



УДК 553.982

ПОРОДЫ КОЛЛЕКТОРОВ НЕФТИ

OIL RESERVOIR ROCKS

Симонян Геворг Саркисович

кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры неорганической и аналитической химии,
Ереванский государственный университет
sim-gev@mail.ru

Simonyan Gevorg Sarkisovich

Ph.D., Associate Professor,
Associate Professor of the Department of
inorganic and analytical Chemistry,
Yerevan State University
sim-gev@mail.ru

Аннотация. Обсуждается, что нефть представляет собой сложную гетерогенную коллоидно-дисперсную систему. Образуется во внутренних частях Земли из глубоких мантийных флюидов и является возобновляемым ресурсом. Показано, что в основном коллекторы бывают терригенные и карбонатные. Менее значимы коллекторы, связанные с вулканогенно-осадочными, кристаллическими и глинистыми породами.

Annotation. It is discussed that oil is a complex heterogeneous colloidal-disperse system. Formed in the interior of the Earth from deep mantle fluids and is a renewable resource. It is shown that the main reservoirs are terrigenous and carbonate. Reservoirs associated with volcanic-sedimentary, crystalline and clayey rocks are less significant.

Ключевые слова: абиогенная нефть, генезис нефти, порода, коллекторы нефти, ловушки.

Keywords: abiogenic oil, oil genesis, steam, oil reservoirs, shops.

Нафтиды – это неустойчивые открытые геодинамические системы, которые под влиянием антропогенных, глубинных, поверхностных, космических процессов могут самоорганизовываться в направлении хаоса, мерой которого является энтропия или направление порядка. Нафтиды широко распространены на Земле и встречаются в отдельных местонахождениях в газовом, жидком, полутвердом и твердом состояниях или в виде смеси этих фаз. Наибольшее промышленное значение имеют жидкие нафтиды, называемые нефтью, или буквально сырым маслом (crude oil), в отличие от очищенного. Нефть – сложная гетерогенная коллоидно-дисперсная система. Образуется во внутренних частях Земли из глубоких мантийных флюидов и является возобновляемым ресурсом [1–4].

Коллектором углеводородов называется горная порода, содержащая пустоты (поры, каверны или системы трещин) и способная вмещать и фильтровать флюиды, такие как нефть, газ и воду [5–8]. Следует отметить, что коллекторами нефти и газа являются как терригенные – алевриты, песчаники, алевролиты и некоторые глинистые породы, так и хемогенные и биохемогенные – известняки, мел и доломиты, а также смешанные породы. Таким образом, коллекторами служат пласты и выклинивающиеся залежи песков, песчаников, известняков и доломитов.

Для сохранения нефти и газа в коллекторе последний должен быть сверху и снизу изолирован непроницаемыми породами, обычно глинами. Ловушка нефти и газа – часть коллектора, условия залегания которого и взаимоотношения с экранящими породами обеспечивают возможность накопления и длительного сохранения нефти или газа. Элементами ловушки являются коллектор нефти и газа, покрывка и экран. Таким образом, в основном коллекторы бывают терригенные и карбонатные. Менее значимы коллекторы, связанные с вулканогенно-осадочными, глинистыми и кристаллическими породами.

Терригенные коллекторы занимают первое место. На них приходится доля 58 % мировых запасов нефти и 77 % газа. Например, в Западно-Сибирском бассейне практически все запасы газа и нефти находятся в терригенных коллекторах. Карбонатные коллекторы занимают второе место. На них приходится доля 42 % запасов нефти и 23 % газа.

Карбонатные породы составляют 15–20 % объема всех осадочных образований, содержат крупнейшие залежи нефти и газа. К карбонатным породам и осадкам относятся образования, сложенные до 50 % и более карбонатными минералами. Наиболее часто встречаются соединения кальция и доломита. Это известняки и доломиты.

Известняки (CaCO_3) – карбонатные породы, состоящие на 50 % и более из кальцита или арагонита. Известняки со значительным содержанием глини называют мергелями. Известняки, не содержащие примесей, имеют белый цвет.

Доломитами называют породы, сложенные на 50 % и более одноименным минералом $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Кристаллическая решетка доломита в высокой степени упорядочена и образована замещением атомов Ca в кальците через один на атом Mg. В доломите место Mg^{2+} нередко занимает Fe^{2+} .

Вулканогенно-осадочными называются отложения, состоящие из продуктов вулканизма или из смеси их с терригенными, хемогенными, биогенными компонентами. Магматические источники вещества поставляют при вулканических извержениях огромные массы материала в жидком, твердом и газообразном состояниях. Этот материал затем перемещается на поверхности земли по общим законам седиментации и приобретает за счет этого черты осадочных отложений. Вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы представлены эффузивными породами (лавами, пемзами) и вулканогенно-осадочными (туфами, туфобрекчиями, туфопесчаниками).



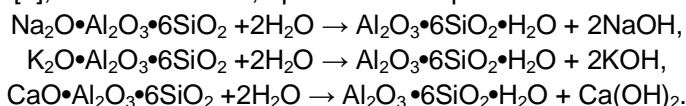
Коллекторские свойства вулканогенных пород связаны часто с вторичным изменением пород, возникновением трещин.

