

ПЕТРОСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕСЧАНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ КРАПИВИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ-09-05-99036-р_офи.

Результаты петроструктурного анализа кварца из нефтенасыщенных песчаников отражают определённые закономерности их формирования. Установлено, что распределение оптических осей зёрен кварца тесно связано с удлинением его зёрен и в значительной мере контролируется условиями седиментации. Наблюдаемые локальные неоднородности петроструктурных узоров кварца обусловлены наложенным тектоническим воздействием на песчаные коллекторы Крапивинского месторождения.

Ключевые слова: песчаники; кварц; условия осадконакопления.

На исследуемом Крапивинском месторождении постоянно проявляются признаки неотектонических процессов в виде малоамплитудных разрывных нарушений, фиксируемых в процессе глубокого бурения, ГИС и сейсморазведки. Нами для расшифровки истории развития тектонических процессов и выявления возможной анизотропии литологических свойств песчаных коллекторов на месторождении применен микроструктурный анализ, который неоднократно и успешно использовался на других нефтяных месторождениях [1, 2].

Одним из наиболее хорошо изученных и широко распространенных минералов, применяемых для микроструктурного анализа, является кварц [3–5]. Вследствие этого кварц выбран нами для проведения исследования, поскольку содержится во всех изученных песчаниках в достаточном количестве (40–60%) в виде зерен мелкой и средней размерности. Основной задачей являлось определение ориентировок кварца по внутреннему строению и форме, а также их трещиноватости. В результате проведенных микроструктурных исследований выявлены анизотропия песчаных коллек-

торов Крапивинского нефтяного месторождения, особенности фациальных обстановок осадконакопления и проведена оценка влияния на них тектонических процессов.

В качестве объекта исследований были выбраны нефтенасыщенные песчаники из нефтеносной скважины Крапивинского месторождения. Примерно через равные интервалы были отобраны шесть образцов ориентированного керна песчаников. При этом первые три (обр. 3, 37, 49), представляющие верхнюю часть разреза, взяты из верхневасюганской подсвиты, три другие (обр. 72, 74, 76) – из подстилающей тюменской свиты. Данные по глубинам отбора образцов и их стратиграфическая привязка приведены в табл. 1. Отбор образцов из тюменских отложений производился исходя из предположения, что тектонические процессы могли проявиться в них отчетливее, т.к. эти отложения отличаются более высокой пластовой температурой и отделены от вышележащих отложений верхневасюганской подсвиты мощной нижневасюганской глинистой толщей.

Таблица 1

Глубина отбора и стратиграфическая привязка ориентированных образцов

№ обр.	А. о., м	Стратиграфическая привязка образцов		
		Возраст	Пласт	Свита
13	2588,9	J ₃ ox ₂₋₃	Ю ₁ ¹⁻²	Васюганская
37	2604,7	J ₃ ox ₁	Ю ₁ ³	
49	2612,4			
72	2681,3	J ₂	Ю ₃	Тюменская
74	2682,8			
76	2684,4			

Микроструктурным анализом установлены диаграммы оптических осей кварца в исследуемых образцах в плоскости напластования и нормально к ней (рис. 1, В, Г). В плоскостях напластования (рис. 1, В) петроструктурные узоры характеризуются преимущественно углами наклона оптических осей до 40°. Встречающиеся максимумы имеют незначительную плотность (5–7%) и распределены в основном случайным образом. Петроструктурные узоры оптических осей кварца в плоскостях, перпендикулярных напластованию (рис. 1, Г), аналогичны первым. На сводных диаграммах для каждого образца, полученных при сложении ориентировок оптических осей кварца в плоскости напластования и нормально к ней, плотность максимумов уменьшается до 3–4%, что свидетельствует об их случайности на исходных диаграммах. Аналогичный результат получен при увеличении числа замеров до 150. По-видимому, здесь проявляется отмеченная

И.С. Делициным [3] способность закономерной ориентировки оптических осей кварцевых зерен внутри небольших групп – доменов.

При этом каждый домен отличается своей ориентировкой оптических осей, в связи с чем порода в целом может иметь практически изотропный узор. Возможной причиной этого явления могут быть как ориентировка по форме зерен, так и электрическое взаимодействие кварцевых зерен, степень которого, однако, остается невыясненной. Вместе с тем нередко обнаруживается слабая связь между оптической ориентировкой кварцевых зерен и их удлинением, т.е. прослеживается некоторая корреляция между положением максимумов на диаграммах оптических осей и преобладающим удлинением на розах-диаграммах (рис. 1, обр. 13, 37, 49, 72, 74 и 76). Для обр. 76 характерно расположение оптических осей вблизи плоскости косой слоистости.

