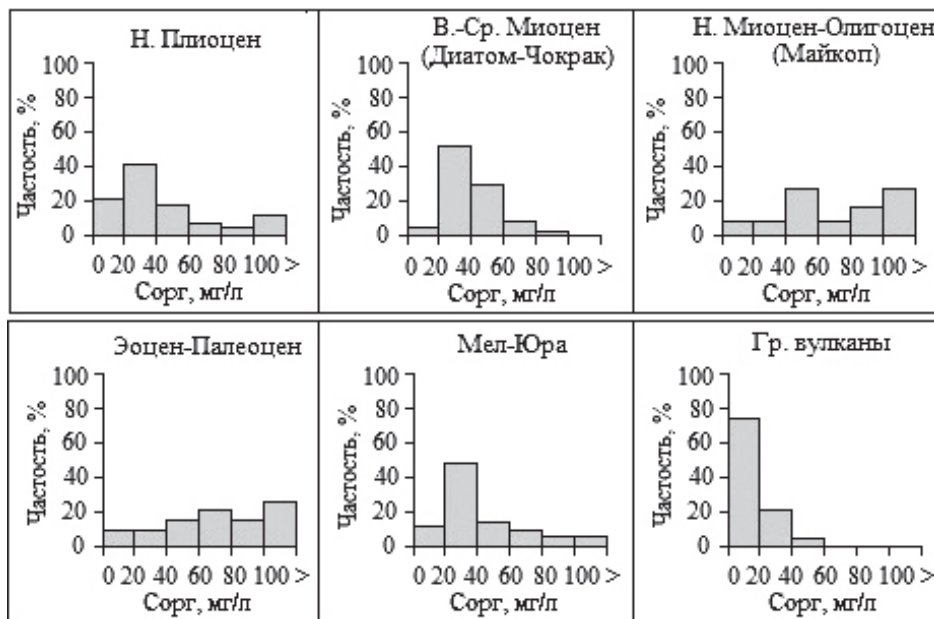


Рис. 3. Гистограммы распределения значений содержания ОБ в пластовых водах различных стратиграфических комплексов ЮКБ

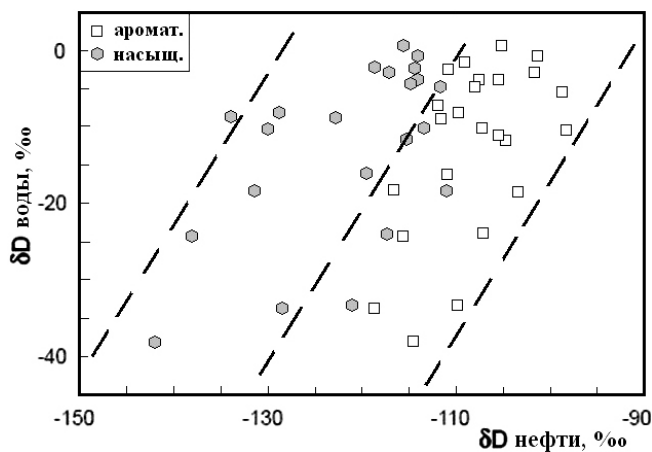


Рис. 4. Зависимость между изотопным составом водорода пластовой воды и различных фракций нефти (Schimmelmann, Mastaler, 2001)