Соляные породы являются чисто хемогенными образованиями, выпадающими в осадок в результате выпаривания и высокой концентрации солей в природных водах. Их называют эвапоритами. Они возникают в морских и континентальных условиях. Основными соляными породами являются сульфаты, хлориды, фосфаты, алюминистые, железистые, марганцевые породы. Главными минералами этих пород являются гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ангидрит (CaSO_4), мирабилит ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) и т.д. Из группы сульфатов; хлориды представлены сильвинитом (KCl), галитом (NaCl), карналлитом ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Нитраты, бораты и сода встречаются гораздо реже.

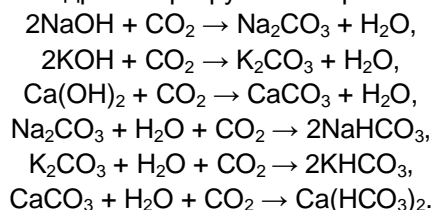
В зоне катагенеза гипс переходит в ангидрит. При гипергенных процессах, напротив, ангидрит гидратируется и переходит в гипс, увеличиваясь в объеме на 60 %, что ведет к образованию текстур смятия. Гипс и ангидрит легко выщелачиваются подземными водами.

Глинистые породы чрезвычайно широко распространены и имеют прямое отношение к процессам нефтегазообразования в земной коре. Предполагается возможное каталитическое действие глин в образовании углеводородов. Не менее важна роль глинистых пород как флюидоупоров («покрышек»), предотвращающих просачивание УВ к поверхности земли. Таким образом глинистые породы способствуют сохранению УВ. В осадочной оболочке Земли глинистым породам принадлежит ведущая роль (более 50 %), а с учетом примеси в других породах, глинистые минералы составляют более 80 % осадочных образований.

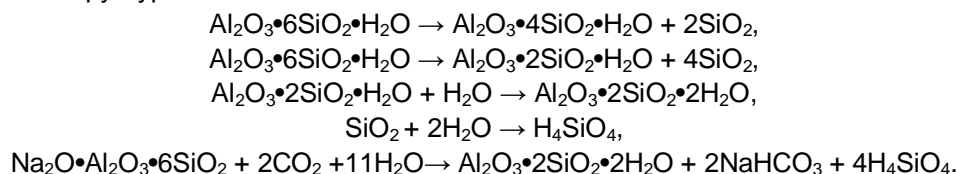
Глинистые породы – продукты выветривания, как механического, так и химического разрушения материнских минералов [9], таких как албит, ортоклаз и анортит:



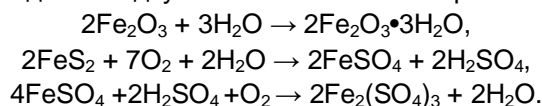
Одним из основных агентов выветривания является вода. Растворяя химические элементы, насыщаясь углекислым газом, вода постепенно становится агрессивной и воздействует на горные породы как слабая кислота. Вначале в результате гидролиза разрушается кристаллическая структура минералов:



Вода диссоциирует на ионы водорода и гидроксила, затем вступает в реакцию с кристаллическими веществами. Ионы замещают атомы в кристаллах или вступают с ними в реакцию, нарушается кристаллическая структура:



Кальций, магний, натрий и калий растворяются, а соединения алюминия и железа образуют гидроксиды. Процесс образования последних носит название гидратации. Кроме того, при химическом выветривании происходит окисление соединений двухвалентного железа в трехвалентное:



При этом изменяется не только внутренняя структура горной породы, но ее цвет и физические свойства. В результате химического выветривания от твердой горной породы остается рыхлый глинистый материал, химический и минеральный составы которого зависят от первичного состава материнской породы и климата.

Под глинистыми породами подразумеваются различные глины, аргиллиты, глинистые сланцы, глинистые илы.

В глинистых породах могут находиться и не глинистые минералы: кварц, полевые шпаты, хлориды, силикаты, слюды, оксигидраты железа и алюминия, карбонаты, сульфаты, сульфиды, а также перерожденные обломки пород различного генезиса и элементы животных и растительных организмов.

Пластичные глины, состоящие из каолинита, слюды и гидрата окиси алюминия, называются огнеупорными. Цвет глин серый, красно- и желто-бурый, черный. Плотные глины, сцементированные кремнеземом, называются аргиллитами. Глины и аргиллиты служат хорошими «покрышками» для залежей нефти и газа.



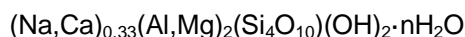
Глины имеют самую высокую пористость и очень низкую проницаемость среди всех осадочных пород. Это обусловлено тем, что глины состоят из очень мелких частиц и каналы, соединяющие поры, сужаются настолько, что движение воды по ним затрудняется [10].

Наиболее часто встречаются глинистые минералы смектиты (монтмориллонит), гидрослюды (иллит), каолинит и хлориты.

