

ВЛИЯНИЕ НОВЕЙШИХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ И РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ И АНОМАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕРМОБАРИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ЗАЛЕЖАХ

Н.А. Касьянова, профессор кафедры геологии

Российский государственный университет

нефти и газа им. И.М. Губкина, г. Москва,

тел.: 8-(499)-135-76-86; e-mail: nkasyanova@mail.ru

Рецензент: Серебряков А.О.

В работе рассмотрена роль новейших тектонических движений земной коры в формировании углеводородных залежей (на примере сухопутных и морских месторождений складчатых и платформенных областей). Показана миграционно-геодинамическая природа случаев локализованного аномального повышения термобарических условий в залежах. Приведены фотографии шлифов и геохимические данные, свидетельствующие о молодой (в том числе современной) миграции нефтеуглеводородов по вертикальным и субгоризонтальным открытым и флюидопроницаемым трещинным каналам.

The role of the newest tectonic earth movements in formation of hydrocarbon deposits (on the example of overland and sea deposits of folded and platform areas) is considered in this work. The migration-geodynamic nature of cases of the localized abnormal increase pressure-thermal conditions in deposits is shown. Photos of thinsections and geochemical data testifying young (including present-day) migration of oil-hydrocarbons on vertical and subhorizontal opened and fluid-permeable faults are resulted.

Ключевые слова: неотектоника, современная геодинамика, разломно-трещинная система, углеводороды, миграция, залежь.

Key words: neotectonics, present-day geodynamics, fault system, hydrocarbons, migration, deposit.

Влияние неотектонических движений земной коры, в том числе происходящих в современное время, на формирование, переформирование и сохранность углеводородных скоплений уже является почти аксиомой. И поэтому сразу продемонстрируем зависимость начальных геологических запасов (при подсчете которых уже учтены все геометрические, физико-геологические, гидродинамические и другие характеристики залежи) от амплитуды и знака вертикальных новейших движений земной коры и сделаем это на примере месторождений различных нефтегазоносных зон и районов Предкавказья. Лучшего примера для иллюстрации данного тезиса, чем Предкавказье, не найти, поскольку: а) данная территория на последнем этапе геологической истории развивалась в особых геодинамических условиях, связанных с периодическим (поздний майкоп, поздний сармат, поздний плиоцен, голоцен) энергичным горизонтальным тектоническим давлением со стороны Большого Кавказа; б) здесь сосредоточено несколько нефтегазоносных зон и районов в складчатой и платформенной областях с большим разнообразием

залежей, отличающихся запасами УВ, фазовым составом УВ, качеством нефтей, термобарическими условиями в залежах, продуктивностью скважин.

Так, на рисунке 1 можно наблюдать очевидную связь между начальными геологическими запасами залежей нефти месторождений различных нефтегазоносных зон и районов Предкавказья и амплитудой восходящих вертикальных неотектонических движений земной коры в пределах каждой конкретной нефтегазоносной зоны (района). При этом наиболее выраженная зависимость запасов УВ от неотектонической активности территории отмечается для Терско-Сунженской НГЗ, имеющей самый молодой возраст структуроформирования (позднеплиоценовый) и испытавшей высокоамплитудные восходящие неотектонические движения земной коры [4]. Терско-Сунженская антиклинальная структура является инверсионной структурой (рис. 2а), которая сформировалась в осевой части Терско-Каспийского передового прогиба в результате совокупности взаимосвязанных энергичных горизонтальных и вертикальных новейших движений земной коры. Амплитуды смещений по вертикальным и субгоризонтальным разрывам исчисляются десятками-сотнями метров.

Инверсионное развитие сложнопостроенной блоковой Терско-Сунженской антиклинальной зоны, строение которой усложняется к поверхности, продолжается до сих пор, о чем свидетельствуют результаты мониторинговых геодезических измерений и распределение сейсмичности (рис. 2б). Из последнего рисунка видно, что основная разрядка современного тектонического напряжения происходит по зонам существующих разрывных нарушений: тектоническая энергия перераспределяется снизу вверх, сеть векторов сейсмопроявлений разветвляется к земной поверхности. Таким образом, реализация современного тектонического напряжения происходит здесь по существующим разрывным нарушениям, периодически обновляя их. Практически все залежи углеводородов в пределах Терско-Сунженской НГЗ связаны с молодыми (новейшими) разрывными нарушениями.