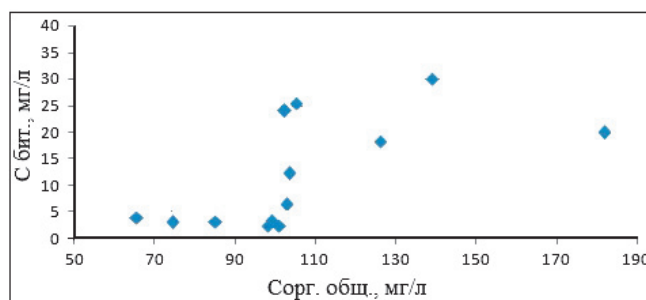


Рис. 6. Зависимость между содержанием в воде  $C_{орг.}$  и  $C_{бит.}$

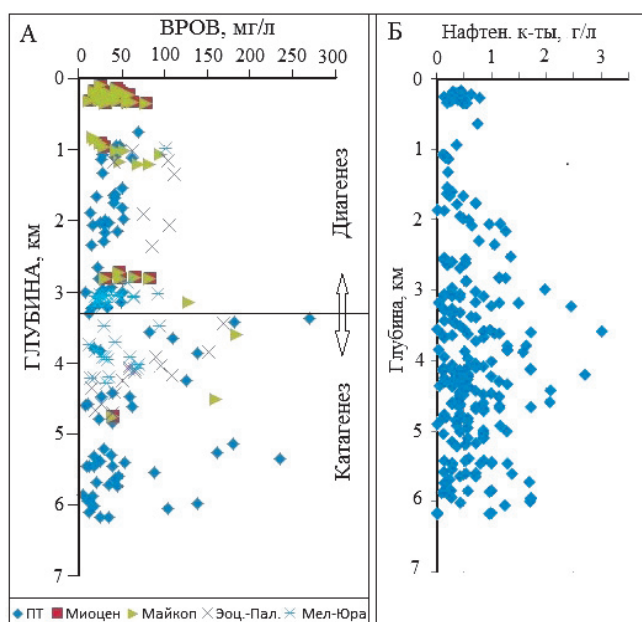


Рис. 5. Изменение с глубиной содержания водорастворенного ОВ, растворенного в пластовых водах различных стратиграфических комплексов ЮКБ (А), и содержания в водах нефтяных кислот (Б)

Вероятнее всего, это связано с переходом породно-водной системы из стадии диагенеза (где относительно низкие температуры еще не достаточны для термального разложения ОВ) в стадию катагенеза, где имеются благоприятные температурные условия для преобразования ОВ в УВ.

Учитывая относительно более высокие миграционные возможности нефти и газа в сравнении с их прародителем – ОВ, в зоне катагенеза начинается их переход из породы в воду, сопровождающийся увеличением в воде органической составляющей и битумоидов.

В пользу этого заключения указывает и характер зависимости ВРОВ от содержания углерода битумоидов ( $C_{бит.}$ ). Согласно рисунку 6 высоким содержаниям  $C_{орг.}$ , которые наблюдаются с глубины более 3 км (Рис. 5), соответствуют и высокие значения  $C_{бит.}$ , который является производным термального преобразования  $C_{орг.}$

А.А. Карцев с соавторами (1969) также считает, что седиментогенные воды растворяют образующиеся в

результате катагенеза ОВ углеводороды, и перемещаются вместе с ними в породы-коллекторы. При движении по коллекторам подземные воды могут дополнительно растворять некоторое количество УВ и других органических соединений, находящихся в коллекторских породах.

Исследованиями, проведенными В.М. Швецом (1973), было установлено, что содержанием ВРОВ зависит и от химического состава вод. Однако, согласно другим исследованиям (Методы и направления исследований органических веществ..., 1975) минерализация и химический состав вод оказывают неоднозначное влияние на содержание в них ОВ.

Для исследования взаимосвязи между указанными параметрами в пластовых водах ЮКБ были привлечены данные по хорошо изученной продуктивной толще.

Как видно из рисунка 7, в изменении отношения хлор-иона к гидрокарбонат-иону с глубиной отмечается картина, схожая с изменением с глубиной ВРОВ (Рис. 4А). И в этом случае, примерно с такой же глубины (3,5 км) наблюдается скачок в сторону увеличения рассмотренного параметра. Этот факт дает основание утверждать о существовании определенной зависимости между химическим составом воды и содержащимся в нем ОВ.

Из мирового опыта известна также зависимость содержания в водах ОВ от ее солености. Так, исследованиями

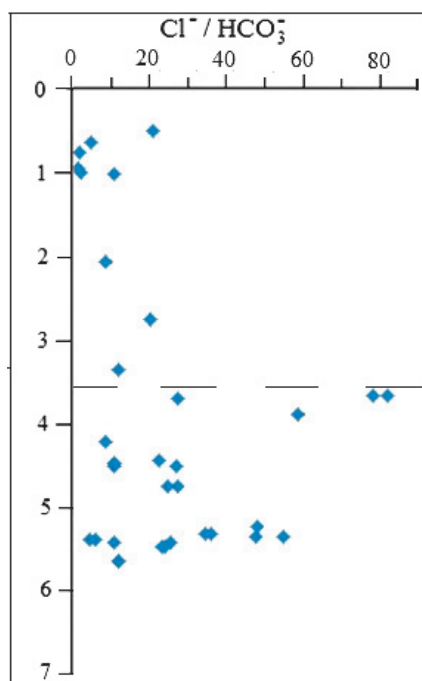


Рис. 7. Изменение с глубиной отношения хлор иона к гидрокарбонат иону

ВРОВ в скважинах месторождений Мичиганского бассейна (США), продуцирующих газ и воду, установлена зависимость содержания ОВ в пластовых водах от ее солености (Huang, 2004). Согласно результатам других исследований (Yan Chen et al., 2013), существует негативная связь между содержанием ВРОВ и соленостью воды.

Для исследования характера зависимости этих двух параметров применительно к геологическим условиям ЮКБ был построен соответствующий график, который приведен на рисунке 8.

Согласно рисунку 8, пластовые воды ЮКБ, содержащие высокие концентрации ВРОВ (более 70 мг/л), характеризуются относительно низкой минерализацией (меньше 50 г/л). В водах с минерализацией больше 60 г/л содержание ВРОВ низкое и изменяется в пределах 25-70 мг/л.

