

DISCUSSIONS

УДК 553.98+544.126.5

DOI 10.31087/0016-7894-2019-1-92-96

Экологический аспект глубинного нефтегенеза

© 2019 г. | М.А. Лурье

Институт нефте- и углехимического синтеза Иркутского государственного университета, Иркутск, Россия; miklur@rambler.ru

Поступила 25.05.2018 г.

Принята к печати 12.11.2018 г.

Ключевые слова: *нефть; состав глубинных флюидов; источники и генерация компонентов нефти; экологическая функция глубинного нефтегенеза.*

В статье рассмотрены возможности абиотического образования нефтяного вещества и влияние этого процесса на экологическую обстановку. Основным углеродсодержащим компонентом флюидов и исходным материалом для образования углеводородов нефти является метан, который в процессе эволюции глубинных потоков и движения их в направлении к поверхности Земли претерпевает полимеризационные преобразования в нефтяные углеводороды различных типов и молекулярных масс. Эти процессы происходят благодаря тому, что глубинные флюиды помимо метана имеют компоненты с необходимыми для подобных преобразований каталитическими свойствами. Таким компонентом флюидов является, прежде всего, элементная сера. В результате полимеризационных преобразований метана под ее каталитическим воздействием образуются углеводороды, асфальтосмолистые и сераорганические компоненты нефтей различных типов и молекулярных масс. В результате воздействия серы на углеводородную систему, вовлечения ее и метана в нефтегенез нефть становится концентратором серы. Учитывая сильный парниковый эффект метана и отравляющее воздействие серы на биологические системы, вовлечение этих компонентов глубинных флюидов в процесс образования нефти способствует формированию благоприятной экологической обстановки на Земле.

Для цитирования: Лурье М.А. Экологический аспект глубинного нефтегенеза // Геология нефти и газа. – 2019. – № 1. – С. 92–96.
DOI: 10.31087/0016-7894-2019-1-92-96

Hypogenic oil genesis: environmental aspect

© 2019 | М.А. Lur'e

Institute of oil and coal synthesis, Irkutsk state university, Irkutsk, Russia; miklur@rambler.ru

Received 25.05.2018

Accepted for publication 12.11.2018

Key words: *oil; composition of depth fluids; sources and generation of oil components; environmental function of oil genesis.*

The paper discusses possibilities of abiotic generation of oil substance, and the effect of this process on environmental situation. Methane is the main hydrocarbon-containing component of fluids and original substance for oil hydrocarbons generation. During the course of deep-seated flows evolution and movement towards the Earth's surface, methane undergoes polymerization transformations to oil hydrocarbons of various types and molecular weight. These processes occur because of the fact that in addition to methane, depth fluids contain components having catalytic properties necessary for such transformations. Such a component of fluids is, above all, elemental sulphur. As a result of methane polymerization transformations under its catalytic effect, hydrocarbons, asphalt-resin and organosulphur components of oils of various types and molecular weight are formed. As a consequence of the impact of sulphur on a hydrocarbon system, and sulfur and methane entrainment in oil and gas, oil becomes a system that concentrates sulphur. Taking into account the strong greenhouse effect of methane and the poisoning effect of sulphur on biological systems, the involvement of these depth fluid components in the process of oil generation contributes to the formation of a favourable environmental situation on Earth.

For citation: Lur'e M.A. Hypogenic oil genesis: environmental aspect. *Geologiya nefi i gaza = Oil and gas geology*. 2019;(1):92–96.
DOI: 10.31087/0016-7894-2019-1-92-96.

Наряду с существующей концепцией биосферного происхождения нефти и газа идея о глубинном, абиогенном их образовании была выдвинута А. Гумбольдтом (1805), М. Бергто (1866), Д.И. Менделеевым (1877). В XX в. базовые положения глубинного нефтегазообразования были сформулированы и развивались Н.А. Кудрявцевым, П.Н. Кропоткиным и др. Одним из уязвимых положений теории биогенного нефтегенеза является то, что практически все остатки биоценозов используются самой биосферой, а нефтяные УВ не найдены ни в одном живом организме [1]. Основные количественные доказательства несостоятельности ряда базовых положений

биогенной концепции изложены А.С. Эйгенсоном, отметившим, «что одним из главных аргументов, свидетельствующих против теории биогенеза, является стехиометрический расчет, из которого следует, что при термокаталитической деструкции керогенов должно выделиться в виде коксовых отложений 500–700 г углерода на 1 кг нефти. Между тем никто, нигде и никогда не обнаруживал таких отложений ни в нефтематеринских, ни во вмещающих, ни в транзитных породах» [2].

