



УДК 550.38

## О ПОТЕНЦИАЛЕ УГЛЕВОДОРОДНЫХ РЕСУРСОВ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ЗЕМНОЙ КОРЫ

### ABOUT THE CRYSTALLINE BOTTOM OF EARTH'S CRUST AS AN INEXHAUSTIBLE SOURCE-ROCK OF HYDROCARBONS

**Гасанов Адалят Бадалович**

доктор физико-математических наук,  
старший научный сотрудник,  
заведующий отдела анализ нефтегазовых бассейнов,  
Институт нефти и газа,  
профессор-совместитель кафедры геофизики,  
Азербайджанский государственный университет  
нефти и промышленности  
adalathasanov@yahoo.com

**Аббасов Эльмеддин Юнус оглы**

кандидат геолого-минералогических наук,  
заведующий отделом,  
SOCAR-AQS,  
Научно-исследовательский Институт  
геотехнологических проблем нефти, газа и химии,  
Азербайджан

**Мамедова Дильдар Насир кызы**

научный сотрудник,  
Институт геологии и геофизики  
Министерства Науки и Образования  
Азербайджанской Республики

**Аннотация.** В статье рассмотрены современные представления об ожидаемом истощении природных углеводородных запасов и предположения о естественной возобновляемости углеводородных ресурсов, благодаря глубинной дегазации Земли. Согласно осуществленному обобщению литературных публикаций и экспериментальных данных, мировая нефтедобывающая практика показывает несоответствие зависимости ежегодной добычи нефти от объема извлекаемых запасов (закон К. Хабберта). Так, в частности, случилось на Северном Кавказе, где после многолетней эксплуатации месторождения, дополнительно открыли нефть в меловых отложениях и регион получил новый импульс развития, а общая добыча с минимума устремилась вверх, к максимуму. В целом, начиная с 1986 года мировой рост подтвержденных промышленных запасов, параллельно с уровнем потребления «черного золота», подвергли сомнению прогнозы, предсказывавшие истощение мировых запасов углеводородов. Иными словами, наблюдается явное противоречие закону К. Хабберта, согласно которому снижение добычи нефти на уже разрабатываемых месторождениях неизбежно и не зависит от совершенствования методов бурения и внедрение новых технологий. Отмеченные факты и выявленные в последние годы процессы дегазации Земли, а также подпитка осадочного чехла углеводородами из недр планеты через флюидо-дренажные каналы в кристаллическом фундаменте (КФ), превращают ее углеводородные ресурсы по существу в возобновляемые. Данный процесс сопровождается глубинными флюидами, представляющими собой промежуточное, связующее звено между внутренними и внеш-

**Hasanov Adalat Badalovich**

Doctor of Physical  
and Mathematical Sciences,  
Senior Researcher,  
Head of Oil  
and Gas Basin Analysis Department,  
Institute of Oil and Gas,  
Associate Professor  
of Geophysics Department,  
Azerbaijan State University  
Oil and Industry  
adalathasanov@yahoo.com

**Abbasov Elmeddin Yunus oglu**

Candidate of Geological  
and Mineralogical Sciences,  
Head of Department,  
SOCAR-AQS,  
Research Institute  
Geotechnological Problems of Oil,  
Gas and Chemistry,  
Azerbaijan

**Mamedova Dildar Nasir gizi**

Researcher,  
Institute of Geology and Geophysics,  
Ministry of Science and Education  
Azerbaijan Republic

**Annotation.** The article presents modern ideas about the expected depletion of natural hydrocarbon reserves and assumptions about the natural renewable hydrocarbon resources due to deep degassing of the Earth. According to the generalization of literary publications and experimental data, global oil production practice shows a discrepancy between the dependence of annual oil production on the volume of recoverable reserves (K.Hubbert's law). This, in particular, happened in the North Caucasus, where, after many years of field operation, additional oil discovered in Cretaceous sediments and the region received a new impetus for development, and total production from a minimum rushed up to a maximum. In general, since 1986, the global growth of proven industrial reserves, in parallel with the level of consumption of «black gold», has questioned forecasts predicting the depletion of global hydrocarbon reserves. In other words, there is an absolute contradiction to K.Hubbert's law, according to which a decrease in oil production at fields already under development is inevitable and does not depend on improved drilling methods and the application of new technologies. The noted facts and the processes of degassing of the Earth revealed in recent years, as well as the replenishment of the sedimentary cover with hydrocarbons from the bowels of the planet through fluid drainage channels in the crystalline basement (CF), turn its hydrocarbon resources