Вместе с тем встречаются также пластовые воды с низкими значениями ВРОВ (меньше 20 мг/л) и низкой минерализацией. Важно отметить, что такой же факт установлен и в Мичиганском бассейне США (Huang, 2004). Такие воды характерны и грязевым вулканам. По данным 24 анализов ВРОВ в водах грязевых вулканов ЮКБ изменяется от 7,9 мг/л до 108,5 мг/л (средняя – 28,6 мг/л), а минерализация воды – от 4,1 мг/л до 58,7 мг/л (24,2 мг/л). Такая же особенность ранее была выявлена при исследовании вод грязевых вулканов Таманского п-ова (Александрова, Барс, 1967).

Низкая минерализация и незначительное содержание ОВ в некоторых пластовых водах и грязевых вулканах, вероятнее всего, объясняется их конденсационным генезисом. В определенной степени подтверждением этому может служить установленная на примере месторождений Нефтьчала и Хиллы ЮКБ низкая минерализация пластовых вод непосредственно контактирующих с нефтью в сравнении с водами за контуром нефтеносности (Рис. 9). Учитывая, что нефти в ПТ имеют миграционную природу, то данное явление может быть связано с фазовыми переходами, обусловленными изменением термобарических условий в процессе субвертикальной миграции водно-нефтяного раствора.

Следует отметить также работу Т.С. Смирновой (2009), установившей, что воды газоконденсатных и нефтеносных залежей характеризуются весьма высокими концентрациями гидрокарбонатов.

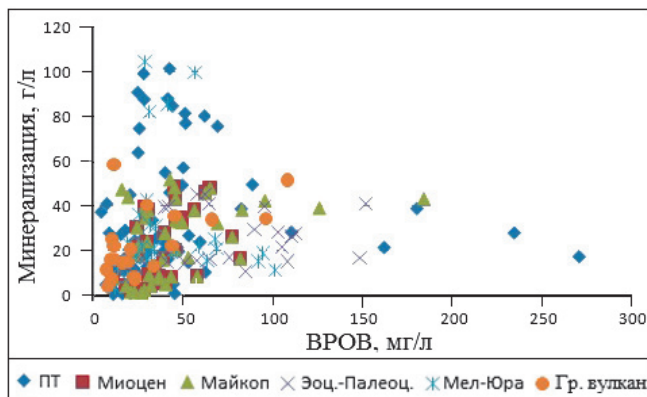


Рис. 8. Зависимость между содержанием ВРОВ пластовых вод различных стратиграфических комплексов и вод грязевых вулканов и минерализацией этих вод в ЮКБ

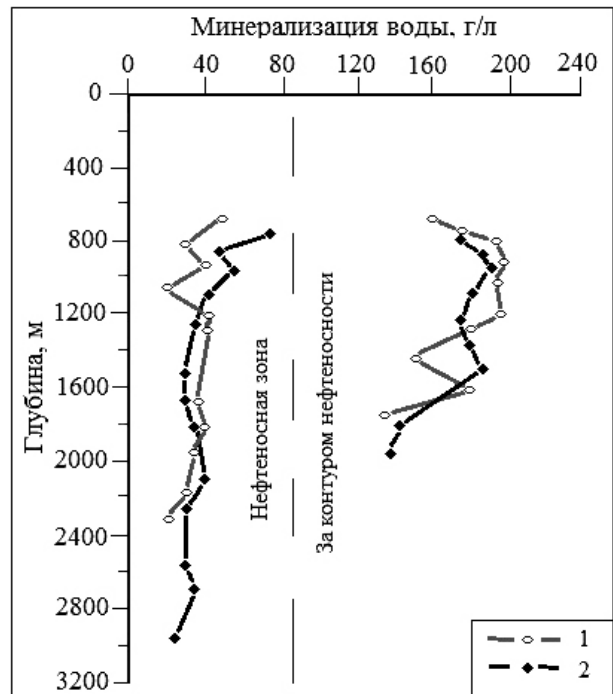


Рис. 9. Изменение минерализации пластовых вод с глубиной в пределах залежи нефти и за контуром нефтеносности площадей Хиллы (1) и Нефтьчала (2) ЮКБ (Фейзуллаев, 2010)

### Заключение

Анализ мирового опыта изучения ОВ в подземной гидросфере, а также полученные результаты настоящих исследований данной проблемы на примере ЮКБ позволяют заключить следующее.

Подземная гидросфера осадочных бассейнов (в том числе и ее органическая составляющая) является частью единой водно-породной системы, между составными частями которой происходит непрерывное взаимодействие и взаимообмен вещества, интенсивность которых зависит от комплекса геологических факторов. Следствием процессов взаимодействия между водой и вмещающей ее породой является установление в этой системе в процессе ее геологической эволюции динамического равновесия. Именно этим можно объяснить выявленную хорошую сходимость распределения ОВ в породах и пластовых водах осадочного разреза ЮКБ, зависимость между содержанием ОВ водах и их химическим составом и минерализацией, а также характер изменения этих параметров с глубиной.