В рамках представлений о глубинном образовании нефти и газа центральным является вопрос

о том, что является исходным материалом для образования нефтяного вещества. По мнению Д.И. Менделеева, ключевой реакцией может быть взаимодействие карбидов глубинных металлов с водой. Однако карбиды наблюдаются только в виде мельчайших, редко встречающихся и рассеянных в породах выделений. В качестве другой ключевой реакции неоднократно предлагалось использовать реакцию Фишера – Тропша ($\text{CO} + \text{H}_2$), протекающую на катализирующих поверхностях. В статье [3] показано, что в силу целого ряда причин эта реакция не может быть реализована в геологических условиях с получением различных УВ. Главным препятствием является наличие серы в глубинных флюидах, которая отравляет катализаторы, а также закоксовывание их поверхности. Кроме того, наличие в реакционной смеси избытка водорода может приводить к обрыву цепей полимеризационных преобразований. Таким образом, исходным материалом для образования нефтяного вещества следует считать CH_4 , который в огромных количествах содержится в глубинных флюидах. Правомерность этого заключения подтверждается многочисленными результатами химико-математического исследования нефтей [4], показавшими, что, поскольку для состава таких систем характерна незавершенность химических превращений с сохранением остатков непревращенного сырья, этим сырьем оказался CH_4 . Подобный вывод сделан также на основе исследования генезиса нефтей с использованием закономерностей изменения энтропии, законов термодинамики и динамики изменения информации [5], а генерация нефтяных УВ есть результат каталитического преобразования этого простейшего УВ. Сам же он является продуктом взаимодействия электронных орбиталей глубинных углерода и водорода [1]. В статье [6] представлена схема образования CH_4 в мантии Земли в результате взаимодействия четырехвалентных диполей «кристалла» атома углерода с четырьмя атомами водорода.

Следует ответить на вопрос: каким образом полимеризационные преобразования CH_4 приводят к формированию нефтяного вещества, учитывая, что оно не является только углеводородной системой, а содержит ряд гетерокомпонентов, а также микроэлементы (металлы)? Среди первых в максимальном количестве представлена сера. В большинстве нефтей среди металлов со значительным преимуществом преобладает ванадий. Большое содержание серы в нефтях по сравнению с биомассой является одним из коренных отличий их элементных составов. Отношение S/C в нефтях на 1–2 порядка выше, чем в биомассе [4]. Сера живых организмов входит в состав всего лишь 2 из 20 аминокислот — метионина и цистеина, образующих белки, причем, находясь в их составе, она формирует только межмолекулярные связи [7], легко разрушаемые, как и белки в целом (по сравнению с липидами), в процессах преобразова-

ния ОВ. Попадание серы в углеводородную систему в результате сульфатредукции, как полагают сторонники биогенеза, маловероятно по ряду причин [8]. В результате изучения закономерностей фракционного и химического составов значительного объема нефтей А.С. Эйгенсон и др. [2, 9] обоснованно заключили, что УВ нефти и содержащиеся в ней сероорганические соединения образовались в едином комплексе преобразований исходного абиогенного источника, содержащего C и S примерно в том же количественном отношении, что и в синтезирующейся нефти, а распределение серы в нефтях всех месторождений мира однозначно зависит от распределения в них углеводородов и никакие другие факторы не отражаются на этой взаимозависимости.

Металлоносность нефтей также резко отличается от таковой живого вещества. В порфириновых комплексах первых содержатся ванадий, никель и отсутствуют магний, железо, входящие в состав хлорофилла (в растениях) и гемов (в животных). Преобладающий в большинстве нефтей ванадий [10] из-за высокой миграционной подвижности в самородном виде не встречается и находится в породах лишь в рассеянном состоянии, в основном в составе сульфидов [11], а данные, представленные в работе [12], показывают, что ванадий не был привнесен извне в нефть, представляющую геологически обособленный объект. Таким образом, нефти являются крупнейшими концентраторами серы и ванадия. Суммарное количество серы, утилизируемое в процессах нефтепереработки, на 60 % покрывает ее потребности [13]; мировые потенциальные ресурсы ванадия в тяжелых нефтях и битумах оцениваются в ~ 125 млн т, а в добываемой обычной нефти — ~ 20 млн т [14]. Высоковязкие нефти и битумы представляют крупномасштабную сырьевую базу для его извлечения. Очевидно, что источником серы и ванадия в нефтях являются глубинные флюиды, содержащие, наряду с H_2 и CH_4 , серу (H_2S , S^0), а также металлы — «мантийные метки» [15–18].