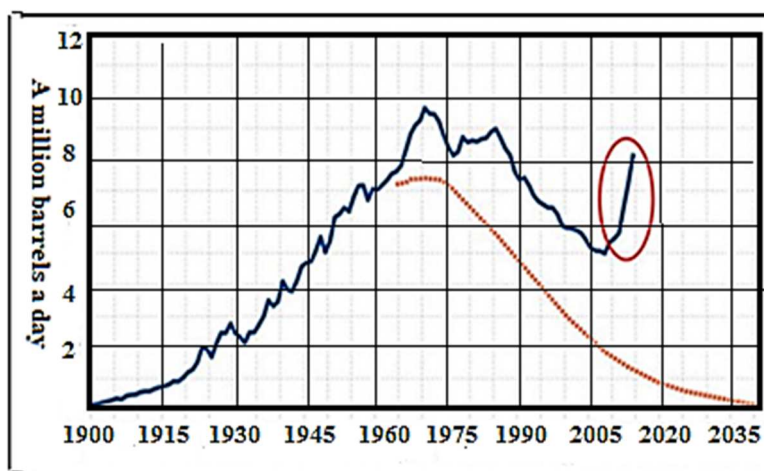
ними факторами нефтегазового бассейна. В частности, в Южно-Каспийском нефтегазоносном бассейне (ЮКБ) выявлен особый класс геологических структур сложной формы в виде субвертикальных и субгоризонтальных геологических тел, которые могут служить путями миграции (дренажными зонами) и зонами накопления углеводородов. Формирование подобной структуры внутрикоровых путей миграции объясняется процессом трансформации глинистых минералов в элизонных отложениях. Возможность такой трансформации в ЮКБ обосновывается изучением свойств и влияния глинистости на процессы флюидопереноса при различных значениях всестороннего давления.

**Ключевые слова:** нетрадиционные, возобновляемые углеводородные ресурсы, разрез осадочного чехла, флюидодренажные каналы в кристаллическом фундаменте.

into essentially renewable ones. This process accompanied by deep fluids, which are an intermediate, connecting link between the internal and external levels of the oil hydrocarbons basin. In particular, a special class of unique geological structures in the form of sub vertical and sub horizontal geological bodies been identified in the South Caspian Oil and Gas Basin (SCB), which can serve as migration routes (drainage zones) and hydrocarbon accumulation zones. The formation of such a structure of intracrustal migration routes explained by the process of transformation of clay minerals in the elision deposits. The possibility of such a transformation in the SCB is justified by studying the properties and influence of clay on fluid transfer processes at various values of all-round pressure.

**Keywords:** unconventional renewable hydrocarbon resources, sedimentary cover section, fluid drainage channels in the crystalline basement.

Неравномерность распределения углеводородов (УВ) на планете, наблюдаемая как по разрезу осадочного чехла (стратиграфический комплекс), так и по поверхности создали ситуацию, при которой более половины стран не имеют достаточных ресурсов УВ или не имели их вообще [1, 2]. Вследствие этой ситуации, возникли убеждения о неизбежном и скором истощении известных углеводородных запасов и об утрате привычных, наиболее комфортных для человечества, топливно-энергетических источников. В целом, до середины 60-х годов прошлого столетия, ситуация с добычей нефти складывалась благополучно, пока главный специалист компании Shell Мерион, Кинг Хабберт, не предложил кривую зависимости ежегодной добычи нефти от извлекаемых ее запасов для 48 южных штатов США [3]. Полученная кривая по форме представляет собой колокол с симметричным ростом добычи нефти с начала ее промышленной добычи в 1960-е годы с последующим ее падением, причем пик добычи пришелся на 1970 год. Он говорил, что упадок добычи нефти произойдет непременно, несмотря на совершенствование методов бурения и применение новой техники добычи нефти (рис. 1). По его мыслям, после «пика», или максимальной точки добычи, во всех американских нефтяных месторождениях начнется процесс постоянного и бесповоротного истощения нефтяных скважин. С тех пор вольно или невольно нефтяники прогнозировали добычу по кривой К. Хабберта по крупным месторождениям, странам и миру в целом. Принцип был такой – в начале пик добычи, а затем нулевой рост. Понадобились десятилетия, чтобы на практике доказать, что реальная добыча нефти идет не по кривой Хабберта (рис. 2).

