

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ВО ВТОРИЧНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ ЧЕХЛА ПО ГЛИНИСТЫМ МИНЕРАЛАМ

© 2012 г. А.Д. Коробов, Л.А. Коробова, А.Т. Колотухин, В.М. Мухин  
Саратовский госуниверситет

*Глинистые минералы и их парагенезисы являются чуткими индикаторами многообразия процессов преобразования нижнемеловых терригенных толщ Северо-Хальмерпаутинской площади (Большехетская впадина), где локализованы газоконденсатные залежи, а также верхнеюрских и нижнемеловых нефтеносных песчаников Нижневартовского свода. Изменение пород происходило под влиянием гидротерм, которые формировали вторичные пропилитовые коллекторы чехла, могли осуществлять транспортировку углеводородов и насыщать ими пласты. Газоконденсатные залежи при благоприятных структурных условиях возникали очень быстро – почти одновременно с образованием вторичных коллекторов, а нефтяные – значительно медленнее, причем в разных случаях продолжительность этого процесса могла существенно меняться. Содержание аутигенного каолинита в нефтенасыщенных вторичных коллекторах при прочих равных условиях является относительным показателем длительности формирования залежей. В газоконденсатных залежах таким показателем является количество аутигенных смешанослойных образований и соотношение в них разбухающих (сметитовых) и неразбухающих (слюдистых, хлоритовых) минералов. Образование новых и переформирование ранее возникших залежей углеводородов было связано с конкретными этапами тектоногидротермальной активизации региона.*

*Полученные на территории Западной Сибири оригинальные материалы могут быть полезны для геологов, работающих в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.*

### Введение

Вопрос об относительном времени прихода углеводородов (УВ) в пласт-коллектор имеет большое значение как в практическом, так и в теоретическом отношении. С решением данной проблемы тесно связано выяснение ряда условий формирования залежей нефти, что, в свою очередь, является важным для выявления закономерностей в размещении нефтяных месторождений в земной коре в целом.

Для определения относительного времени прихода нефти в песчаные пласты геологами были предприняты попытки изучения характера взаимоотношения нефти с эпигенетическими минералами вмещающих пород. В частности, важно было выяснить, какое место она занимает в последователь-

ном ряду выделения вторичных минералов, если рассматривать нефть в песчаных породах как минеральное тело. В связи с этим в целой серии работ К.Р. Чепикова с соавторами [29, 30, 31], Г.Э. Прозоровича, З.Л. Валюженич [20], И.Н. Ушатинского, Н.С. Цепелева [26] и других исследователей было обращено внимание на различие в составе эпигенетических минералов водо- и нефтенасыщенных коллекторов. Некоторые авторы [28, 34] связывали это различие с тормозящим влиянием нефти на процесс аутигенеза и указывали на вытекающую отсюда возможность определения относительного времени ее поступления в пласт. Такая возможность реализуется при сравнении комплекса и степени интенсивности эпигенетического минералообразования в водонос-

ных и нефтеносных породах продуктивных пластов. Если приход нефти в породу прекращает в ней всякие минералообразующие процессы, то в водоносных породах указанные процессы могут продолжаться и приводить к образованию новых минеральных видов.

Однако при этом не всегда удается определить состав аутигенных минералов водоносных пород. Зачастую дело приходится иметь только с коллекторами, насыщенными углеводородами. В таких случаях необходимо знать общую направленность развития минералообразующего процесса в породах-коллекторах при поступлении в них нефти и газа и четко представлять на каком этапе он был остановлен пришедшими УВ.

Прежде, при определении времени прихода нефти в пласт, считалось, что все изменения в коллекторе начинались на стадии диагенеза. В дальнейшем они протекали при постоянных температуре и давлении, соответствующих определенной глубине погружения, и контролировались проницаемостью коллекторов, а также характером реагирующих с породой жидких фаз: в одном случае пластовой водой, а в другом – нефтью [18, 26].

Сегодня с такой трактовкой развития аутигенеза в рифтовых бассейнах седиментации трудно согласиться. В настоящее время установлено, что формирование месторождений УВ там в значительной степени сопряжено с тектонической активизацией, протекающей в обстановке резкого изменения как температур, так и давлений и сопровождаемой интенсивной гидротермальной деятельностью [16, 17, 27]. Характернейшей особенностью таких бассейнов является то, что температура в недрах за всю историю их существования контролировалась не только и не столько режимом одного лишь погружения с учетом регионального геотермического градиента. В периоды тектонической перестройки региона (так называемой тектоно-гидротермальной активизации [11]) температура испытывала значительный

подъем, а затем, во время относительного тектонического покоя, – существенно снижалась. С одной стороны, это отражалось на меняющейся последовательности аутигенного минералообразования в процессе формирования вторичных коллекторов чехла. С другой, – при всплесках термальной активности имело место сочетание двух факторов – кондуктивного и конвективного теплопереноса, без совместного участия которых не могло осуществляться эффективное продуцирование углеводородов [1, 5, 6].