По результатам проведенных исследований ВРОВ в ЮКБ можно сделать следующие выводы.

- Среднестатистическое значение содержания ВРОВ в пластовых водах ЮКБ в целом составляет около 50 мг/л, что хорошо согласуется с результатами по другим бассейнам.

- Распределение ВРОВ по разрезу неравномерное и хорошо коррелируется с содержанием ОВ в породах: наибольшие содержания его, как и в породах, отмечаются в палеоген-миоценовых и юрских отложениях. Такая взаимосвязь обусловлена первичной обогащенностью пород ОВ, степенью литификации пород, особенностями гидродинамического режима напорных комплексов и непрерывными процессами взаимодействия между водой и вмещающей ее породой.

- Выявлены особенности изменения содержания водорастворенного ОВ в пластовых водах с гипсометрической глубиной, которые характеризуются увеличением его значений с глубины примерно 3,3 км. Полагается, что это связано с началом катагенетических преобразований ОВ в УВ.

- Обнаружена характерная зависимость между содержанием ОВ в пластовых водах Южно-Каспийского бассейна и их минерализацией. Установлено, что наиболее высокие значения водорастворенного ОВ характерны для вод с минерализацией не выше 50 г/л. Встречены также пластовые воды с низкими значениями как ВРОВ, так и солености воды. К таким водам относятся и воды грязевых вулканов. По всей вероятности, эти воды имеют конденсационную природу.

Выполненные исследования подтверждают идею, что подземная гидросфера, являющаяся неразрывной частью единой породно-водной системы бассейна, может играть роль дополнительного источника УВ. В связи с этим процесс превращения органического вещества в нефть и газ в водном растворе должен учитываться в бассейновом моделировании и при оценке прогнозных ресурсов УВ осадочного бассейна.

Однако следует признать, что если для количественной оценки углеводородного потенциала пород широко и успешно используется в настоящее время экспрессный метод пиролиза пород (Espitalie et al., 1977), то для количественной оценки масштабов генерации УВ в водной среде экспрессный метод пока не разработан.