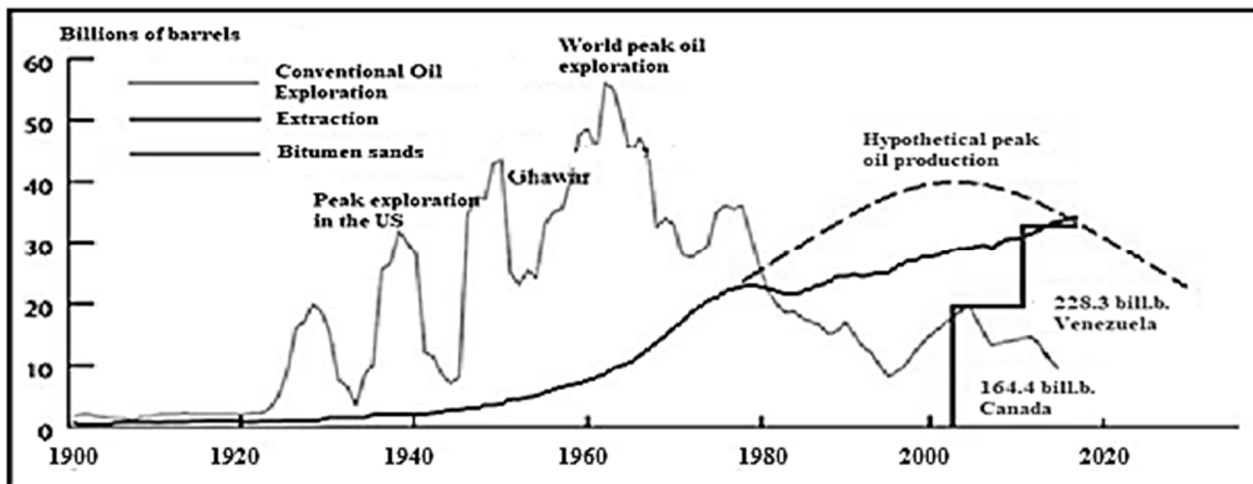


**Рисунок 1** – Добыча нефти в США (синяя линия) и прогноз по К. Хабберту (красный пунктир).  
 URL : <https://mirvn.livejournal.com/6164.html>

Однако в своих прогнозах К. Хабберт не учитывал, что нефть на уже разрабатываемых месторождениях и на прилегающих к ним территориях может быть открыта в других, ранее не разведанных

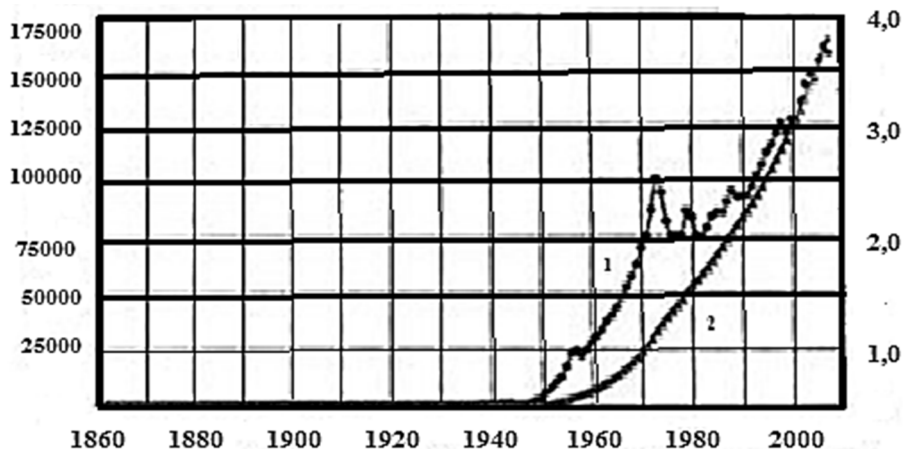


стратиграфических комплексах. Разработка этих новых объектов дает новый импульс развитию региона. Так, например, было на Северном Кавказе, когда открыли нефть в меловых отложениях и регион получил новый импульс развития, а добыча с минимума устремилась вверх, к максимуму [4].