В результате Терско-Сунженская НГЗ выгодно отличается от других НГЗ Предкавказья: а) наибольшим стратиграфическим диапазоном нефтегазоносности (нефтегазоносен весь разрез, вплоть до плиоценовых отложений, что связано с раздробленностью, особенно верхней части разреза); б) накоплением наибольших запасов нефти, причем лучшего качества – легкой нефти (за счет трещинных верхнемеловых известняков, которые на остальной части Предкавказья являются региональной покрывкой); в) здесь расположены «долгоживущие» залежи с неисощаемой тектонической энергией в пластах: при более чем 50–100-летней истории разработки здесь развиты зоны АВПД, находятся самые высокодебитные скважины, для этих залежей неоднократно производился пересчет запасов, поскольку уже не раз создавались ситуации, когда извлекаемые запасы превышали геологические.

Величина запасов *газовых скоплений* более тесно связана с уровнем неотектонической активности территории по сравнению с запасами залежей жидких УВ, что может определяться наибольшей мобильностью газов в открытой трещинной среде деформированного горного массива и наибольшими их скоплениями в ловушках. На примере морских месторождений Северного Каспия видно, что наилучшую связь с амплитудой неотектонических положительных деформаций имеют запасы газа (рис. 3).

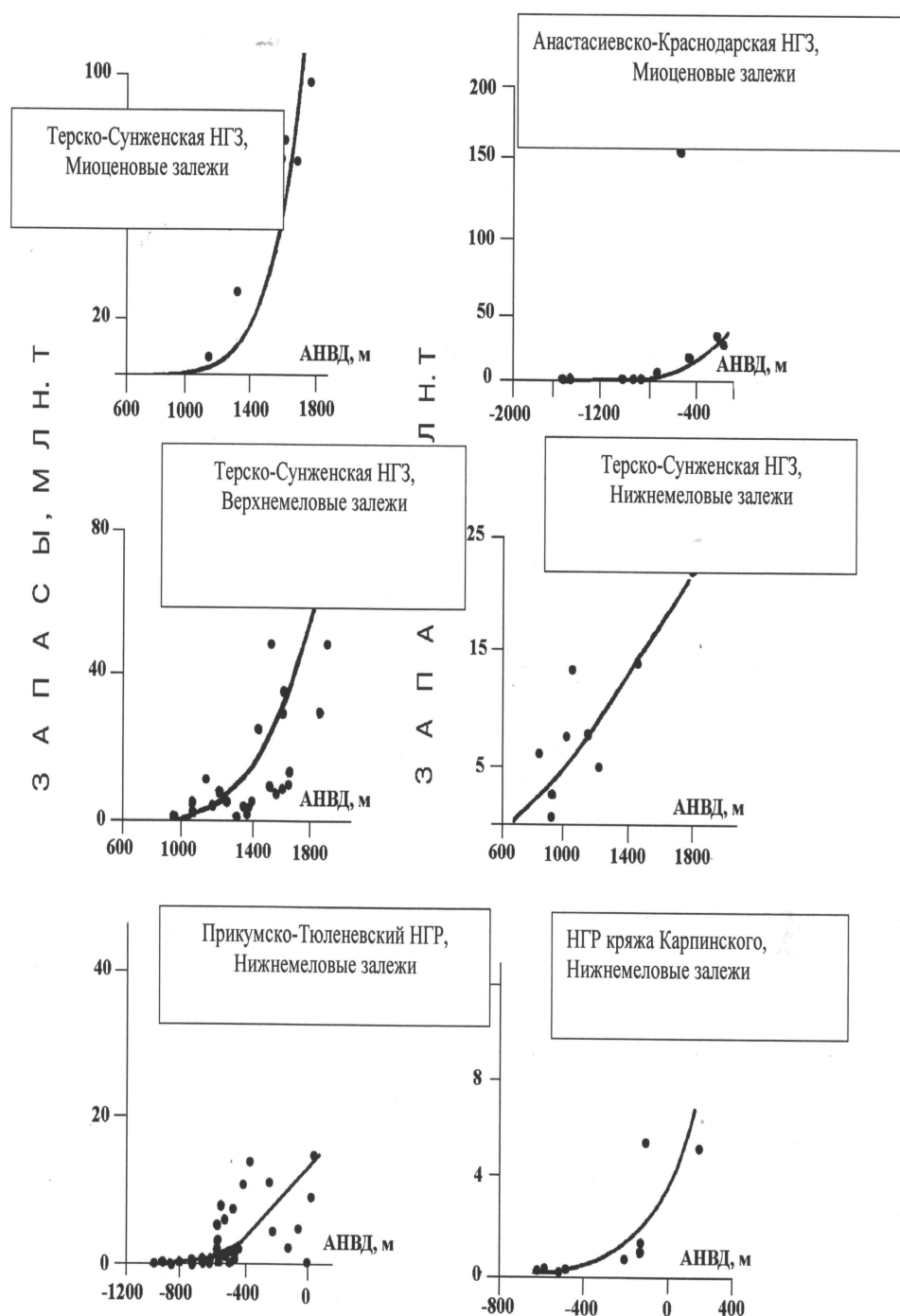


Рис. 1. Зависимости начальных геологических запасов нефти залежей месторождений нефтегазоносных зон и районов, расположенных в складчатых и платформенных областях Предкавказья, от амплитуды и знака вертикальных неотектонических движений земной коры [4]: АНВД – амплитуда новейших вертикальных движений земной коры