## Литература

- Александрова Т.И., Барс Е.А. Органическое вещество подземных вод Азово-Кубанского нефтегазоносного бассейна. *Органическое вещество подземных вод и его значение для нефтяной геологии*. М. Наука. 1967. С. 111-126
- Алиев Ч.С., Фейзуллаев А.А., Бабаев Ш.А. Радиоактивная и геохимическая характеристика мезо-кайнозойских отложений в восточном Азербайджане и их корреляция. *Известия НАН Азерб. Серия наук о Земле*. 2005. 2. С. 24-27
- Алтовский М.Е., Быкова Е.Л., Кузнецова З.И., Швеи В.М. Органические вещества и микрофлора подземных вод и их значение в процессах нефтегазообразования. М.: Гостоптехиздат. 1962. 293 с.
- Барс Е.А., Александрова Т.И., Висковский Ю.А., Польстер Л.А. О взаимосвязи органического вещества пород и вод (на примере Предкавказья). *Органическое вещество подземных вод и его значение для нефтяной геологии*. ВНИИОЭНГ, Москва. 1967. С. 62-67
- Барс Е.А., Селезнева Л.И., Скульская З.М. Водорастворимые органические вещества осадочной толщи. М.: Недра. 1990. 242 с.
- Вернадский В.И. История природных вод. М.: Наука. 2003. 751 с.
- Винберг Г.Г. Первичная продукция водоемов. Минск: Изд-во АН БССР. 1960. 329 с.
- Виноградов М.Е. Биологическая продуктивность океанических экосистем. *Новые идеи в океанологии*. Ред. М.Е. Виноградов, С.С. Лаппо. М.: Наука. 2004. Т. 1. С. 237-263
- Зверев В.П., Варванина О.Ю., Костикова И.А. Количественная оценка содержания подземных вод в породах осадочного чехла Каспийской впадины. *Геоэкология*. 1998. 5. С.93-99
- Зингер А.С., Долгова Р.С. К теории формирования органической составляющей подземных вод. *Исследования в области органической гидрогеохимии нефтегазоносных бассейнов*. Москва: Наука. 1982. С. 51-62
- Зингер А.С. Органическое вещество подземных вод и его использование для прямой оценки нефтегазоносности локальных структур. *Органическое вещество подземных вод и его значение для нефтяной геологии*. М.: ВНИИОЭНГ. 1967. С. 51-61
- Карцев А.А., Вагин С.Б., Басков Е.А. Палеогидрогеология. М.: Недра. 1969. 152 с.
- Костикова И.А. Седиментационные воды Каспийского осадочного бассейна и колебания уровня Каспия. *Автор. дисс. на соиск. уч. ст. канд. геол.-мин. наук*. Институт Геоэкологии РАН. Москва. 2002
- Кирюхин В.К., Мелькановицкая С.Г., Швеи В.М. Определение органических веществ в подземных водах нефтегазоносных областей. М.: Недра. 1973. 191 с.
- Кудряков В.А. Органические вещества подземных вод - дополнительный источник нефти и газа. *Органическая геохимия вод и поисковая геохимия*. М.: Наука. 1982. С. 62-65
- Лозовик П.А. Аллохтонное и автохтонное органическое вещество природных вод в различных объектах гидросферы. Грант РФФИ №12-05-00264. М. 2012. [http://www.rfbr.ru/rffi/tu/project\\_search/o\\_388692](http://www.rfbr.ru/rffi/tu/project_search/o_388692)
- Методы и направления исследований органических веществ подземных вод. *Труды ВСЕГИНГЕО*. 1975. Вып. 96. 375 с.
- Ронов А.Б. Осадочная оболочка Земли (количественные закономерности строения, состава и эволюции). *XX чтение им. В. И. Вернадского*. М.: Наука. 1980. 80 с.
- Смирнова Т.С. Гидрогеологические и геохимические особенности размещения углеводородов в пределах вала Карпинского. *Дис. на соиск. уч. ст. канд. геол.-мин. наук* Саратов. 2009. 156 с.
- Фейзуллаев А.А. Физико-химическое взаимодействие в системе осадочная порода-флюид в связи с онтогенезом нефти и газа (на примере Южно-Каспийского бассейна). *Известия НАН Азерб. Серия наук о Земле*. 2010. 4. С. 28-45
- Шахновский И.М. Альтернативные концепции нетегазообразования и современное состояние исследований по органической геохимии в нефтяной геологии. *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 2003. 9. С. 26-29
- Шварцев С.Л. Геологическая система «вода-порода». *Вестник Российской Академии Наук*. 1997. 67(6). С. 518-523
- Шварцев С.Л. Фундаментальные механизмы взаимодействия в системе вода – горная порода и ее внутренняя геологическая эволюция. *Литосфера*. 2008. 6. С. 3-24.
- Швеи В.М. Основные закономерности распределения органического вещества в подземных водах. *Органическая геохимия вод и поисковая геохимия*. М.: Наука. 1982. С. 47-52
- Швеи В.М. Органические вещества подземных вод. М.: Недра. 1973. 191 с.
- Bailey N., Guliyev I., Feyzullayev A. Source rocks in the South Caspian. *Proc. AAPG/ASPG Research Symposium "Oil and gas Petroleum Systems in rapidly subsiding basins"*. Baku, Azerbaijan. 1996. Pp. 409-421
- Bullen Th.D., Wang Y. Water-rock interaction. *Proc. 12-th Intern. Symp. (WRI-12)*. London: Taylor and Francis. 2007. 1706 p.
- Espitalie J., Laporte J. L., Madec M., Marquis F., Leplat P., Paulet J. and Boutefeu A. Methode rapide de caracterisation des roches meres, de leur potentiel petrolier et de leur degre d'evolution. *Rev. Inst. Fr. Pet.* 1977 32(1). Pp. 23-45
- Feyzullayev A.A., Guliyev I.S., Tagiyev M.F. Source potential of the Mesozoic-Cenozoic rocks in the South Caspian Basin and their role in forming the oil accumulations in the Lower Pliocene reservoirs. *Petroleum Geoscience*. 2001. 7(4). Pp. 409-417
- Guliyev I.S., Feyzullayev A.A. Geochemistry of hydrocarbon seepages in Azerbaijan in D. Shumacher and M. Abrams, eds "Hydrocarbon migration and its near-surface expression. *AAPG Memoir*. 1996. 66. Pp. 63-70
- Guliyev I., Feyzullayev A., Tagiyev M. Isotope-geochemical characteristics of hydrocarbons in the South Caspian Basin. *Energy, Exploration and Exploitation*. 1997. 15(4/5). Pp. 311-368.
- Gurgey K. Correlation, alteration, and origin of hydrocarbons in the GCA, Bahar, and Gum Adasi fields, western South Caspian Basin: geochemical and multivariate statistical assessments. *Marine and Petroleum Geology*. 2003. 20(10). Pp. 1119-1139
- Huang, Roger. Shale-Derived Dissolved Organic Matter as a Substrate for Subsurface Methanogenic Communities in the Antrim Shale, Michigan Basin, USA. Masters Theses 1911. 2008. <http://scholarworks.umass.edu/theses/86>
- Katz K.J., Richards D., Long D., Lawrence W. A new look at the components of the petroleum system of the South Caspian Basin. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2000. 28. Pp. 161-182
- Schimmelmann A., Mastalerz, M. Isotopically labile organic hydrogen in thermal maturation of organic matter. Summary of FY 2000 Geosciences Research. Washington, D.C. 20585. Grant: DE-FG02-00ER 15032. 2001. Pp. 150-151
- Yan Chen, Gui-Peng Yang, Guan-Wei Wu, Xian-Chi Gao, Qing-Yan Xia. Concentration and characterization of dissolved organic matter in the surface microlayer and subsurface water of the Bohai Sea, China. *Continental Shelf Research*. 2013. 52(1). Pp. 97-107