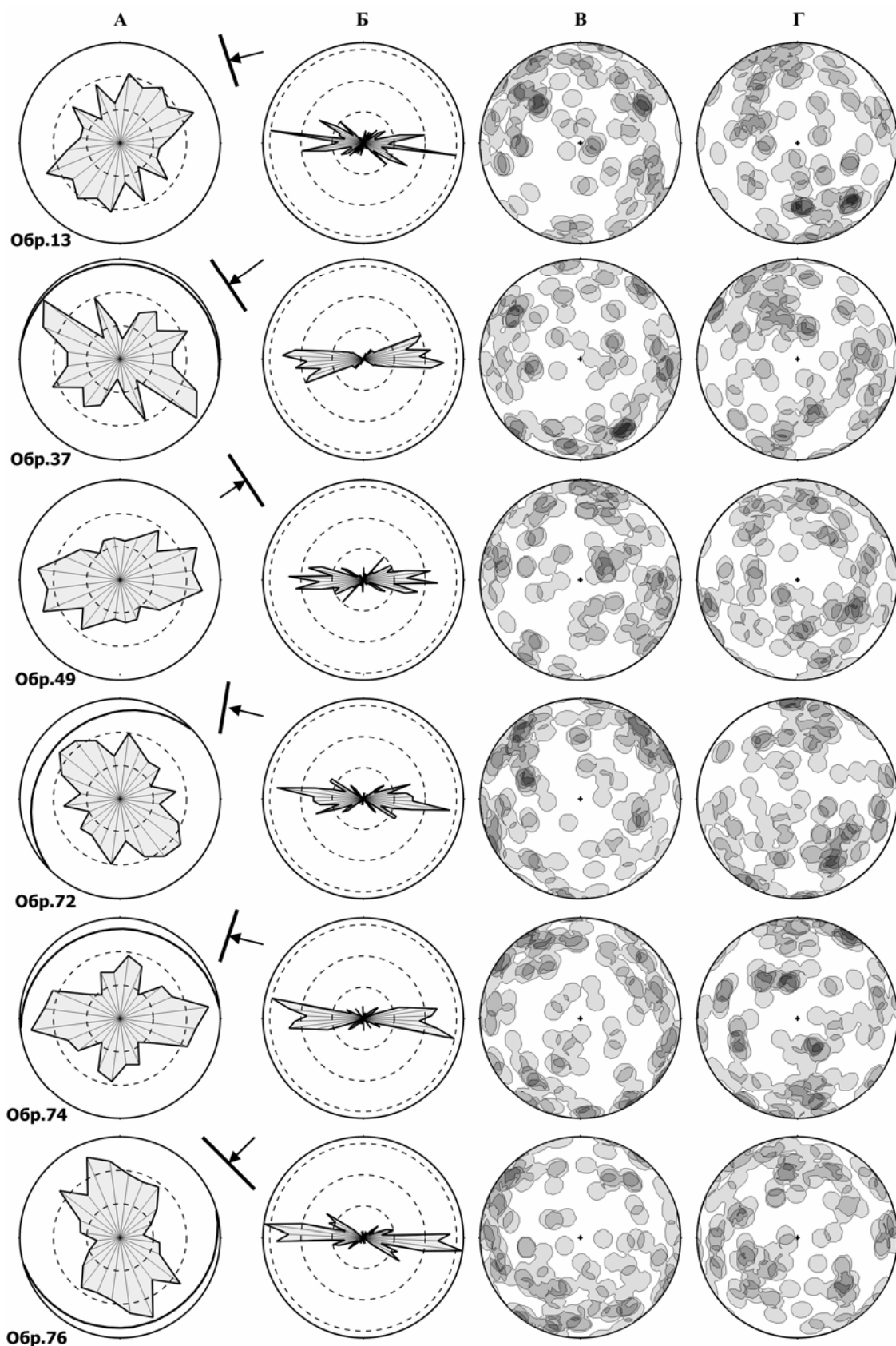


Рис. 1. Розы-диаграммы удлинения зерен кварца (А, Б) и петроструктурные узоры оптических осей кварца (В, Г) в образцах керна из скв. 203Р, ориентированных палеомагнитным методом к сторонам света.

Примечание. Розы-диаграммы удлинения зерен кварца построены в горизонтальной (А) и вертикальной (Б) плоскостях. Кольца на диаграммах А, Б проведены через 5%. Сплошной линией показана плоскость косої слойчатости. Вверху справа от диаграммы А показаны положение вертикального среза и направление наблюдения. Диаграммы ориентировок оптических осей кварца построены по горизонтальному (В) и вертикальному (Г) шлифам (приведены в истинное залегание) в равноплощадной проекции с верхней полусферы и изолиниями через 1%

Заслуживает рассмотрения диаграмма ориентировки удлинения зерен кварца в обр. 74В. На ней выделяется основной максимум с простиранием 350° и два второстепенных, отстоящих в обе стороны от основного на 40°. Подобный узор может возникнуть при сжатии в направлении основного максимума путем скольжения по призме [4]. Однако, по данным И.С. Делицина [3], аналогичный узор часто присутствует не только

в кварцитах, но и в нелифитизированных кварцевых песках. Поэтому полученная ориентировка на данном этапе изучения не может однозначно трактоваться как седиментогенная либо тектоническая.