В связи с этим необходимо рассмотреть реакционный потенциал системы C–H–S–V. Элементарная сера обладает высокой реакционной способностью по отношению к УВ. В широком диапазоне температур и давлений она как окислитель служит инициатором и катализатором окислительных полимеризационных процессов с образованием более высокомолекулярных УВ различного типа вплоть до асфальтосмолистых структур, а также различных сераорганических соединений, причем скорость подобных процессов растет по мере увеличения молекулярной массы УВ [19]. Это может приводить к реализации процессов, относящихся к разряду каскадных («домино») реакций с участием сераорганических соединений и образованием новых C–C связей [20]. В отличие от S^0 восстановленная форма (H_2S) не обладает подобными свойствами [19, 21]. По мере движения флюида в нап-



DISCUSSIONS

равлении к поверхности Земли, усиления окислительной обстановки отношение S^0/H_2S должно увеличиваться в результате окисления H_2S до S^0 . Характер этого процесса и его особенности подробно описаны в работах [13, 22]. Он легко протекает даже при низких температурах не только в газовой или газожидкостной средах, но и на поверхности многих твердых тел, сопровождается автокаталитическим действием образующейся S^0 , так как она сама является катализатором-окислителем. Появление новых порций активной формы серы (S^0) в нефтяном флюиде должно приводить в процессе его движения вверх к повышению степени вовлеченности CH_4 в нефтеобразование, усилению полимеризации и образованию во все больших масштабах более тяжелой и более сернистой нефти, что и наблюдается повсеместно в действительности. Наибольшее число месторождений приходится на глубину до 2 км, и на этой глубине сосредоточено > 74 % запасов тяжелых высокосернистых нефтей, а все запасы таких нефтей (95 %) находятся на глубине до 3 км, при этом данное явление не зависит от возраста пород [23]. Подтверждением повышения степени вовлеченности легких УВ в нефтеобразование по мере приближения к поверхности является уменьшение газового фактора от ~ 1000 м³/т в глубокозалегающих слоях до 3 м³/т в верхних горизонтах [24]. В нижних горизонтах, как известно, сосредоточена неактивная (восстановленная) форма серы H_2S [25]. Это обусловлено усилением восстановительной обстановки с глубиной. Поэтому нефть, образующаяся в данных условиях, более легкая и менее сернистая, часто содержит H_2S , выделяющийся при нагревании [8, 9]. Препятствием для протекания процессов полимеризации может быть также наличие в глубоких слоях свободного водорода, который должен способствовать обрыву цепей полимеризации. Кроме описанной вертикальной зональности в целом среди нефтегазовых систем наблюдается также прямая зависимость между значениями сернистости, плотности нефти и масштабами залежей, сопровождающихся уменьшением газонасыщенности [8, 26].

Как отмечалось, сера содержится в живом веществе в незначительном количестве, что свидетельствует о плохой ее совместимости с биотой. Следует отметить, что сера и ее соединения, в частности H_2S , меркаптаны и другие сераорганические структуры, высокотоксичны и обладают специфическим запахом. Подтверждением неблагоприятного воздействия серы на биосистемы являются результаты изъятия содержащих серу аминокислот (метионина и цистеина) из диеты дрозофил и червей, следствием чего явилось увеличение длительности жизни тех и других, а подобная диета у мышей приводит к увеличению выделения H_2S и активизации иммунной системы [27].

Соединение в процессе нефтеобразования глубинных серы и CH_4 , обладающего сильным парни-

ковым эффектом, препятствует их выносу в верхние слои Земли и атмосферу. По данным [18], сера не играет заметной роли в формировании газовой экзосферы Земли, а выход неокисленного H_2S в атмосферу очень мал [28]. Учитывая сильный парниковый эффект метана и отравляющее воздействие серы на живые организмы, вовлечение этих компонентов глубинных флюидов в нефтегенез способствует формированию благоприятной экологической обстановки [29]. Возможно, процесс нефтеобразования происходил в период развития Земли, когда на ней еще отсутствовала жизнь, вследствие чего биота формировалась при минимальных количествах серы и CH_4 в атмосфере, т. е. в достаточно благоприятных условиях.