## Сведения об авторе

Акпер Акперович Фейзуллаев – профессор, академик НАНА, доктор геол.-мин. наук, руководитель отдела «Геохимия и флюидодинамика осадочных бассейнов»

Институт геологии и геофизики Национальной Академии наук Азербайджана

Азербайджан, Баку, Пр. Г. Джавид 119, AZ 1143

Тел: +9 9412 510 11 63, e-mail: fakper@gmail.com

Статья поступила в редакцию 14.07.2017;

Принята к публикации 25.10.2017;

Опубликована 30.11.2017

IN ENGLISH

# Underground Hydrosphere of the Sedimentary Basins as Naphtides-Generating System (on the Example of the South Caspian Basin)

A.A. Feyzullayev

Institute of Geology and Geophysics of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

E-mail: fakper@gmail.com

**Abstract.** The analysis of organic matter (OM) content dissolved in the formation waters and waters of mud volcanoes (water dissolved organic matter – DOM) of the oil and gas bearing South Caspian Basin and its distribution in stratigraphic and hypsometrical depth is given in the article. The stratigraphic interval of research covers the period from the Lower Pliocene to the Jurassic, and the depth interval: from 73 to 6043 m. In these intervals, the values of the DOM in reservoir waters vary from 4.1 mg/l to 271.2 mg/l, averaging (by 219 analyzes) 48.9 mg/l. A good correlation of the values of DOM and OM in rocks has been established. In both cases, Paleogene and Jurassic rocks have the highest values. In the change of the DOM with depth, an increase in its values from a depth of about 3.3 km is noted, which is possibly due to the onset of catagenetic transformation of OM into hydrocarbons in the rock-water system. The dependence of the DOM content on the mineralization of water has been established: its highest values are characteristic for waters with mineralization not higher than 50 g/l. The waters of mud volcanoes are characterized by low levels of DOM and low mineralization, which is most likely due to their condensation nature.

The conducted studies confirm the idea of the DOM participation, along with the OM of rocks, in the processes of oil and gas generation. The process of OM transformation into oil and gas in aqueous solution should be taken into account in basin modeling and in estimating the predicted resources of hydrocarbons in the sedimentary basin.

**Keywords:** sedimentary basin; formation water; water of mud volcanoes; organic matter; oil and gas

**For citation:** Feyzullayev A.A. Underground Hydrosphere of the Sedimentary Basins as Naphtides-Generating System (on the Example of the South Caspian Basin). *Georesursy = Georesources*. 2017. V. 19. No. 4. Part 1. Pp. 311-318. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.19.4.2>

## References

Aleksandrova T.I., Bars E.A. Organic matter of groundwaters in the Azov-Kuban oil and gas basin. *Organicheskoe veshchestvo podzemnykh vod i ego znachenie dlya neftyanoi geologii* [Organic matter of groundwater and its importance for petroleum geology]. Moscow: Nauka Publ. 1967. Pp. 111-126. (In Russ.)

Aliiev Ch.S., Feizullaev A.A., Babaev Sh.A. Radioactive and geochemical characteristics of Meso-Cenozoic deposits in the Eastern Azerbaijan and their correlation. *Izvestiya NAN Azerb. Seriya nauk o Zemle* [Proceedings of the NAS of Azerbaijan. Series of Earth Sciences]. 2005. 2. Pp. 24-27. (In Russ.)

Altovskii M.E., Bykova E.L., Kuznetsova Z.I., Shvets V.M. Organicheskie veshchestva i mikroflora podzemnykh vod i ikh znachenie v protsessakh neftegazooobrazovaniya [Organic matter and microflora of groundwaters and their importance in the processes of oil and gas formation]. Moscow: Gostoptekhizdat. 1962. 293 p. (In Russ.)

Bars E.A., Aleksandrova T.I., Viskovskii Yu.A., Polster L.A. About interrelation of organic matter of rocks and waters (on an example of Ciscaucasia). *Organicheskoe veshchestvo podzemnykh vod i ego znachenie dlya neftyanoi geologii* [Organic matter of groundwater and its importance for petroleum geology]. Moscow: VNIIOENG Publ. 1967. Pp. 62-67 (In Russ.)