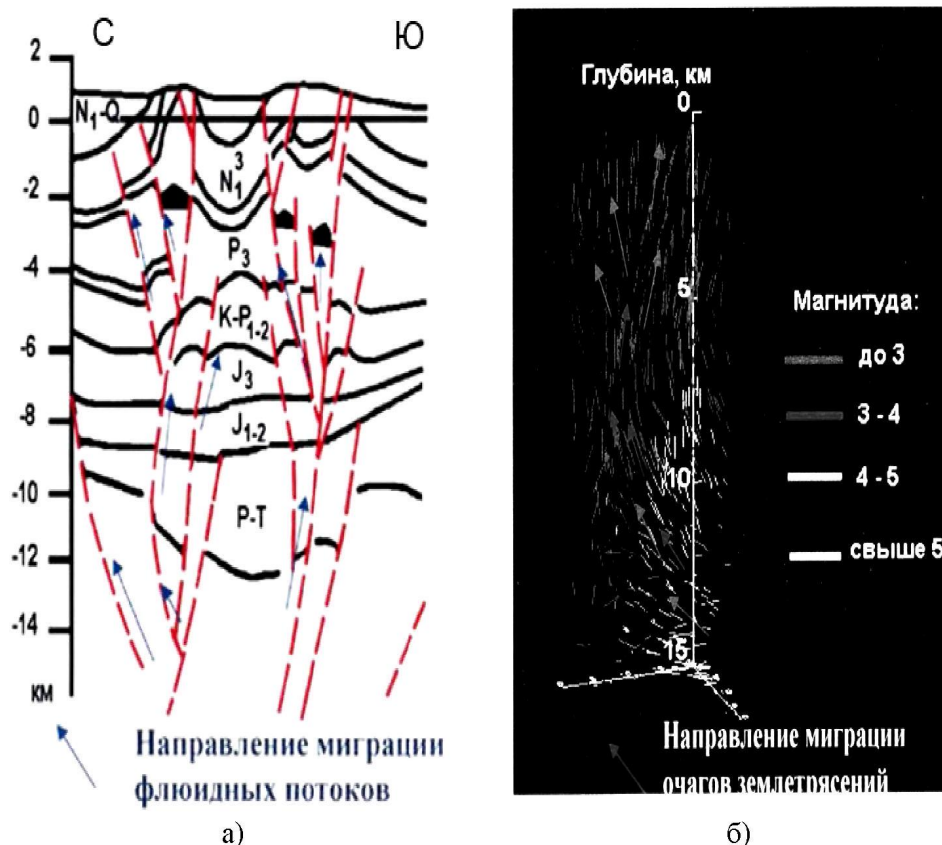


Рис. 2. Сопоставление геологического строения инверсионной Терско-Сунженской антиклинальной зоны (а), перераспределения в ее пределах современных тектонических напряжений – сейсмичности (б) и пространственного приразломного размещения залежей углеводородов (а)

Благодаря тому что тектонические движения земной коры развиваются всегда и повсеместно, возможно инструментальное изучение пространственно-временных особенностей их развития на примере современного временного интервала, а также определение их влияния на развитие флюидодинамических процессов, особенно на участках градиентного изменения тектонического напряжения в земной коре, что обычно происходит в пределах зон разрывных нарушений [2].

Так, геофлюидодинамические исследования, выполненные в мониторинговом режиме на различных месторождениях углеводородов, расположенных в складчатых и платформенных областях [2–5], позволили установить следующее.