**Рисунок 2** – Сопоставление пика открытия новых месторождений нефти (серая линия), прогноза пика добычи нефти по Хабберту (красный пунктир), реальной мировой добычи традиционной (черная линия) и нетрадиционной (фиолетовая линия) нефти. URL : <https://acmc.info/analytics/konec-sveta-blizhe-chem-vy-dumaete>

В конце прошлого и начале нынешнего века началось освоение нетрадиционных объектов: тяжелых нефтей и битуминозных песков (ПБ) в Канаде, Венесуэле и некоторых других странах, сланцевой нефти и газа, нефти и газа из залежей в плотных, ранее не учитываемых комплексах осадочного чехла [5–7]. Этот процесс создал новый тренд развития на длительную перспективу (рис. 3).



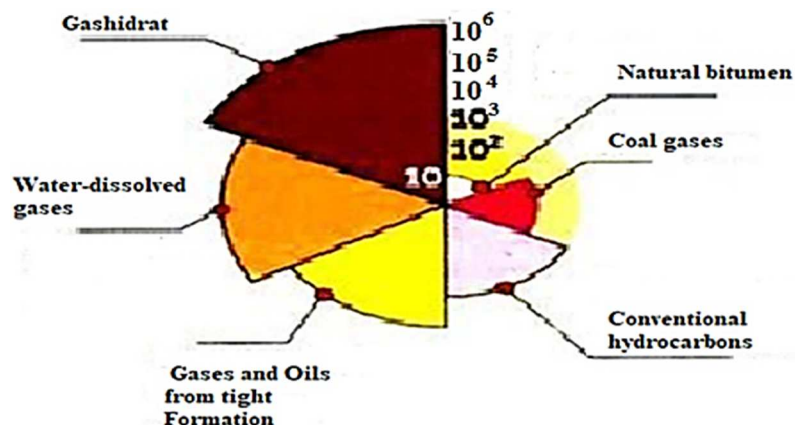
**Рисунок 3** – Динамика годовой и накопленной добычи нефти в Канаде

Все эти факты и рост с 1986 года подтвержденных промышленных запасов параллельно с уровнем потребления «черного золота», подвергли сомнению прогнозы, предсказывавшие истощение мировых запасов нефти [6, 7]. Так, мировое потребление и запасы в 1986–2006 годах росли в среднем на 1,6 % в год, а нефтедобывающие мощности увеличивались всего на 0,8 % в год. При этом рост разведанных запасов в мире обеспечивается как за счет традиционных, так и, во все возрастающем объеме, за счет нетрадиционных УВ (тяжелых нефтей, природных битумов, залежей в плотных породах, сланцевых отложениях и в кристаллическом фундаменте осадочных бассейнов) (рис. 4).

Выявленные в последние годы процессы дегазации Земли и подпитка осадочного чехла углеводородами из недр планеты через каналы в кристаллическом фундаменте (КФ) превращают ее углеводородные ресурсы по существу в возобновляемые. Все это делает углеводородный потенциал недр практически неисчерпаемым [8, 9]. Развитие этого утверждения кардинально меняет динамику добычи нефти за счет постоянного наращивания запасов в процессе длительной эксплуатации крупных месторождений. Согласно многочисленным исследованиям, глубинные флюиды очень важны