Равномерность распределения ориентировок оптических осей кварца была проверена с помощью критерия χ^2 . Полученные значения χ^2 и соответствующие им вероятности равномерности распределения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика равномерности распределения оптических осей кварца

№ обр.	В плоскости напластования		Нормально плоскости напластования		Суммарное распределение	
	χ^2	P	χ^2	P	χ^2	P
13	19,9	0,18	27,5	0,03	27,3	0,03
37	23,3	0,08	20,3	0,16	23,2	0,08
49	25,3	0,05	13,5	0,57	19,7	0,19
72	31,8	0,01	20,9	0,14	19,7	0,18
74	28,4	0,02	20,1	0,17	23,8	0,07
76	27,4	0,03	13,9	0,54	14,4	0,50
Все образцы					38,9	0,001

Примечание. Вероятности (P) вычислены по величине критерия χ^2 при 15 степенях свободы.

При значении вероятности меньше 0,05 распределение ориентировок оптических осей кварца с большой степенью надежности можно отнести к неоднородному [5]. Как видно из табл. 2, значения критерия χ^2 варьируют в широких пределах, что не позволяет достоверно определить наличие предпочтительных ориентировок. Некоторое влияние оказывает ориентировка плоскости шлифа: для шлифов в плоскости напластования значения вероятности неоднородности распределения, как правило, несколько ниже критического или близки к нему, тогда как большинство шлифов, нормальных плоскости напластования, характеризуются равномерной ориентировкой. По-видимому, это объясняется некоторой субъективностью оператора при выборе оптических осей для замера. Для устранения этого несоответствия критерий χ^2 был рассчитан для суммарных по каждому образцу ориентировок, однако их одно-

родность также не является однозначной. Вероятность же однородности сводной диаграммы, построенной по всем образцам, оказалась равна всего 0,001, следовательно, она может однозначно считаться имеющей предпочтительную ориентировку.

Для выявления общих закономерностей в распределении удлинения кварцевых зерен и их оптических осей по всем исследуемым образцам были построены и проанализированы сводные диаграммы для оптических осей кварца и их удлинения (рис. 2).

Для полностью однородного распределения при использовании 15-градусного сектора при построении симметричной розы-диаграммы в каждом секторе окажется по 8,25% замеров. Сводная роза-диаграмма удлинений кварцевых зерен (рис. 2, А) имеет максимум менее 10%, т.е. предпочтительная ориентировка зерен по удлинению на ней практически не выделяется или очень слабая.

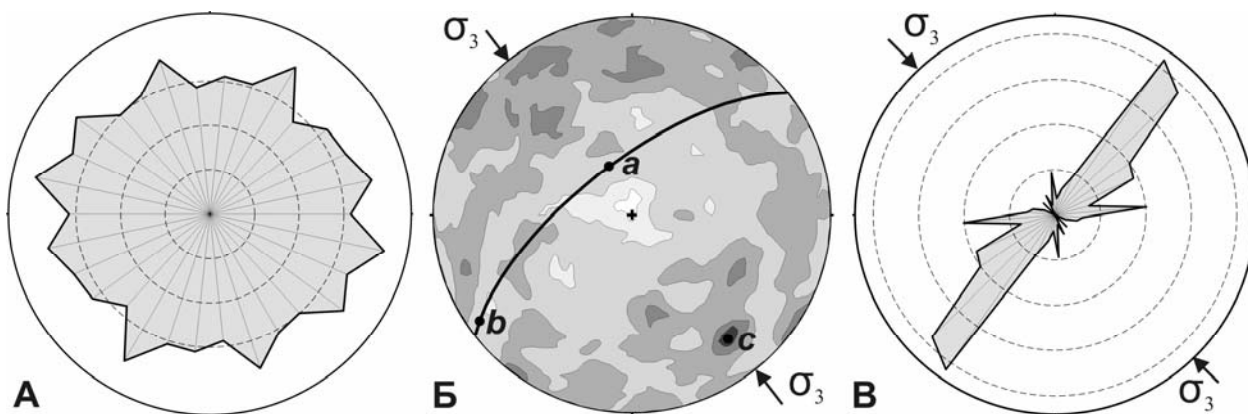


Рис. 2. Сводная роза-диаграмма удлинения зёрен кварца (А); кольца (пунктир) проведены через 2%. Диаграмма ориентировок оптических осей кварца (Б); равноплощадная проекция с верхней полусферы, 1250 замеров, изолинии: 0,2–0,5–1,0–1,5–2,0%. Относительная распространённость разрывных нарушений в зависимости от направления на территории Крапивинской, Западно-Крапивинской и Моисеевской площадей (В), построенная по данным ОАО «ТомскНИПИнефть». Стрелками (Б, В) показаны направления сжатия (σ_3)