1. Из всего разнообразия ориентировок разрывных нарушений, развитых в земной коре за всю геологическую историю, современную (вероятно, и новейшую) активность испытывают только две разломные системы: северо-восточной и северо-западной ориентировок и близкие к ним. Разрывные нарушения разного ранга указанных ориентировок проявляют тектоническую активизацию исключительно *поочередно*, являются флюидопроницаемыми и флюидопроводящими. Разрывные нарушения других ориентировок в современное время, как правило, являются экранами для миграции флюидов.

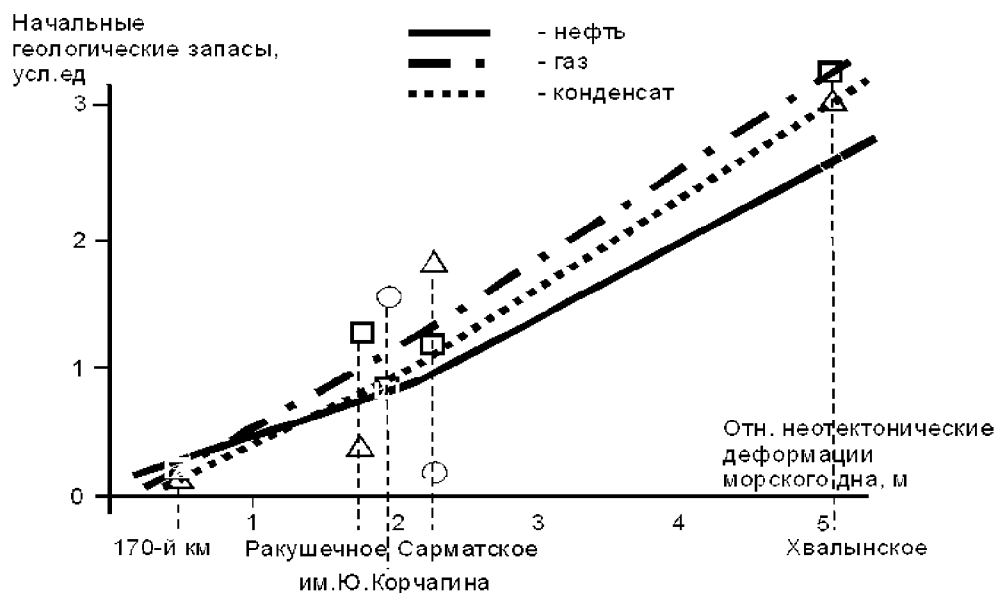


Рис. 3. Зависимость начальных геологических запасов газа, нефти и газоконденсата месторождений Северного Каспия от величины неотектонических деформаций морского дна

2. Отмечается пространственно-временная связь между формированием геодинамических (геодеформации, сейсмичность) и флюидодинамических (аномальные изменения фонтанных дебитов, пластового давления и пластовой температуры) аномалий. Все аномалии связаны с разрывными нарушениями различного ранга, проявляющими современную активизацию.