Тяжелые высокосернистые нефти, образующие наиболее крупномасштабные залежи, содержат также максимальное количество ванадия. Наблюдаемый парагенез V-S обусловлен высокой каталитической активностью ванадия [22] и S^0 в процессе полимеризации УВ. Кроме того, сульфид ванадия, находящийся иногда в тяжелых нефтях, воздействует на H_2S с образованием S^0 [30]. Одновременное воздействие ванадия и серы в процессах полимеризации приводит к возникновению синергетического эффекта и, как следствие, образованию тяжелых нефтей и битумов с высоким содержанием этих элементов. Все, что касается содержания ванадия в нефтях, возможно, также имеет отношение к экологической проблематике. Известна «ванадиевая болезнь», поражающая работников нефтеперерабатывающей промышленности, занимающихся выжиганием коксовых отложений на гетерогенных катализаторах, отработавших в процессах гидрообессеривания и деметаллизации нефтяных фракций. Видимо, при этом ванадий попадает в окружающее пространство и поражает организм человека. Следует к этому добавить, что при диагнозе «умственная отсталость» в волосах больных детей обнаруживается повышенная концентрация ванадия [7].

Очевидно, образование нефти отвечает не только за материально-энергетическую функцию (энерго- и ресурсообеспечение), но, как процесс, протекающий в абиотической сфере Земли, играет важную роль для зарождения, существования и развития биотической составляющей в современных природно-техногенных условиях и является частью единого глобального процесса нафтидовитагенеза. Ценность концепции глубинного нефтеобразования способствует, помимо понимания всех его механизмов, более глубокому осмыслению роли геоэкологической обстановки и выявлению источников различных токсичных веществ (ртуть, хлориды, радионуклиды) на нефтяных залежах, что связано не только с геологическими условиями залегания, но является результатом наследования нефтью состава глубинных флюидов.