Bars E.A., Selezneva L.I., Skul'skaya Z.M. Vodorastvorimye organicheskie veshchestva osadochnoi tolshchi [Water-soluble organic matter of sedimentary strata]. Moscow: Nauka Publ. 1990. 242 p. (In Russ.)

Bailey N., Guliyev I., Feyzullayev A. Source rocks in the South Caspian. *Proc. AAPG/ASPG Research Symposium "Oil and Gas Petroleum Systems in rapidly subsiding basins"*. Baku, Azerbaijan. 1996. Pp. 409-421

Bullen Th.D., Wang Y. Water-rock interaction. *Proc. 12-th Intern. Symp. (WRI-12)*. London: Taylor and Francis. 2007. 1706 p.

Espitalie J., Laporte J. L., Madec M., Marquis F., Leplat P., Paulet J. and Boutefeu A. Methode rapide de caracterisation des roches meres, de leur potentiel petrolier et de leur degre d'evolution. *Rev. Inst. Fr. Pet.* 1977 32(1). Pp. 23-45

Feizullaev A.A. Physical and chemical relationship in the sedimentary rock-fluid system in connection with the ontogenesis of oil and gas (on the example of the South Caspian basin). *Izvestiya NAN Azerb. Seriya nauk o Zemle* [Proceedings of the NAS of Azerbaijan. Series of Earth Sciences]. 2010. 4. Pp. 28-45 (In Russ.)

Feyzullayev A.A., Guliyev I.S., Tagiyev M.F. Source potential of the Mesozoic-Cenozoic rocks in the South Caspian Basin and their role in forming the oil accumulations in the Lower Pliocene reservoirs. *Petroleum Geoscience*. 2001. 7(4). Pp. 409-417

Guliyev I.S., Feyzullayev A.A. Geochemistry of hydrocarbon seepages in Azerbaijan in D. Shumacher and M. Abrams, eds "Hydrocarbon migration and its near-surface expression. *AAPG Memoir*. 1996. 66. Pp. 63-70

Guliyev I., Feyzullayev A., Tagiyev M. Isotope-geochemical characteristics of hydrocarbons in the South Caspian Basin. *Energy, Exploration and Exploitation*. 1997. 15(4/5). Pp. 311-368.

Gurgey K. Correlation, alteration, and origin of hydrocarbons in the GCA, Bahar, and Gum Adasi fields, western South Caspian Basin: geochemical and multivariate statistical assessments. *Marine and Petroleum Geology*. 2003. 20(10). Pp. 1119-1139

Huang, Roger. Shale-Derived Dissolved Organic Matter as a Substrate for Subsurface Methanogenic Communities in the Antrim Shale, Michigan Basin, USA. Masters Theses 1911. 2008. <http://scholarworks.umass.edu/theses/86>

Kartsev A.A., Vagin S.B., Baskov E.A. Paleogidrogeologiya [Paleohydrogeology]. Moscow: Nedra Publ. 1969. 152 p. (In Russ.)

Katz K.J., Richards D., Long D., Lawrence W. A new look at the components of the petroleum system of the South Caspian Basin. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2000. 28. Pp. 161-182

Kostikova I.A. Sedimentatsionnye vody Kaspiiskogo osadochnogo basseina i kolebaniya urovnya Kaspiya [Sedimentation waters of the Caspian sedimentary basin and fluctuations in the Caspian Sea level]. *Avtor. diss. kand. geol.-min. nauk* [Abstract Cand. geol. and min. sci. diss.]. Moscow: Institute of Geokology RAN. 2002. (In Russ.)

Kiryukhin V.K., Mel'kanovitskaya S.G., Shvets V.M. Opredelenie organicheskikh veshchestv v podzemnykh vodakh neftegazonosnykh oblastei [Evaluation of organic matter in underground waters of oil and gas bearing areas]. Moscow: Nedra Publ. 1973. 191 p. (In Russ.)

Kudryakov V.A. Organicheskie veshchestva podzemnykh vod – dopolnitel'nyi istochnik nefti i gaza [Organic substances of groundwater as an additional source of oil and gas]. *Organicheskaya geokhimiya vod i poiskovaya geokhimiya* [Organic geochemistry of water and search geochemistry]. Moscow: Nauka Publ. 1982. Pp. 62-65. (In Russ.)

Lozovik P.A. Allokhthonnoe i avtokhthonnoe organicheskoe veshchestvo prirodnykh vod v razlichnykh ob'ektakh gidrosfery [Allochthonous and autochthonous organic matter of natural waters in various hydrosphere objects]. Grant RFFI No. 12-05-00264. Moscow. 2012. [http://www.rffi.ru/rffi/ru/project\\_search/o\\_388692](http://www.rffi.ru/rffi/ru/project_search/o_388692) (In Russ.)