3. Динамика флюидного режима нефтегазовых залежей подчиняется избирательному в пространстве и времени перераспределению тектонического напряжения в земной коре. Реакция флюидного режима в пределах скважин (даже близрасположенных), приуроченных к ортогонально ориентированным (зачастую, пересекающимся) разрывным нарушениям, противоположная.

На примере месторождений складчатых и платформенных областей установлена противоположная реакция флюидного режима залежей (изменения пластового давления) в пределах соседних скважин, приуроченных к разрывным нарушениям различной ориентировки, на одно и то же геодинамическое событие (землетрясение, аномальные деформации земной поверхности) [2] (рис. 4).

На рисунке 5 иллюстрируется неодновременная (поочередная) разрядка сейсмостектонического напряжения в пределах пересекающихся разломных зон северо-западного и северо-восточного простирания.

Наряду с аномальными изменениями барических условий в залежах в пределах «избранных» скважин, приуроченных к тектонически нарушенным зонам, где периодически происходит современное градиентное изменение тектонического напряжения в земной коре, являющееся спусковым рычагом для активизации миграционных процессов, также периодически и синхронно происходят аномальные изменения температурного режима в залежи. Флюиды (жидкие и газообразные), мигрирующие из глубин, несут с собой глубинное тепло.

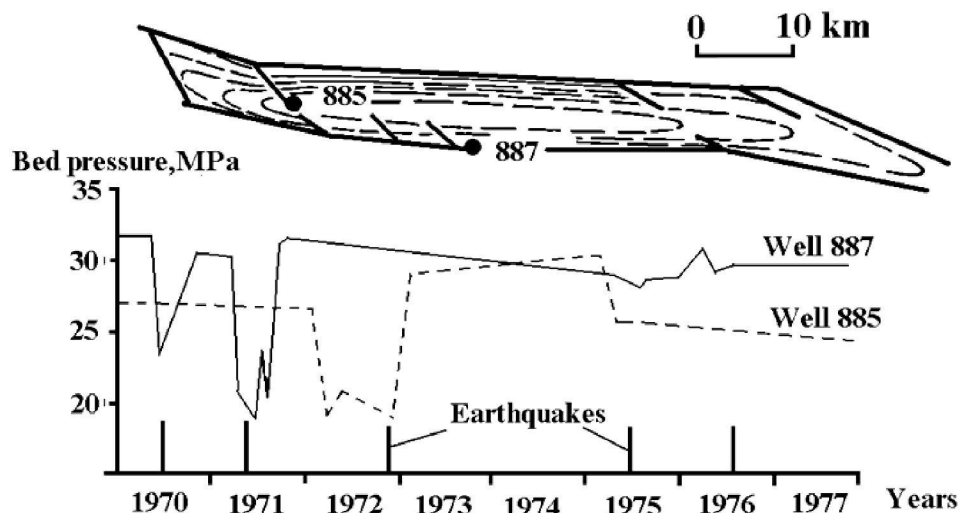


Рис. 4. Противоположный характер естественного изменения пластового давления в пределах фонтанных скважин Малгобек-Вознесенского месторождения, приуроченных к разрывным нарушениям разной ориентировки, во время одних и тех же геодинамических событий