При варьирующем режиме гидротермального процесса слоистые силикаты являются наиболее точными (чуткими) индикаторами последовательности минералообразования во вторичных коллекторах чехла на разных этапах развития нефтегазоносных территорий [16]. Поэтому изучение парагенезисов и истории возникновения глинистых минералов вторичных коллекторов (с учетом тормозящего влияния УВ на аутигенез) даст возможность более определенно говорить об относительном времени прихода УВ в пласты и длительности формирования залежей рифтогенных седиментационных бассейнов. Этой проблеме и посвящена данная работа.

Объектом исследования являются нижнемеловые терригенные толщи Северо-Хальмерпаютинской площади (Большехетская впадина), где локализованы газоконденсатные залежи, а также верхнеюрские и нижнемеловые нефтеносные песчаники Нижневартовского свода.

### **Процессы преобразования терригенных пород**

#### *Большехетская впадина*

Петрографические наблюдения керна скв.2051 Северо-Хальмерпаютинской площади (интервал 3343,00-3638,93 м) показали, что терригенные породы валанжинского яруса (нижний мел) испытали, главным образом, низкотемпературную пропилитизацию. Среди последней мы, в соответствии с теоретическими представлениями ряда исследователей [7, 9, 10, 21], различаем

цеолитовую и трансильванскую фации. Продукты среднетемпературной пропилитизации выражены слабо. Кроме того, на отдельных участках установлены незначительные проявления гидротермальной аргиллизации.

Среднетемпературная пропилитизация (рис.1) проявилась прежде всего в развитии эпидота. Его количество ограничено. Эпидот обнаруживает парагенезис с широким набором гидротермальных минералов: ломонтитом, хлоритом, кальцитом, кварцем, редко пиритом и гидрослюдой и встречен почти во всех анализированных пробах.

Низкотемпературная цеолитовая пропилитизация (рис.1) наиболее широко отмечается на глубине 3343,0-3367,0 м. Она приурочена к грубозернистым породам (песчаникам, алевро-песчаникам) и выражается в ломонтитизации различных их ингредиентов. Ломонтит – индикаторный минерал цеолитовых пропилитов – тесно ассоциирует с аутигенным хлоритом.

Низкотемпературная трансильванская пропилитизация пользуется ограниченным распространением и локализована исключительно в тонкообломочных породах: алевролитах (интервал 3499,0-3501,0; 3580,0-3581,0 м), реже – песчаных алевролитах (глубина 3536,0 м). Кальцит – индикаторный минерал трансильванских пропилитов – ассоциирует с новообразованными хлоритом, гидрослюдой и продуктами их низкотемпературного преобразования. Петрографические наблюдения, подтвержденные рентгеноструктурными исследованиями, свидетельствуют, что хлорит возник главным образом за счет трансформации кластогенного биотита при пропилитизации осадочных толщ. В результате этого аутигенный хлорит формирует существенную (если не главную) часть глинистого цемента вторичных коллекторов терригенных пород. Освобождаю-

щийся при разрушении биотита калий выносятся или шел на гидрослюдизацию смектитов.

Данные рентгеновского фазового анализа<sup>1</sup> фракций < 0,001 мм, выделенных из характерных разностей пород скв.2051, показали удивительно выдержанный набор вторичных минералов в подавляющей части исследованных образцов. Пятнадцать из девятнадцати проб практически нацело сложены свежим или почти свежим магнезиальным хлоритом. Очень редки иллиты (гидрослюды) и собственно слюды. В малом количестве диагностирован ломонтит (?).

На дифрактограммах препаратов фракций < 0,001 мм магнезиальный хлорит определен по серии базальных отражений с  $d_{001} = 14,1 \text{ \AA}$ , не меняющим своего положения при насыщении образцов глицерином и этиленгликолем, но смещающимся в область с  $d \approx 13,8 \text{ \AA}$  после прогрева образцов при  $t 550 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение двух часов.

Слюдистый минерал определен по наличию на дифрактограммах серии базальных отражений с  $d_{001} = 9,99 \text{ \AA}$ , не меняющих своего положения при насыщении препаратов образцов органическими жидкостями (глицерином и этиленгликолем) и после прогрева образцов при  $t 550 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение двух часов.

Слюдистые минералы, чьи базальные отражения 001, равные в исходном состоянии  $9,99 \text{ \AA}$ , но смещавшиеся после насыщения глицерином в область с  $d = 9,94 \text{ \AA}$ , идентифицированы как гидрослюда с содержанием межслоев смектитового типа ~ 5 %.