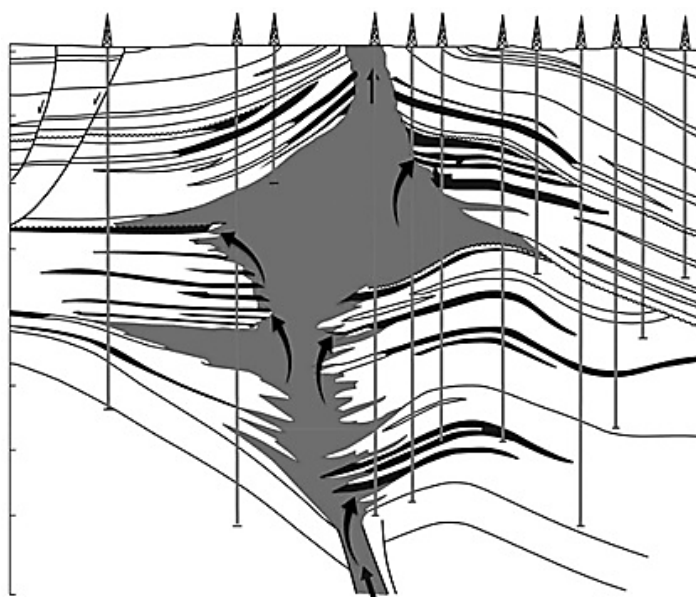
для формирования и разработки нефтематеринских пород, эффективности генерации и вытеснения углеводородов, формирования физических свойств коллекторов, а также миграции и агрегации нефти и газа [10–12].



**Рисунок 4** – Геологические ресурсы, млрд тонн условного топлива (по М.Д. Белонину) [8]

Формирование такой полиочаговой структуры внутрикоровых путей миграции объясняется процессом трансформации глинистых минералов в элизийных отложениях. Так, переход минералов монтмориллонита (сметкита) в иллит ведет к высвобождению огромных масс кристаллизационной воды, которая создает сверхвысокие пластовые давления (СВПД). В свою очередь, СВПД вызывают образование природных гидроразрывов (ГРП) в песчаных пластах, формированию кластических даек, «горизонтов с включениями» и грязевых вулканов. Перечисленные процессы способствуют усилению миграции нефти и газа на больших глубинах и способствуют последующему формированию промышленных скоплений УВ [10].