Metody i napravleniya issledovaniia organicheskikh veshchestv podzemnykh vod [Methods and studies of groundwater organic matter]. *Trudy VSEGINGEO* [Proceedings of the VSEGINGEO]. 1975. Is. 96. 375 p. (In Russ.)

Ronov A.B. Osadochnaya obolochka Zemli (kolichestvennyye zakonomernosti stroeniya, sostava i evolyutsii) [Sedimentary shell of the Earth (quantitative regularity of structure, composition and evolution)]. *XX chtenie im. V. I. Vernadskogo* [XX Readings dedicated to the V.I. Vernadsky]. 1978. 1980. Moscow: Nauka Publ. 80 p. (In Russ.)

Smirnova T.S. Gidrogeologicheskie i geokhimicheskie osobennosti razmeshcheniya uglevodorodov v predelakh vala Karpinskogo [Hydrogeological and geochemical features of the hydrocarbons location within the Karpinsky shaft]. *Dis. kand. geol.-min. nauk* [Cand. geol. and min. sci. diss.]. Saratov. 2009. 156 p. (In Russ.)

Shakhnovskii I.M. Alternative concepts of oil-gas formation and the current state of research for organic geochemistry in petroleum geology. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdenii = Geology, geophysics and development of oil and gas fields*. 2003. 9. Pp. 26-29 (In Russ.)

Shvartsev S.L. Geological system "water-rock". *Vestnik Rossiiskoi Akademii Nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences]. 1997. 67(6). Pp. 518-523 (In Russ.)

Shvartsev S.L. Fundamental mechanisms of interaction in the water-rock system and its internal geological evolution. *Litosfera = Lithosphere*. 2008. 6. Pp. 3-24. (In Russ.)

Shvets V.M. The main regularities of the distribution of organic matter in groundwater. *Organicheskaya geokhimiya vod i poiskovaya geokhimiya* [Organic geochemistry of water and search geochemistry]. Moscow: Nauka Publ. 1982. Pp. 47-52. (In Russ.)

Shvets V.M. Organicheskie veshchestva podzemnykh vod [Organic substances of groundwater]. Moscow: Nauka Publ. 1973. 191 p. (In Russ.)

Schimmelmann A., Mastalerz, M. Isotopically labile organic hydrogen in thermal maturation of organic matter. Summary of FY 2000 Geosciences Research. Washington, D.C. 20585. Grant: DE-FG02-00ER 15032. 2001. Pp. 150-151

Vernadskii V.I. Istoriya prirodnykh vod [History of natural waters]. Moscow: Nauka Publ. 2003. 751 p. (In Russ.)

Vinberg G.G. Pervichnaya produktiya vodoemov [Primary production of water bodies]. Minsk: AN BSSR. 1960. 329 p. (In Russ.)

Vinogradov M.E. Biological Productivity of Oceanic Ecosystems. *Novye idei v okeanologii* [New ideas in oceanology]. Ed. M.E. Vinogradov, S.S. Lappo. Moscow: Nauka Publ. 2004. V. 1. Pp. 237-263. (In Russ.)

Yan Chen, Gui-Peng Yang, Guan-Wei Wu, Xian-Chi Gao, Qing-Yan Xia. Concentration and characterization of dissolved organic matter in the surface microlayer and subsurface water of the Bohai Sea, China. *Continental Shelf Research*. 2013. 52(1). Pp. 97-107

Zverev V.P., Varvanina O.Yu., Kostikova I.A. Quantitative assessment of groundwater content in sedimentary cover rocks of the Caspian depression. *Geokologiya = Geoecology*. 1998. 5. Pp. 93-99. (In Russ.)

Zinger A.S., Dolgova R.S. Toward a theory of the organic component formation in groundwater. *Issledovaniya v oblasti organicheskoi gidrogeokhimi i neftegazonosnykh basseinov* [Research in the field of organic hydrogeochemistry of oil and gas bearing basins]. Moscow: Nauka Publ. 1982. Pp.51-62. (In Russ.)

Zinger A.C. Organic matter of groundwater and its use for direct assessment of petroleum potential of local structures. *Organicheskoe veshchestvo podzemnykh vod i ego znachenie dlya neftyanoi geologii* [Organic matter of groundwater and its importance for petroleum geology]. Moscow: VNIIOENG Publ. 1967. Pp. 51-61. (In Russ.)

#### About the Author

*Akper A. Feyzullayev* – DSc (Geology and Mineralogy), Professor, Academician of the Azerbaijan National Academy of Sciences (ANAS), Head of «Geochemistry and Fluid Dynamics of Sedimentary Basins» Department

Institute of Geology and Geophysics of Azerbaijan National Academy of Sciences

119 H. David avenue, Baku, AZ1143, Azerbaijan

Tel: +994 12 510 11 63

E-mail: fakper@gmail.com

*Manuscript received 14 July 2017;*

*Accepted 25 October 2017;*

*Published 30 November 2017*