Гидротермальная аргиллизация (рис.1) фиксируется в шлифах как самый поздний (низкотемпературный) процесс. Она затрагивает, в первую очередь, гидрослюды, в меньшей степени слюды и плагиоклазы. Реликты сохранившегося биотита при этом гидратируются и гидрослюдизируются. Пла-

<sup>1</sup> – Рентгенографический фазовый анализ проводился А.Л. Соколовой в лаборатории физических методов изучения пороодообразующих минералов Геологического института РАН

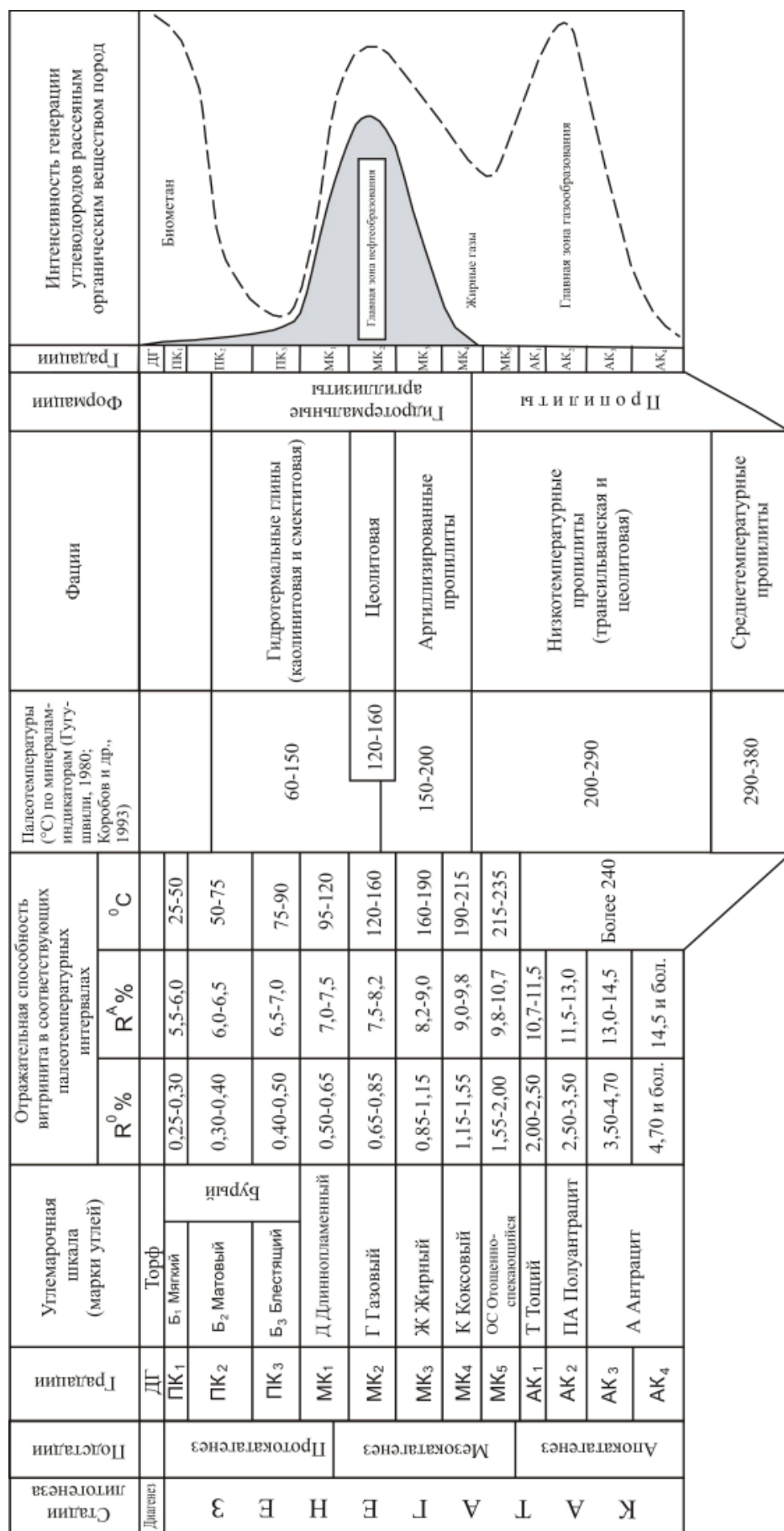


Рис.1. Принципиальная схема сопоставления шкал катагенеза и углефикации [1, 3], а также вертикальной зональности нефтегенеза [4] с вертикальной температурной и метасоматической зональностью гидротермальных систем рифтогенных осадочных бассейнов [11]

гиоклазы пелитизируются – мутнеют за счет развития глинистых минералов, прежде всего монтмориллонита. Наибольшей активности гидротермальная аргиллизация достигала на следующих глубинах: 3489,94 м в алевро-песчаниках, 3619,42 м – в алевролитах и 3638,59 м – в алевро-глинах.