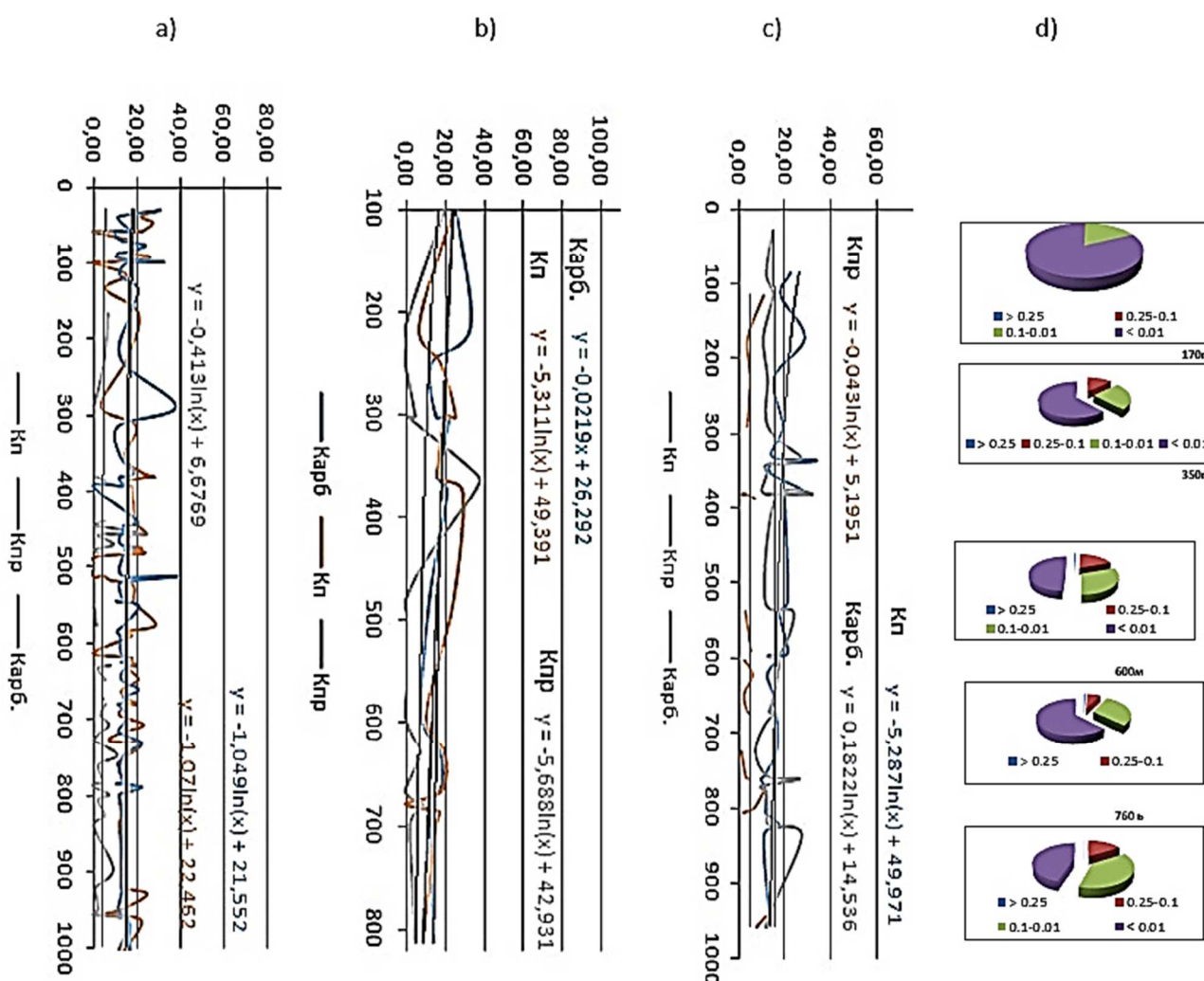
С учетом вышеизложенного, немаловажное значение обретает выявление природы формирования и структуры внутрикоровых путей миграции глубинных флюидов. Публикации последних лет [10–12] показали, что в Южно-Каспийском нефтегазоносном бассейне выявлен особый класс геологических структур сложной формы в виде субвертикальных и субгоризонтальных геологических тел, которые могут служить путями миграции и зонами накопления углеводородов (рис. 5). Причем, в пределах ЮКБ установлено несколько автономных очагов нефтегазообразования с собственными ареалами распространения и пространственно-временной эволюцией. Эти очаги образуют полиочаговый бассейн генерации УВ и смещены относительно друг друга, с нижней границей интервала нефтегазообразования на глубинах более 12–15 км. Верхняя граница «нефтяного окна» приурочена к гипсометрическим глубинам 5–7 км.



**Рисунок 5** – Каналы миграции с зонами накопления УВ, выработанные в осадочном чехле внутрикоровыми растворами и флюидами (Южно-Каспийский нефтегазоносный бассейн)



В отечественной нефтегазоразведочной практике глинистость характеризуется коэффициентом глинистости  $K_{гн}$ , а в зарубежной – показателем  $V_{shale}$ , отражающим содержание глинистости в объеме нефтяного резервуара [12]. По результатам изучения влияния глинистости на процессы флюидопереноса в Южно-Каспийском нефтегазоносном бассейне можно отметить следующее. В целом, осадочный разрез здесь характеризуется высокими значениями глинистой (0,01 мм) и песчаной (> 0,1 мм) фракций (в среднем по 19–30 %). Основная часть объема приходится на фракции алевролитов (40–62 %). Содержание карбонатного цемента доходит до 12 %. Осуществленные обобщения и графические построения позволяют представить вариацию состава глинистости, как по поверхности, так и в разрезе продуктивных горизонтов (рис. 6). Так, в частности, глинистость увеличивается в среднем с 15 % до 40 %, содержание песка уменьшается с 40 % до 15 %, средний размер зерен уменьшается с 0,08 мм до 0,02 мм, а кривая асимметричности гранулированного состава увеличивается с 0,8 до 1,1. В то же время, содержание фракции алевролитов остается практически постоянным (40–62 %), поэтому сортировка отложений незначительно колеблется в пределах 3,0–3,9 [11].