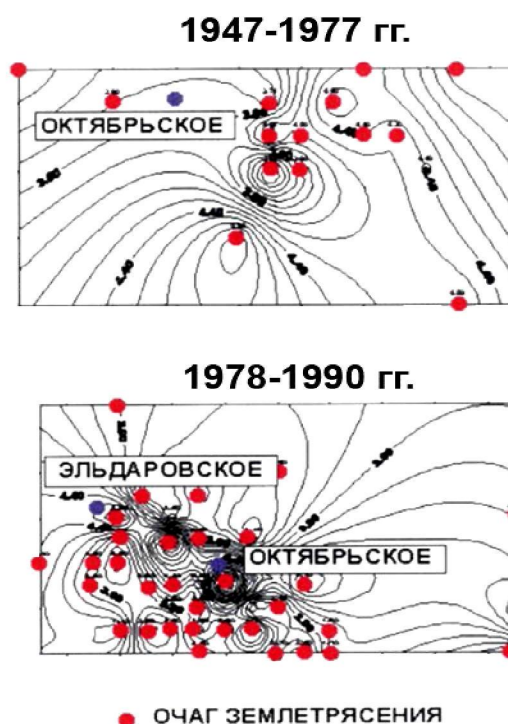


Рис. 5. Распределение землетрясений в пределах Эльдаровского и Октябрьского месторождений Терско-Сунженской НГЗ за периоды 1947–1977 гг. и 1978–1990 гг. (участки концентрации землетрясений указывают на современную активность разломных зон северо-западной и северо-восточной ориентировки и их поочередную активизацию)

На рисунке 6 демонстрируются примеры аномального изменения пластовой температуры, наблюдавшиеся для «избранных» скважин месторождения Памятно-Сасовское (Нижнее Поволжье), по величине изменения которых можно только судить о столь мощной и импульсной миграции глубинных разогретых флюидов по открытым трещинным каналам в вышележающие горизонты.

зонты. Аномальное увеличение пластовой температуры, на 4–11 °С (!), не смогла скомпенсировать даже проводимая здесь пробная закачка воды (холодной).

Ниже на примере морских и сухопутных месторождений углеводородов, расположенных в платформенных областях, демонстрируется избирательное (по площади и разрезу) развитие процесса нефтенасыщения и степени нефтенасыщения пород, напрямую связанное с наличием молодых (открытых) и флюидопроводящих вертикальных и субгоризонтальных трещинных каналов и степенью их раскрытости.

На рисунке 7 представлены фотографии шлифов, иллюстрирующие примеры нефтенасыщения известняков исключительно за счет миграции нефтеуглеводородов в трещинном пространстве, поскольку сами по себе известняки имеют низкие коллекторские свойства.

Нефтенасыщение каверн, имеющих развитие в известняках, также нередко носит избирательный характер, что обычно определяется близостью флюидопроницаемых участков трещинных каналов. Иногда миграция УВ происходит весьма интенсивно, о чем можно судить по обломку породы внутри трещины, переносимом мигрирующими флюидами (рис. 7).