Под гидротермальной аргиллизацией (в данном случае монтмориллонитизацией или смектитизацией) мы, вслед за М.А. Ратеевым [22], понимаем не только образование минералов группы монтмориллонита, но и увеличение монтмориллонитовых межслоев в смешанослойных структурах хлорит-смектитового и иллит-смектитового типов. В связи с этим очень показательны результаты рентгеновского фазового анализа фракций  $< 0,001$ . При доминирующем положении Mg-хлорита в них отмечается небольшое количество диоктаэдрических смешанослойных иллит-смектитовых образований. Причем в более проницаемых алевро-песчаниках и алевролитах смешанослойные иллит-смектиты содержат ~ 50 % разбухающих межслоев смектитового типа, а в смешанослойных образованиях из слабо проницаемых алевро-глин ~ 40 %. В одном случае в составе фракции менее 0,001 мм, выделенной из алевро-глин (глубина 3486,10 м), обнаружено небольшое количество триоктаэдрического (?) хлорит-смектитового смешанослойного образования с ~ 10-15 % межслоев смектитового типа. Главенствующим минералом фракции по-прежнему остается практически свежий Mg-хлорит.

Гидротермальная аргиллизация, как показали наши исследования на Паужетском месторождении горячих вод (Ю. Камчатка), протекает при температурах ниже 200 °С. Причем в интервале 200-150 °С (рис.1) формируются так называемые аргиллизированные пропилиты со смешанослойными хлорит-смектитовыми или иллит-смектитовыми образованиями, а в диапазоне 150-60 °С – гидротермально-метасоматические глины (смектиты, каолинит) [12].

### *Нижневартовский свод*

Схожий характер образования аутигенных хлорита и гидрослюд отмечается на Ватинском и других месторождениях нефти в породах позднеюрского и ранне-поздне-мелового возрастов [18]. Особняком стоят самые поздние по времени проявления генетически взаимосвязанные процессы каолинизации и кислотного выщелачивания. Они не свойственны газоконденсатному месторождению Северо-Хальмерпаутинской площади, но широко распространены на нефтяных месторождениях Нижневартовского свода. Рассмотрим подробнее каждый из этих процессов.

Эпигенетический хлорит возникает за счет перерождения терригенных минералов в нефтенасыщенных песчаниках. Так, пластинки биотита интенсивно хлоритизируются. Причем начальные стадии образования хлорита фиксируются только рентгеновским анализом. При этом в шлифах биотит выглядит очень свежим и при микроскопическом изучении не несет на себе явных следов разложения. Полевые шпаты также активно хлоритизируются. Электронно-микроскопические наблюдения свидетельствуют, что при этом хлорит образует агрегаты очень мелких размеров, которые развиваются по поверхности зерен в виде тонких каемок. В итоге хлорит железистого и железисто-магнезиального состава формирует крустификационный цемент песчаников. В коллекторах отмечается также аллотигенный хлорит, но в весьма малом количестве.

Биотит, наряду с метасоматическим замещением хлоритом, на отдельных участках превращается в крупночешуйчатую хорошо окристаллизованную гидрослуду. В некоторых случаях гидротермально-метасоматическая гидрослуда коллекторов по оптическим свойствам почти не отличается от аллотигенной гидрослуды вмещающих пород.

Кроме свежей гидрослуды рентгеновскими методами установлены случаи, когда она начинает содержать переменное (от 25 до 30 %) количество разбухающих (смекти-



товых) межслоев, неупорядоченно переслаивающихся с неразбухающими (слюдистыми) слоями [18]. Присутствуют также смектиты и хлорит-смектитовые смешанослойные образования (редко).

Петрографические и электронно-микроскопические наблюдения [18, 19] свидетельствуют, что хлоритизация и гидрослюдизация песчаников отражают период становления пропиловых коллекторов, подробно описанного на примере Северо-Хальмерпаютинской площади. Более поздняя каолинитизация, сопровождающая выщелачивание пропиловых коллекторов, знаменует совершенно новый этап в формировании месторождений. Аутигенный каолинит распределен неравномерно в продуктивных коллекторах Нижневартовского свода (табл.).

Так, в коллекторах горизонтов БВ<sub>8-1</sub> и БВ<sub>16</sub> (нижний мел, валанжин, мегийонская свита) содержание эпигенетического каолинита достигает 20-36 % общего количества всех глинистых минералов цемента. Рост содержания аутигенного каолинита 20 % (БВ<sub>8-1</sub>) → 36 % (БВ<sub>16</sub>) связан с проявившимся кислотным выщелачиванием полевых шпатов и сопряженным локальным перераспределением кремнезема (появлением регенерационного кварца) в пласте БВ<sub>16</sub>. Однако масштабы растворения терригенных кристаллов и новообразованных слоистых силикатов цемента, наблюдаемые в шлифах и под электронным микроскопом, в целом весьма скромны [19].

Аутигенный каолинит приурочен преимущественно к первичным порам. Размеры их определяют морфологию и величину кристаллов каолинита. При увеличении сечения пустот до 100 мкм уменьшается толщина каолинитовых агрегатов и растут их размеры. При этом они хаотично располагаются в порах. В более крупных пустотах (100-150 мкм по длинной оси) образуются довольно большие (в среднем до 10 мкм) веерообразные агрегаты шестигранных кристаллов. Там каолинит нередко образует

рыхлые сростки, которые не контактируют с более ранним эпигенетическим хлоритом.