**Рисунок 6** – Изменение характеристик коллекторов по глубине в зависимости от типа глинистости (а – алевритистые глины; б – глинистые хлидолиты, хлидолиты; с – суглинки, песчанистые суглинки; д – вариация фракционного состава по глубине)

Количественные характеристики пород менее информативны на участках, где антиклинальные пояса погребены значительно. Это связано с уменьшением размера зерен в отложениях, а также с чрезмерным уплотнением чистых глинистых пород на этих участках. Однако, наряду с этими двумя факторами, ухудшающими коллекторские свойства горных пород, имеются также и положительные, такие как хорошая сортировка отложений в зонах отложения и то, что к этой зоне относятся коллекторы с относительно высокой пористостью и проницаемостью [11, 12]. Минеральный состав глин в этом районе монтмориллонит-гидроматический с преобладанием монтмориллонита. Содержание монтмориллонита в среднем 42,5 %, гидрослюды 37 %. Количество каолинита в глинах 8,8 %. Как следует из рисунка 6, присутствие алевритистых глин, хлидолитов, суглинков и песчанистых суглинков наиболее



эффективно ощущается в значениях коэффициента проницаемости коллекторов. Так, было установлено, что влияние глинистости на коэффициент проницаемости в коллекторах, в основном, определяется количеством глинистых хлидолитов и хлидолитов.

Подытоживая вышеизложенное и согласно представленным данным, становится очевидным, что в связи с новой парадигмой развития нефтегазового комплекса, при оценке ресурсов углеводородов необходимо уделять особое внимание применению специальных методов таких как, повышение нефтеотдачи пластов (ПНП), масштабные научные исследования и опытно-промышленные работы по созданию и апробации уникальных методов освоения нетрадиционных нефтяных месторождений.

#### **Заключение**

- Процессы дегазации Земли и подпитка осадочного чехла углеводородами из недр планеты через флюидо-дренажные каналы в кристаллическом фундаменте (КФ) превращают ее углеводородные ресурсы по существу в возобновляемые. Все это делает углеводородный потенциал недр практически неисчерпаемым;

- Возможный механизм возникновения флюидо-дренажных каналов и роль глубинных флюидов в формировании структуры глубинных дренажных зон в объеме корово-мантийного разреза может быть связан с процессом трансформации глинистых минералов в элизонных отложениях, с высвобождением огромных масс кристаллизационной воды. В результате, в граничных песчаных пластах возникают сверхвысокие пластовые давления (СВПД), аналогичные природным гидроразрывам (ГРП). В свою очередь, СВПД вызывают формирование кластических даек, «горизонтов с включениями» и грязевых вулканов;

- Система глубинных разломов служит флюидо-дренажными каналами притоков жидких и газообразных флюидов, из которых формируется нефтегазогенерационный потенциал известных нефтегазоносных бассейнов и ЮКБ в том числе.