Смектитовые глины набухают при контакте с водой. Связь между слоями глинистых частиц, имеющих кристаллическую структуру, у них слабее, чем у глин всех других типов. Вода может легко проникать между слоями и раздвигать их, глина набухает. Отдельные глинистые частицы могут расходиться настолько, что связь между ними исчезает (диспергирование).

Монтмориллонит – это широко распространённый глинистый минерал из группы смектитов подкласса слоистых силикатов. Химический состав непостоянный, сильно зависит от варьирующего содержания воды. По анализам чистых разновидностей устанавливаются следующие колебания (в %): SiO₂ – 48–56, Al₂O₃ – 11–22, Fe₂O₃ – 5 и более, MgO – 4–9, CaO – 0,8–3,5 и более, H₂O – 12–24. Кроме того, иногда устанавливаются K₂O, Na₂O и др.

Натриевый монтмориллонит называют бентонитом:



Бентонит может увеличивать свой объем до 20 раз.

Иллитовые глины. Под воздействием высокой температуры и давления монтмориллонит претерпевает физические и химические изменения и превращается в иллит. Он не имеет раздвигающейся кристаллической решетки. Вода не может проникнуть в межслоевое пространство его кристаллов. Неустойчивость глинистых пород, содержащих иллит, приводит к увеличению диаметра ствола скважины. Каолинитовые и хлоритовые глины мало набухают при контакте с водой. Хлоритовые глины могут набухать сильнее, чем каолинитовые или иллитовые, но не так сильно, как смектитовые.

Литература:

1. Леворсен А. Геология нефти и газа. – М. : Мир, 1970. – 640 с.
2. Симонян Г.С. Элементный и химический состав нефти // Техника и технологии XXI века: Монография. Книга 4 / под общ. ред. И.Б. Красиной. – Ставропол: Логос, 2015. – С. 170–189.
3. Симонян Г.С. Эндеогенное образование нафтидов в свете абиогенной теории образования нефти // Научное обозрение. – Технические науки. – 2016. – № 4. – С. 77–101.
4. Simonyan G.S. Entropy approach to naphthide systems // Progress Petrochem Science. – 2021. – Vol. 4. – № 1. – P. 338–339. PPS. 000576. 2021. DOI: 10.31031/PPS.2021.04.000576
5. Морозов В.П., Кольчугин А.Н. Учебно-методическое пособие к лабораторным занятиям по курсу «Нефтегазовая литология». – Казань : Казанский университет, 2012. – 25 с.
6. Латышев О.Г., Корнилков М.В. Направленное изменение фрактальных характеристик, свойств и состояния пород поверхностно-активными веществами в процессах горного производства: научная монография. – Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2016. – 407 с.
7. Хант Дж. Геохимия и геология нефти и газа. – М. : Мир. – 1982. – 704 с.
8. Геология нефти и газа Западной Сибири / А.Э. Конторович [и др.]. – М. : Недра, 1975. – 680 с.
9. Симонян Г.С., Пирумян Г.П. Определение показателей почвы в системе агроэкологического мониторинга // Учебно-методическая работа. – Ереван : ЕГУ, 2011. – 44 с. (на армянском)
10. Тарасевич Ю.И., Овчаренко Ф.Д. Адсорбция на глинистых минералах. – Киев : Наук. думка, 1975. – 350 с.

References:

1. Levorsen A. Geology of oil and gas. – M. : Mir, 1970. – 640 p.
2. Simonyan G.S. Elemental and chemical composition of oil // Technics and technology of the XXI century: Monograph. Book 4 / ed. by I.B. Krasina. – Stavropol : Logos, 2015. – P. 170–189.
3. Simonyan G.S. Endogenous formation of naphthides in the light of abiogenic theory of oil formation // Scientific Review. – Technical Sciences. – 2016. – № 4. – P. 77–101.
4. Simonyan G.S. Entropy approach to naphthide systems // Progress Petrochem Science. – 2021. – Vol. 4. – № 1. – P. 338–339. PPS. 000576. 2021. DOI: 10.31031/PPS.2021.04.000576
5. Morozov V.P., Kolchugin A.N. Educational-methodical manual for laboratory classes at the course «Oil and gas lithology». – Kazan : Kazan University, 2012. – 25 p.
6. Latyshev O.G., Kornilkov M.V. Directional change in fractal characteristics, properties and state of rocks by surface-active substances in mining processes: scientific monograph. – Yekaterinburg : UGU Publishing House, 2016. – 407 p.
7. Hunt J. Geochemistry and geology of oil and gas. – M. : Mir. – 1982. – 704 p.
8. Geology of oil and gas of Western Siberia / A.E. Kontorovich [et al.]. – M. : Nedra, 1975. – 680 p.
9. Simonyan G.S., Pirumyan G.P. Determination of soil indicators in the system of agro-ecological monitoring // Educational and methodological work. – Yerevan : YSU, 2011. – 44 p. (in Armenian).
10. Tarasevich Y.I., Ovcharenko F.D. Adsorption on clay minerals. – Kiev : Nauk. Dumka, 1975. – 350 p.