В коллекторе горизонта ЮВ<sub>1-1</sub> (верхняя юра, васюганская свита) петрографическими и электронно-микроскопическими наблюдениями установлено начало активного кислотного выщелачивания [19]. В песчаниках появляется большое количество мелких пор размером 23-30 мкм. Полевые шпаты интенсивно растворяются и замещаются глинистыми минералами, отчего зачастую видны лишь остовы их зерен. Наблюдается локальное перераспределение кремнезема, приводящее к появлению четких кристаллов новообразованного регенерационного кварца.

Количество аутигенного каолинита возрастает до ~ 53 % (рис.2, табл.). Он распределен локально: заполняет весь объем мелких новообразованных пор. В относительно крупных (до 50, редко до 90 мкм) первичных порах продолжают формироваться редкие стадийные веерообразные агрегаты каолинита нескольких генераций. Гидрослюда испытывает активную каолинитизацию, отчего между концентрациями этих минералов в коллекторе наблюдается отрицательная корреляция.

В верхних пластах горизонтов АВ<sub>1</sub> (нижний мел, апт, алымская свита) и АВ<sub>2</sub> (нижний мел, баррем, вартовская свита) отмечается усилившееся кислотное выщелачивание песчаников и образование каолинита (до 67 %). Последний возникает за счет разрушения полевых шпатов, слюд и аутигенных глинистых минералов (хлорита и гидрослюд). Размер пор увеличивается до 180 мкм. В них развиваются рыхлые веерообразные агрегаты эпигенетического каолинита размером в среднем 10 мкм [18, 19].

В коллекторе горизонта ПК<sub>19</sub> (покурская свита) установлено самое интенсивное выщелачивание и каолинитизация песчаников [19]. Это проявляется в массовом растворении аутигенных глинистых минералов цемента и терригенных зерен главным образом полевых шпатов. В силу этого подав-

Таблица

Литологические и петрофизические свойства, состав глинистых минералов, размер и форма выделений каолининовых частиц продуктивных вторичных коллекторов Нижнеартовского свода [8,19]

Горизонт	Породы	Температура в пласте, °С	Петрофизические характеристики			Глинистые минералы цемента, %				Форма выделения каолининовых частиц и размеры агрегатов
			Кп., %	Кпр., мД	Размер пустот* мкм	Гидро-слюда-сметит	Гидро-слюда	Каолинит	Хлорит	
ПК <sub>19</sub>	М/з и с/з песчаники	57	26,5	1982,5 до 8000,0	180-200 до 500	1,4	12,4	75,3	4,3	очень крупные (свыше 10 мкм), рыхлые, стадийные веерообразные агрегаты
АВ <sub>1-1</sub>	Т/з и м/з песчаники	70	27,9	225,1	120-180	5,7	15,9	67,2	10,2	рыхлые веерообразные агрегаты (в среднем 10 мкм)
БВ <sub>8-1</sub>	Т/з и м/з песчаники	71-96	23,8	211,2	100-150	1,3	14,2	20,3	64,2	крупные и рыхлые веерообразные агрегаты (в среднем 10 мкм)
БВ <sub>16</sub>	Песчаники и алевро-песчаники	90	19,1	19,9	50-60 до 100	5,2	19,6	36,2	38,9	толстотаблитчатые, неплотно прилегающие друг к другу
ЮВ <sub>1-1</sub>	М/з песчаники и песчанистые алевролиты	63-129,5	17,6	38,6	25-30 до 50	4,3	34,4	52,6	2,0	толстотаблитчатые срастания, очень редкие веерообразные агрегаты

**Примечание.** \* – размер по длинной оси, ПК<sub>19</sub> – отложения верхнего мела (сеноманкий ярус, покурская свита); АВ<sub>1-1</sub> – отложения нижнего мела (аптский ярус, алымская свита); БВ<sub>8-1</sub>, БВ<sub>16</sub> – отложения нижнего мела (валанжинский ярус, мегионская свита); ЮВ<sub>1-1</sub> – отложения верхней юры (васюганская свита); Кп. – коэффициент проницаемости; Кпр. – коэффициент пористости

ляющее количество первичных пор и вновь возникших пустот выщелачивания приобретают вытянутую форму и крупные размеры: до 200, местами до 500 мкм по длинной оси. В терригенных кристаллах развиваются вторичные внутризерновые поры до 50 мкм в поперечнике. Из всех изученных отложений Нижневартовского свода именно этот горизонт характеризуется самыми высокими значениями проницаемости (до 8000 мД) (табл.).

В коллекторе отмечается максимальное из изученных значений содержание эпигенетического каолинита (~ 75 %). Он формировался стадийно в виде наиболее крупных (> 10 мкм) веерообразных сростков шестигранных кристаллов, локализованных в пустотах выщелачивания. Кроме того, каолинит интенсивно замещает полевые шпаты, гидрослюды и хлорит. Все сказанное приводит к тому, что концентрация гидрослюды и хлорита опускается до очень низких значений соответственно ~ 12 % и ~ 4 %. Хлорит почти не виден на микрофотографиях [19].