Литература

1. Сейфуль-Мулюков Р.Б. Образование нефти и газа. Теория и прикладные аспекты // Геология нефти и газа. – 2017. – № 6. – С. 89–96.
2. Эйгенсон А.С. О противостоянии двух концепций нефтегазообразования // Химия и технология топлив и масел. – 1998. – № 3. – С. 3–5.
3. Лурье М.А. Возможен ли процесс Фишера – Тропша в геологической среде? // Геохимия. – 2014. – № 12. – С. 1130–1132. DOI: 10.7868/S001675251412005X.
4. Эйгенсон А.С. О количественном исследовании формирования техногенных и природных углеводородных систем с помощью методов математического моделирования // Химия и технология топлив и масел. – 1990. – № 12. – С. 19–25.
5. Сейфуль-Мулюков Р.Б. Нефть и газ: глубинная природа и ее прикладное значение. – М. : Торус-пресс, 2012. – 215 с.
6. Чукин Г.Д., Алаторцева Е.И., Леонтьева С.А. Происхождение нефти: новый взгляд // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2016. – № 7. – С. 17–22.
7. Бгатов А.В. Биогенная классификация элементов // Философия науки. – 1999. – № 2. – С. 80–90.
8. Lur'e M.A., Shmidt F.K. Oil. Discussion of origin. Sulfur- and metal content as genetic characteristics. – Saarbrücken, Germany : Lap Lambert Academic Publishing, 2013. – 216 с.
9. Эйгенсон А.С., Шейх-Али Д.М. Закономерности компонентно-фракционного и химического состава нефтей // Химия и технология топлив и масел. – 1988. – № 10. – С. 29–34.
10. Шпирт М.Я., Пунанова С.А. Сравнительная оценка микроэлементного состава углей, нефтей и сланцев // Химия твердого топлива. – 2007. – № 5. – С. 15–29.
11. Холодов В.Н. Ванадий. – М. : Наука, 1968. – 245 с.
12. Холодов В.Н. Осадочный рудогенез и металлогения ванадия. – М. : Наука, 1973. – 275 с.
13. Старцев А.Н., Круглякова О.В., Рузанкин С.Ф. и др. Особенности низкотемпературного каталитического разложения сероводорода // Журнал физической химии. – 2014. – Т. 88. – № 6. – С. 943–956. DOI: 10.7868/S004445371406034X.
14. Хаджиев С.Н., Шпирт М.Я. Микроэлементы в нефтях и продуктах их переработки. – М. : Наука, 2012. – 222 с.
15. Летников Ф.А. Дегазация Земли как глобальный процесс самоорганизации // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ: мат-лы междунар. конф. – М. : ГЕОС, 2002. – С. 6–7.
16. Летников Ф.А. Сверхглубинные флюидные системы Земли и проблемы рудогенеза // Геология рудных месторождений. – 2001. – Т. 43. – № 4. – С. 291–307.
17. Кузьмин М.И., Ярмолюк В.В. Мантийные плюмы северо-восточной Азии и их роль в формировании эндогенных месторождений // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55. – № 2. – С. 153–184. DOI: <http://dx.doi.org/10.15372/GiG201400201>.
18. Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Наумов В.Б. Потоки летучих компонентов в верхних оболочках Земли как отражение глубинных геодинамических процессов / Под ред. Н.В. Владыкина // Глубинный магматизм, его источники и их связь с плюмовыми процессами. – Иркутск, Улан-Удэ : СО РАН, 2004. – С. 5–34.
19. Реакции серы с органическими соединениями / Под ред. М.Г. Воронкова. – Новосибирск : Наука, 1979. – 364 с.
20. Литвинов В.П. Каскадная гетероциклизация в синтезе производных тиофена и его конденсированных аналогов // Российский химический журнал. – 2005. – Т. 49. – № 6. – С. 11–20.
21. Савченко В.И., Диденко Л.П., Семенцова Л.А. Термодинамическая возможность образования продуктов конденсации при взаимодействии метана с сероводородом // Нефтехимия. – 1998. – Т. 38. – № 1. – С. 68–74.
22. Крылов О.В. Гетерогенный катализ. – М. : Академкнига, 2004. – 679 с.
23. Яценко И.Г., Полищук Ю.М. Анализ пространственного распределения нефтей и изменения их физико-химических свойств // Геология нефти и газа. – 2013. – № 4. – С. 57–64.
24. Саловьянов А.А., Тительмин В.В., Язев В.А. Газохимическая переработка попутного нефтяного газа // Попутный нефтяной газ. Технология добычи, стратегии использования. – Мос. обл. : Интеллект, 2013. – С. 1–50.
25. Пиковский Ю.И. Геоэкологические аспекты глубинной концепции формирования нефтяных и газовых месторождений // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы: мат-лы междунар. конф. – М. : ГЕОС, 2008. – С. 393–394.
26. Лурье М.А. О причинах геохимических различий нефтегазовых систем // Геология нефти и газа. – 2015. – № 3. – С. 69–75.
27. Лефко А.Н. Все на борьбу со старостью // Знание — сила. – 2015. – № 7. – С. 94–97.
28. Бажин Н.М. Сероводород в природе: распространенность и кругооборот // Химия в интересах устойчивого развития. – 1999. – Т. 7. – № 4. – С. 353–357.
29. Лурье М.А. Нефтегенез как одно из проявлений экологических функций абиотических сфер Земли // Геоэкология. – 2017. – № 6. – С. 8–14.
30. Janssens J.P., van Langeveld A.D., Moulijn J.A. Characterization of alumina and silica-supported vanadium sulphide catalysts and their performance in hydrotreating reactions // Applied Catalysis A: General. – 1999. – Т. 179. – № 1, 2. – С. 229–239.

References:

1. Seyful-Mulyukov R.B. Oil and gas formation. Theory and practical aspects. *Geologiya nefiti i gaza = Oil and gas geology*. 2017;(6):89–96.
2. Eigenson A.S. About opposition of two concepts of oil-and-gas formation. *Khimiya i tekhnologiya topliv i masel*. 1998;(3):3–5.
3. Lur'e M.A. Is the Fischer-Tropsh process possible in a geologic medium? *Geochemistry International*. 2014;52(12):1084–1086. DOI: 10.7868/S001675251412005X.