Сводная диаграмма ориентировок оптических осей имеет максимум немногим более 2% (рис. 2, Б). Но она имеет две интересных особенности. Во-первых, большинство оптических осей имеют угол наклона до 40–45°; вертикально ориентированных осей (более 80°)

очень мало. Известно, что удлиненная форма зерен кварца, когда с удлинением совпадает оптическая ось, является унаследованной от исходных пород. При транспортировке кварца происходит его раскалывание преимущественно по призме и по ромбоэдру, причем

первое несколько преобладает [3]. У образующихся обломков угол между удлинением и оптическими осями составляет соответственно 0 и 38°. Учитывая, что подавляющее большинство удлиненных зерен кварца в исследуемых песчаниках ориентируется горизонтально, можно считать, что наблюдаемое поясное распределение оптических осей является следствием такого явления.

Во-вторых, на диаграмме отмечается тенденция к концентрированию оптических осей внутри конуса с горизонтально простирающейся по азимуту 330° осью и с угловым радиусом 50°. В первом и третьем квадрантах преобладает плотность оптических осей в среднем 0,8–1,2%, тогда как во втором и четвертом она возрастает до 1,2–1,6%, т.е. различие в плотности оптических осей в разных квадрантах составляет около 50%. Даже в случае полного совпадения удлинения зерен кварца с его оптическими осями, что на самом деле далеко не так, это различие составило бы приблизительно 20% (разница между максимальным и средним значениями на розе-диаграмме удлинений кварца). Влиянием условий седиментации эту особенность распределения оптических осей кварца уже нельзя объяснить.

Следует отметить, что простираание основного максимума хорошо совпадает с направлением сжатия, в обстановке которого возникли разрывные нарушения на Крапивинской и прилегающей к ней площадях (рис. 2, В). Применительно к району скв. 203Р можно установить положение петроструктурных осей *a*, *b* и *c*. Плоскость *ab* будет нормальна максимуму на диаграмме, а петроструктурная ось *c* будет совпадать с ним.

Подобный узор напоминает ориентировку по правилу Тренера и соответствует первому типу по Ферберну. Она может возникнуть при начальном, относительно слабом динамометаморфизме, протекавшем в условиях низкой температуры и/или при малой скорости деформации путем скольжения по базопинакноиду [4].

Сопоставление петроструктурных узоров оптических осей кварца с розами-диаграммами удлинений кварцевых зерен показало, что в формировании нефтенасыщенных песчаников Крапивинского месторождения принимают участие как седиментогенные, так и тектонические факторы. Влияние первых проявляется в том, что углы наклона основной массы оптических осей не превышают 40–50°. Причина этого заключается в том, что практически все зерна, имеющие даже незначительное удлинение, ориентируются под углами 10–15° к горизонту. Как правило, в них оптические оси кварца совпадают с удлинением либо отклоняются от него на 38° вследствие первоначально вытянутой формы кварцевых зерен и/или их раскалывания предпочтительно по призме и по ромбоэдру. Тектоническое воздействие привело к образованию слабого максимума, расположенного субгоризонтально по азимуту 330°. Такая ориентировка могла возникнуть при одностороннем сжатии по азимуту 330°. Указанное направление хорошо согласуется с направлением тектонического сжатия по азимуту 310–320°, полученному в результате анализа розы-диаграммы направлений малоамплитудных разломов. Вероятной причиной слабого отражения тектоники на ориентировках оптических осей кварца, очевидно, является низкая пластовая температура – около 100°C.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравченко Г.Г. Анизотропия песчаных коллекторов Крапивинского месторождения нефти (Томская область) // Структурный анализ в геологических исследованиях: Материалы междунар. семинара и республиканской школы молодых ученых. Томск, 1999. С. 128–129.
2. Чернышов А.И., Краснощекова Л.А. Петроструктурный анализ кварца нефтенасыщенных песчаников васюганской свиты (на примере месторождений Томской области) // Вестник Томского государственного университета. 2010. № 331. С. 219–223.
3. Делицин И.С. Структурообразование кварцевых пород. М.: Наука, 1985. 192 с.
4. Родыгин А.И. Микроструктурный анализ кварца. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1994. 217 с.
5. Гуськов О.И., Кушнарев П.И., Таранов С.М. Математические методы в геологии. Сборник задач: Учеб. пособие для вузов. М.: Недра, 1991. 205 с.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 27 октября 2010 г.