#### **Обсуждение результатов**

Установлено [13, 14, 15], что характер эпигенетических изменений пород фундамента и осадочного чехла Западно-Сибирской плиты в значительной степени определяется вспышками гидротермальной деятельности, которая сопровождала периоды тектонической перестройки региона. В течение мезозоя активизация Западно-Сибирской плиты возобновлялась неоднократно. В частности, она наблюдалась в средней юре (180-160 млн лет), раннем мелу (неокоме – 145-120 млн лет) и позднем мелу – раннем палеогене (100-60 млн лет) [32]. Это хорошо увязывается с представлениями [2] о том, что максимальный разогрев пород осадочного чехла в Западной Сибири, сопряженный с интенсивным погружением бассейна во время тектонической активизации, приходился на среднюю юру – поздний мел. Сказанное не противоречит палеогеотермическим исследованиям газожидких включений, пока-

завшим [33] длительное воздействие высокотемпературных (150-250 °С) растворов на палеозойские и юрские породы юго-востока Западно-Сибирской плиты. Выявленные температуры в 2-3 раза превышают современные пластовые температуры, замеренные в стволах скважин.

Различия тектонических позиций рифтов и генетически с ними связанных изолированных впадин [25] определили специфику заполняющего их изверженного материала и постмагматических явлений, в этих структурах протекавших. Это касается гидротермальных процессов как доюрской (доплитной) стадии, так и тех, что сопровождали тектоническую активизацию уже сформировавшейся молодой платформы. В рифтах господствовало высокотемпературное, а за их пределами – в изолированных депрессиях – низкотемпературное гидротермально-метасоматическое минералообразование [13, 14]. Это подтверждается и различием современных температур, замеренных на одинаковой глубине скважин, которые были пробурены на различных расстояниях от погребенного континентального рифта. Так, непосредственно в надрифтовом желобе центральной части плиты (Черемшанская площадь) на глубине 3007 м зафиксирована пластовая температура 157 °С. На борту желоба (Восточно-Таркосалинская площадь) она составляет уже 105 °С, а на удалении от желоба (Западно-Таркосалинская площадь) падает до 93 °С [24].

По устным заявлениям А.И. Сухарева (2008, 2009), в опробованном нами интервале глубин скв.2051 современные температуры варьируют от 85 до 99,3 °С (~ 100 °С). В этом температурном диапазоне по всем законам гидротермального (гидротермально-метасоматического) минералообразования должна развиваться формация гидротермальных аргиллизитов [7, 12, 21]. Она представлена, прежде всего, смектитами и каолинитом (рис.1). Однако в составе тонких (менее 0,001 мм) фракций, выделенных из разнообразных измененных терригенных



пород, эти минералы не встречены. Как отмечалось, тонкие фракции всех 19 проб практически нацело сложены свежим (или почти свежим) магнезиальным хлоритом (клинохлором). Иногда в небольшом количестве в них присутствуют диоктаэдрические иллит-сметитовые смешанослойные образования.

На основании этого возникает закономерный вопрос: как объяснить, что при современных температурах 85-100 °С, которые установлены прямыми замерами в стволе скв.2051, сохранился свежим хлорит – неприменный спутник ломонтита и кальцита в цеолитовых и трансильванских пропилитах? Ведь известно [7, 12, 21], что уже при температуре циркулирующих растворов менее 200 °С хлорит начинает перерождаться в монтмориллонит с формированием хлорит-сметитовых смешанослойных образований. У последних с падением температуры в диапазоне 200-150 °С закономерно нарастает количество вновь возникающих набухающих (сметитовых) и сокращается число реликтовых (хлоритовых) межслоев. Ниже 150 °С смешанослойные образования исчезают полностью, уступая место собственно сметитам [12]. Трансформация хлорита осуществляется в рамках триоктаэдрического структурного мотива.

То же самое и при тех же температурах происходит при монтмориллонитизации гидрослюд (иллита), с той лишь разницей, что трансформация последних протекает в границах диоктаэдрического структурного мотива. Появление в породах скв.2051 весьма ограниченного количества иллит-сметитов при практическом отсутствии хлорит-сметитовых образований объясняется, в соответствии с теоретическими представлениями [23], более низкой термодинамической устойчивостью первых к трансформации в монтмориллонит. При этом важно подчеркнуть, что набухающая (сметитовая) фаза в диоктаэдрических иллит-сметитах не превышает 50 %, а собственно диоктаэдрические монтмориллониты не зафиксирова-

ны вообще. Все это свидетельствует об одном: налицо отсутствие важнейшей черты гидротермального процесса – его регрессивной направленности.