DISCUSSIONS

4. Eigenson A.S. About quantitative research of the formation of technogenic and natural hydrocarbon systems using methods of mathematical modeling. *Khimiya i tekhnologiya topliv i masel*. 1990;(12):19–25.
5. Seyful-Mulyukov R.B. Oil and gas: deep nature and its applied importance. Moscow: Torus-press; 2012. 215 p.
6. Chukin G.D., Alatorseva E.I., Leontieva S.A. Origin of oil: a new view. *Neftepererabotka i neftekhimiya*. 2016;(7):17–22.
7. Bgatov A.V. Biogenic classification of elements. *Filosofiya nauki*. 1999;(2):80–90.
8. Lur'e M.A., Shmidt F.K. *Oil*. Discussion of origin. Sulfur- and metal content as genetic characteristics. – Saarbrücken, Germany: Lap Lambert Academic Publishing; 2013. 216 p.
9. Eigenson A.S., Sheikh-Ali D.M. Regularities of the component-fractional and chemical composition of oils. *Khimiya i tekhnologiya topliv i masel*. 1988;(10):29–34.
10. Shpirt M.Ya., Punanova S.A. Comparative assessment of microelement composition of coals, oils and shales. *Khimiya tverdogo topliva*. 2007;(5):15–29.
11. Kholodov V.N. Vanadium. Moscow: Science; 1968. 245 p.
12. Kholodov V.N. Sedimentary ore genesis and metalgeny of vanadium. Moscow: Science; 1973. 275 p.
13. Startsev A.N., Kruglyakova O.V., Ruzankin S.F. et al. Peculiarities of low-temperature catalytic decomposition of hydrogen sulfide. *Zhurnal fizicheskoi khimii*. 2014;88(6):943–956. DOI: 10.7868/S004445371406034X.
14. Khadzhiev S.N., Shpirt M.Ya. Microelements in oils and products of their processing. Moscow: Science; 2012. 222 p.
15. Letnikov F.A. Degassing of Earth as global process of self-organization. *Degazatsiya Zemli: geodinamika, geoflyuidy, neft' i gaz : mat-ly mezhdun. konferentsii*. Moscow: GEOS; 2002. pp. 6–7.
16. Letnikov F.A. Superdeep fluid systems of Earth and problem of ore genesis. *Geologiya rudnykh mestorozhdenii*. 2001;43(4):291–307.
17. Kuzmin M.I., Yarmolyuk V.V. Mantle plumes of northeast Asia and their role in formation of endogenous fields. *Russian geology and geophysics*. 2014;55(2):120–143. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rgg.2014.01.002>.
18. Yarmolyuk V.V., Kovalenko V.I., Naumov V.B. Flows of volatile components in upper shells of Earth as a reflection of deep geodynamic processes. In: Deep magmatism, its sources and their connection with plume processes. N.V. Vladykin, ed. Irkutsk, Ulan-Ude: SB RAS; 2004. pp. 5–34.
19. Reactions of sulfur with organic compounds. In: M.G. Voronkov, ed. Novosibirsk: Science; 1979. 364 p.
20. Litvinov V.P. Cascade heterocyclization in synthesis of thiophene derivatives and its condensed analogs. *Rossiiskii khimicheskii zhurnal*. 2005;49(6):11–20.
21. Savchenko V.I., Didenko L.P., Sementsova L.A. A thermodynamic possibility of formation of condensation products upon interaction of methane with hydrogen sulfide. *Neftekhimiya*. 1998;38(1):68–74.
22. Krylov O.V. Heterogeneous catalysis. Moscow: Akademkniga; 2004. 679 p.
23. Yashchenko I.G., Polishchuk Yu.M. Analysis of spatial distribution of oils and changes of their physical-chemical properties. *Geologiya nefti i gaza = Oil and gas geology*. 2013;(4):57–64.
24. Salovyanov A.A., Titelmin V.V., Yazev V.A. Gas-chemical processing of associated petroleum gas. In: Associated petroleum gas. Technology of production, strategy of use. Moscow Region: Intellect; 2013. pp. 1–50.
25. Pikovskiy Yu.I. Geoecological aspects of the deep concept of oil and gas field formation. *Degazatsiya Zemli: geodinamika, geoflyuidy, neft', gaz i ih paragenesy: mat-ly mezhdun. konferentsii*. Moscow: GEOS; 2008. pp. 393–394.
26. Lur'e M.A. About the reasons of geochemical differences of oil and gas systems. *Geologiya nefti i gaza = Oil and gas geology*. 2015;(3):69–75.
27. Lefko A.N. All on fight against aging. *Znanie — sila*. 2015;(7):94–97.
28. Bazhin N.M. Hydrogen sulfide in nature: prevalence and a circulation. *Chemistry for Sustainable Development*. 1999;7(4):353–357.
29. Lur'e M.A. Oil genesis as a manifestation of ecological functions of abiotic spheres of Earth. *Geoecologiya*. 2017;(6):8–14.
30. Janssens J.P., van Langeveld A.D., Moulijn J.A. Characterization of alumina and silica-supported vanadium sulphide catalysts and their performance in hydrotreating reactions. *Applied Catalysis A: General*. 1999;179(1–2):229–239.