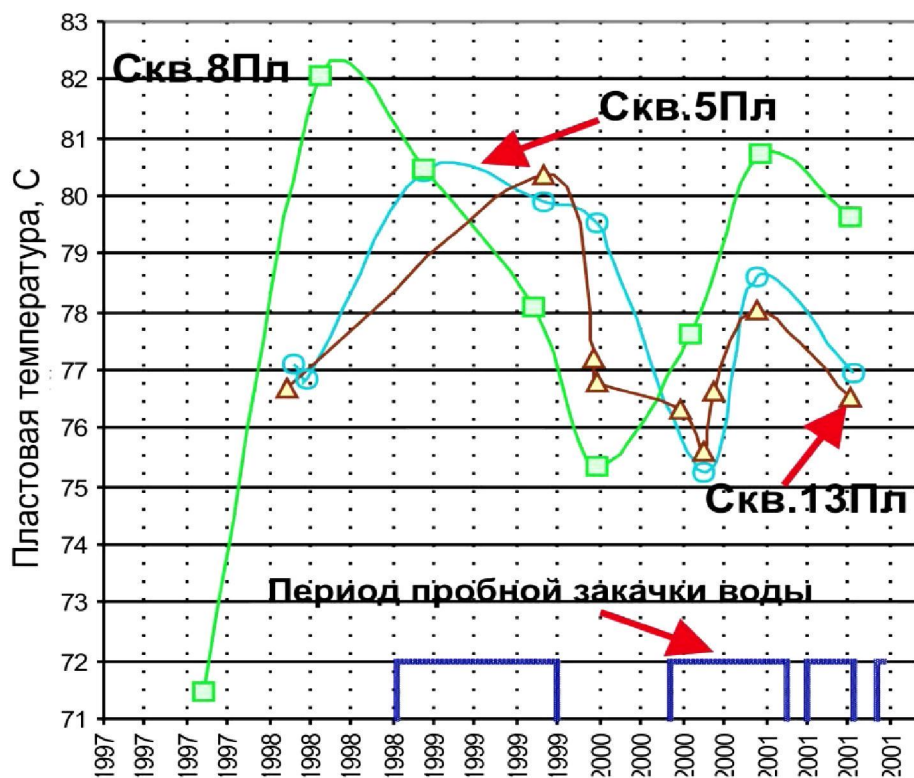
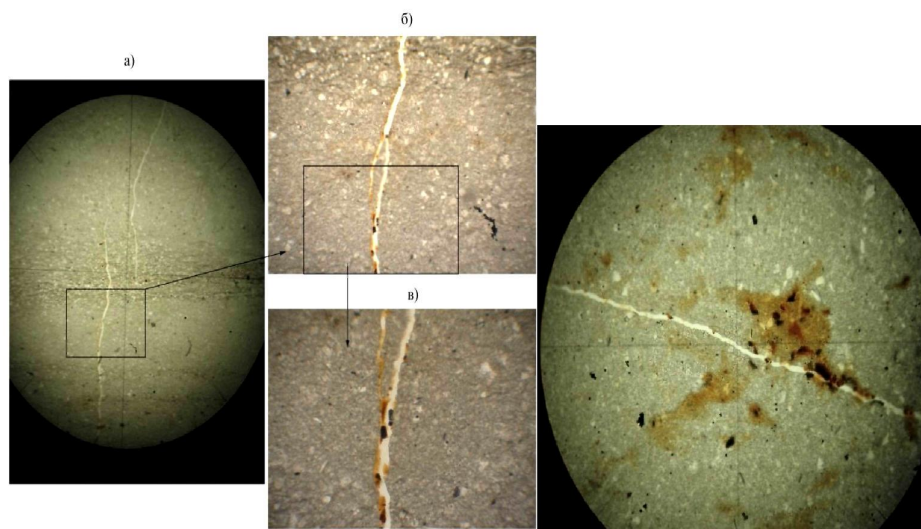


Рис. 6. Пример волнового характера аномального увеличения пластовой температуры в пределах «избранных» скважин (евлановско-ливенские продуктивные известняки, Памятно-Сасовское месторождение)



Скважина 1-Юрьевская.

Ливенские известняки. Интервал – 4992–5000 м

Слева (сечение поперек напластования): миграция нефтеуглеводородов по открытым вертикальным микротрещинам шириной 0,02–0,04 мм – а) увел. 4×4, ник. //, б) увел. 10×10, ник. //, в) увел. 20×20, ник. //

Справа (сечение по напластованию): избирательное нефтенасыщение каверн, связанное с открытой и флюидопроницаемой вертикальной микротрещиной. Увел. 10×10, ник. //



Скважина 2-Левобережная.

Малевские известняки. Глубина – 4278,3 м.

Слева: Система открытых и частично заполненных нефтью субгоризонтальных (микро)трещин шириной 0,001–0,3 мм. Увел. 20×20, ник. //

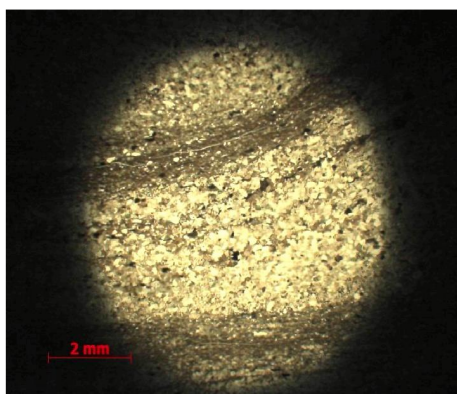
Справа: Интенсивная миграция нефтеуглеводородов по наклонному трещинному каналу, увлекающих за собой даже обломки породы. Увел. 20×20, ник. //