Исходя из сказанного, ответ на поставленный вопрос напрашивается один: после теплового импульса, достигшего уровня низкотемпературной пропилитизации (200-290 °С), произошла консервация системы неким гидрофобом, который препятствовал поступлению и циркуляции остывающих и остывших до 85-100 °С растворов в терригенные породы. Зная, что в исследуемом интервале скв.2051 локализована газоконденсатная залежь, можно уверенно заявить, что таким гидрофобом являются углеводороды. Следовательно, приход УВ в терригенные породы осуществлялся либо в течение процесса пропилитизации или сразу по ее завершении, но во временном интервале, в котором температура системы не смогла опуститься ниже 200 °С. Из этого следует, что формирование вторичных (пропилитовых) коллекторов в валанжинских толщах осадочного чехла Северо-Хальмерпаютинской площади и их заполнение углеводородами происходило почти одновременно.

Совершенно иная картина наблюдается на месторождениях Нижневартовского свода. Главное отличие заключается в постоянном присутствии в нефтенасыщенных коллекторах каолинита, который является самым поздним из всех аутигенных глинистых минералов. Современные температуры в рассматриваемых коллекторах Нижневартовского свода (табл.) варьируют в пределах от 57 °С (пласт ПК<sub>19</sub>) до 129,5 °С (пласт ЮВ<sub>1</sub>), что соответствует фации гидротермальных каолинитовых и сметитовых глин (рис.1). Это свидетельствует о том, что после теплового импульса, соответствующего низкотемпературной пропилитизации, произошло остывание системы до температур, где каолинит или сметиты являются господствующими минералами. Однако каолинит распределен весьма неравномерно в цементе нефтенасыщенных песчаников.

Смектиты присутствуют в виде примеси и в расчетах не участвуют (табл.). По аналогии с Северо-Хальмерпаутинской площадью можно заключить, что это, при прочих равных условиях, явилось следствием одновременного прихода нефти в рассматриваемые пласты и консервации (фиксации) определенной стадии выщелачивания и каолинизации вторичного коллектора.

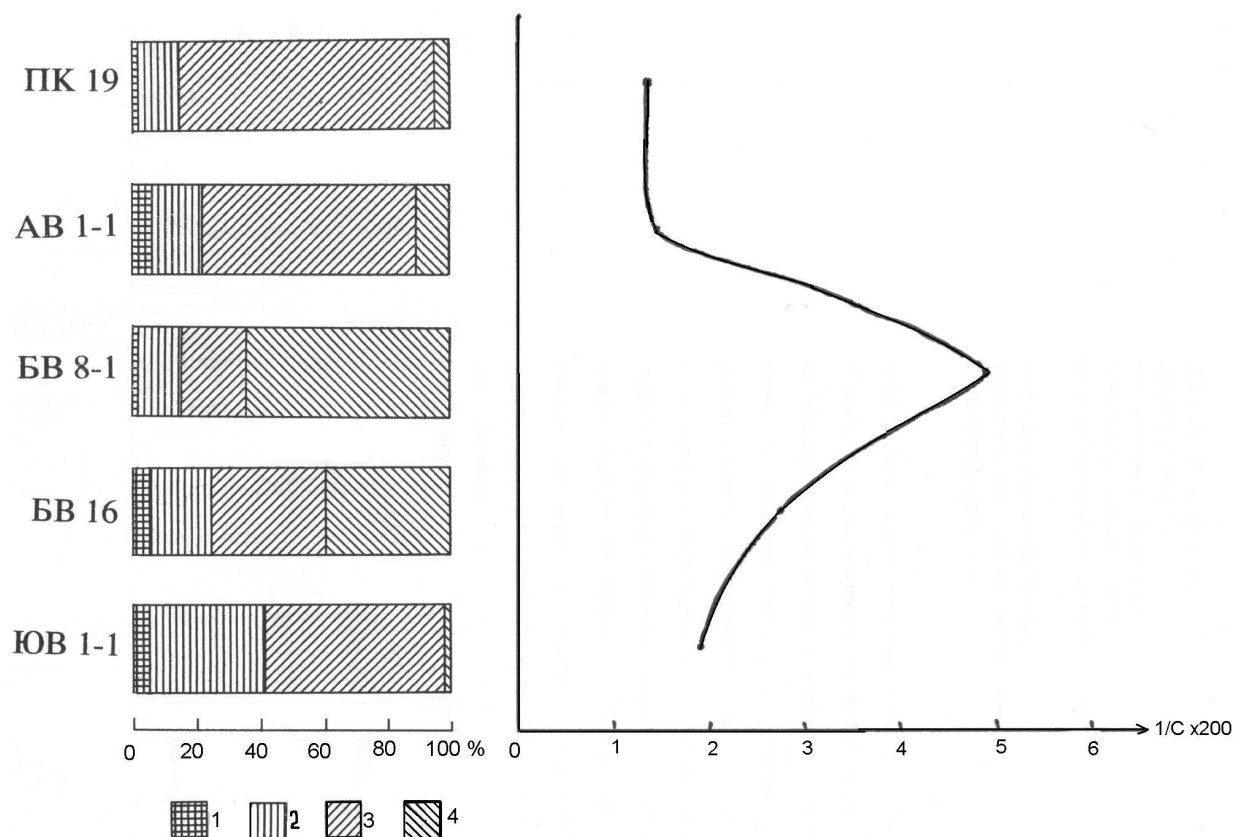
Небольшое количество (25-30 %) разбухающих межслоев гидрослюдисто-смектитовых смешанослойных образований в пластах АВ [18], по сравнению с продуктивными горизонтами Северо-Хальмерпаутинской площади (40-50 %), говорит о том, что гидротермальная смектитизация пропиловых коллекторов в первом случае была более кратковременной и прервалась на более высокотемпературной стадии. Причем связано это было с внедрением кислых растворов, вызывающих выщелачивание и каолинизацию, широко развитую на нефтяных месторождениях Нижневартовского свода и полностью отсутствующую в скважине Большехетской впадины. Понижение рН растворов, видимо, было связано с окислением находящейся поблизости нефти (микронепти) и органического вещества вмещающих пород. В случае газоконденсатных (газовых) месторождений развитие аутигенного каолинита менее типично, или он отсутствует вообще из-за высокой устойчивости метана к окислению.