#### **Список литературы:**

1. Муслимов Р.Х. Особенности разведки и разработки нефтяных месторождений в условиях рыночной экономики : учеб. пособие. – Казань : Изд-во «Фэн» Академии наук Республики Татарстан, 2009. – 727 с.
2. Гасанов А.Б. Особенности гидродинамики в нефтенасыщенных коллекторах / А.Б. Гасанов, В.Ш. Гурбанов, Г.Г. Аббасова // Горный журнал. – 2024. – № 7. – С. 39–44.
3. Кинг Хабберт. Ядерная энергетика и ископаемое топливо. Американский институт нефти. Исследовательский отдел разведки и добычи, Хьюстон, Техас, 1956. – 57 с.
4. Турчин А. Футурология XXI века: бессмертие или глобальная катастрофа. Глава 3. Методы прогнозирования / А. Турчин, М. Батин. – 2013. – 153 с.
5. Бочаров В.А. Мировая добыча нефти: история, современное состояние и прогноз. – М. : ОАО «ВНИИОЭНГ», 2010. – 372 с.
6. Поплыгин В.В. Прогнозная экспресс-оценка показателей разработки нефтяных месторождений / В.В. Поплыгин, С.В. Галкин // Нефтяная промышленность. – 2011. – Т. 3. – С. 112–115.
7. Ворсина Н.А. Двухэтапное стимулирование нефтяного пласта. Серия конференций IOP: Материаловедение и инженерия. Серия «Международная конференция по машиностроению, системам автоматизации и управления, MEACS 2020» / Н.А. Ворсина, Г.Р. Измайлова. – 2021. – № 012063.
8. Белонин М.Д. Гигантские месторождения: закономерности распределения и возможности прогноза / М.Д. Белонин, Ю.Н. Новиков // Российская геология и геофизика. – 2001. – Т. 42. – № 11. – С. 1646–1657.
9. Муслимов Р.Х. Восполнение нефтяных залежей в свете новой концепции нефтегазообразования / Р.Х. Муслимов, И.Н. Плотникова // Георесурсы. – 2019. – Т. 21. – № 4. – С. 40–48.
10. Юсубов Н.П. Сейсмологическая модель системы грязевых вулканов / Н.П. Юсубов, И.С. Гулиев // Нефтяная промышленность Азербайджана. – 2011. – № 1. – С. 9–15.
11. Stability conditions of oil-saturated reservoirs porosity with deep overlying / A.B. Hasanov [et al.] // ANAS Transactions, Earth Sciences. – 2022. – Vol. 2. – P. 46–53.
12. Hasanov A.B. Estimation of oil-gas reservoirs capacity at great depths using fuzzy linear regressions / A.B. Hasanov, M.S. Ibrahimli // Geomodel 2021 – 23th Conference on Oil and Gas Geological Exploration and Development. – 2021. – Vol. 12.

#### **List of references:**

1. Muslimov R.Kh. Features of exploration and development of oil fields in a market economy. Study guide. – Kazan : Publishing house «Feng» of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, 2009. – 727 p.
2. Gasanov A.B. Features of hydrodynamics in oil-saturated reservoirs / A.B. Gasanov, V.Sh. Gurbanov, G.G. Abbasova // Mining journal. – 2024. – № 7. – P. 39–44.



3. King Hubbert. Nuclear energy and the fossil fuels. American petroleum institute. Exploration and production research division, Houston, Texas, 1956. – 57 p.
4. Turchin A. Futurology XXI century: immortality or global catastrophe. Chapter 3: Forecasting methods / A. Turchin, M. Batin. – 2013. – 153 p.
5. Bocharov V.A. World oil production: history, current state and forecast. – M. : JSC «VNIIOENG». – 2010. – 372 p.
6. Poplygn V.V. Forecast quick evaluation of the indices of the development of the oil deposits / Poplygn V.V., S.V. Galkin // Oil Industry. – 2011. – Vol. 3. – P. 112–115.
7. Vorsina N.A., Izmaylova G.R. Two-stage stimulation of the oil formation / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. «International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS 2020» series. – 2021. – P. 012063.
8. Belonin M.D. Giant deposits: regularities in distribution and forecast potentialities / M.D. Belonin, Yu.N. Novikov // Russian geology and geophysics. – 2001. – Vol. 42. – № 11. – P. 1646–1657.
9. Muslimov R.Kh. Replenishment of oil deposits in the light of the new concept of oil and gas formation / R.Kh. Muslimov, I.N. Plotnikova // Georesources. – 2019. – Vol. 21. – № 4. – P. 40–48.
10. Yusubov N.P. Seismological model of mud volcano system / N.P. Yusubov, I.S. Guliyev // Oil Industry of Azerbaijan. – 2011. – № 1. – P. 9–15.
11. Stability conditions of oil-saturated reservoirs porosity with deep overlaying / A.B. Hasanov [et al.] // ANAS Transactions, Earth Sciences. – 2022. – Vol. 2. – P. 46–53.
12. Hasanov A.B. Estimation of oil-gas reservoirs capacity at great depths using fuzzy linear regressions / A.B. Hasanov, M.S. Ibrahimli // Geomodel 2021 – 23th Conference on Oil and Gas Geological Exploration and Development. – 2021. – Vol. 12.