Рис. 7. Фото шлифов, изготовленных из керна пород продуктивных горизонтов (образцы продуктивных известняков различного возраста различных месторождений Волгоградского Левобережья)

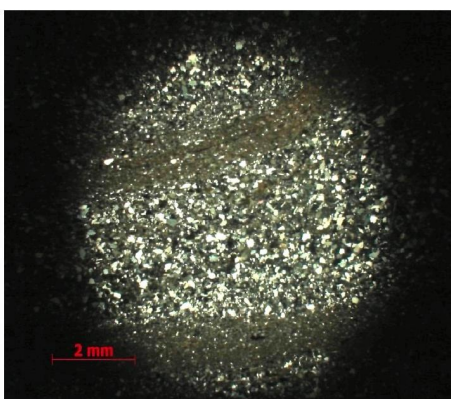
Случаи явно избирательного нефтенасыщения и/или степени нефтенасыщения породы по литологически однородному разрезу также связаны с наличием молодых и флюидопроницаемых субгоризонтальных (микро)трещин, что иллюстрируется на фотографиях шлифов (рис. 8), изготовленных из керна пород неокомского возраста (продуктивные неокомские песчаники), отобранных из скв. 4-Ракушечная месторождения им. В. Фила-

новского (Северный Каспий). Для Среднего и Северного Каспия уже установлен очень молодой возраст (акчагыл) формирования здесь таких нефтегазоносных структур, как ловушки углеводородов [1], что предполагает также очень молодой (не выходящий за пределы четвертичного периода) возраст формирования залежей УВ.

Таким образом, наряду со всеми благоприятными геолого-геохимическими и другими условиями, решающую роль в формировании, переформировании и сохранности углеводородных залежей и их современном пространственном размещении, а также в формировании флюидного режима залежей и термобарических условий, включая избирательное в пространстве и времени развитие различных флюидодинамических аномалий, играют неотектонические движения земной коры (в т.ч. современные), которые наиболее энергично протекают в пределах тектонически нарушенных зон.



Увеличение $10\times$, ник.//



Увеличение $10\times$, ник.+

Рис. 8. Фото шлифов. Скважина 4-Ракушечная. Неокомские песчанники. Интервал – 1412–1415 м. Избирательный характер нефтенасыщения пород по разрезу, связанный с наличием субгоризонтальных открытых (молодых) и флюидопроницаемых микротрещин

Библиографический список

1. *Агзямов К. Г.* Палеотектонический анализ поднятий Хвалынского и «170 км» / К. Г. Агзямов, Л. С. Багов, М. В. Махонин // Геология, бурение и разработка нефтяных месторождений Прикаспия и Каспийского моря. – 2003. – Вып. 61. – С. 132–136.
2. *Касьянова Н. А.* Влияние современной геодинамики недр на флюидный режим нефтегазовых залежей месторождений складчатых и платформенных областей / Н. А. Касьянова. – М. : Геоинформмарк, 2000. – 51 с.
3. *Касьянова Н. А.* Роль трещиноватости горных пород в формировании углеводородных залежей в пределах Николаевско-Городищенской предбортовой ступени западного борта Прикаспийской впадины / Н. А. Касьянова, А. С. Вылегжанина, Д. Д. Кирика, Ю. К. Бурлин, А. А. Брыжин, П. В. Медведев // Геология нефти и газа. – 2009. – № 4. – С. 10–16.
4. *Касьянова Н. А.* Современная геодинамика и ее влияние на нефтегазоносность Кавказско-Скифского региона / Н. А. Касьянова. – М. : Геоинформмарк, 1995. – 55 с.
5. *Касьянова Н. А.* Современная пространственно-временная миграция тектонической напряженности в земной коре Кавказа и Предкавказья / Н. А. Касьянова // Общая и региональная геология морей и океанов, геологическое картирование. Экспресс-информация. – М. : Геоинформмарк, 1994. – Вып. 3. – С. 1–15.