Существование стадии гидротермальной аргиллизации свидетельствует о возникновении паузы нефтенасыщения, в течение которой произошло перерождение пропиловых коллекторов остывающими кислыми растворами. Поскольку продолжительность этой стадии и соответственно масштабы выщелачивания и каолинизации вторичных коллекторов были различны, можно говорить, что мерилем такой паузы при прочих равных условиях является количество аутигенного каолинита в пласте. Следовательно, величина, обратная содержанию каолинита в продуктивных коллек-

торах (1/С), позволяет при прочих равных условиях оценить относительную скорость формирования нефтяных залежей (рис.2). Что касается газоконденсатных месторождений, то там таким мерилем, в первую очередь, является количество аутигенных смешанослойных образований и соотношение в них разбухающих (смектитовых) и неразбухающих (хлоритовых, слюдястых) межслоев. При этом надо постоянно помнить, что такая оценка справедлива лишь для залежей УВ, образовавшихся в отдельно взятый этап тектонической перестройки.

Из рис.2 следует, что в течение очередного периода тектоногидротермальной активизации заполнение нефтью коллекторов в разрезе Нижневартовского свода не было одновременным. Передовой фронт миграции нефти проходил в отложениях мегионской свиты (пласты БВ<sub>8-1</sub> и БВ<sub>16</sub>), причем пласт БВ<sub>8-1</sub> быстрее заполнился нефтью, чем БВ<sub>16</sub>. Медленнее шло насыщение нафтидами коллекторов васюганской (пласт ЮВ<sub>1-1</sub>) и алымской (пласт АВ<sub>1-1</sub>) свит. В коллекторы покурской свиты (пласт ПК<sub>19</sub>) нефть пришла позже всех. Важно подчеркнуть, что минералообразующая обстановка пласта ПК<sub>19</sub> на момент консервации углеводородами очень напоминает таковую пластов ЮК<sub>10-11</sub> Талинского месторождения (Красноленинский свод), куда нефть также поступила в самый завершающий этап тектоногидротермальной активизации [17]. Таким образом, можно говорить, что содержание аутигенного каолинита в нефтенасыщенных вторичных коллекторах рифтогенных бассейнов при прочих равных условиях есть относительный показатель длительности формирования залежей.

Сказанное позволяет согласиться с К.Р. Чепиковым и его коллегами [29, 30] в том, что вероятность образования промышленных скоплений нефти в терригенных (как и в карбонатных) коллекторах исключается до формирования в них катагенетических минералов. Применительно к рифтогенным седиментационным бассейнам такие мине-



**Рис.2.** Соотношение глинистых минералов цемента в продуктивных вторичных коллекторах Нижневартовского свода [19] и кривая относительной скорости формирования нефтяных залежей (принципиальная схема, объяснение в тексте). Глинистые минералы: 1 – смектиты и смешанослойные минералы, 2 – гидрослюда, 3 – каолинит, 4 – хлорит

ралы имеют гидротермальную (гидротермально-метасоматическую) природу.

### Заключение

Проведенные исследования позволяют утверждать следующее.

1. Горячие растворы формировали вторичные гидротермально-метасоматические коллекторы осадочного чехла, осуществляли транспортировку углеводородов и насыщали ими пласты.

2. Газоконденсатные залежи при наличии благоприятных структурных условий возникали очень быстро – почти одновременно с образованием вторичных коллекторов, а нефтяные – значительно медленнее, причем в разных случаях продолжительность этого процесса могла существенно меняться.

3. Содержание аутигенного каолинита в нефтенасыщенных вторичных коллекторах при прочих равных условиях есть относительный показатель длительности возникновения залежей. Что касается газоконденсатных залежей, то там таким показателем, в первую очередь, является количество аутигенных смешанослойных образований и соотношение в них разбухающих (смектитовых) и неразбухающих (слюдистых, хлоритовых) межслоев.

4. Образование новых и переформирование ранее образованных залежей УВ в значительной степени было связано с конкретными этапами тектоногидротермальной активизации региона.

## Л и т е р а т у р а

1. Аммосов И.И., Горшков В.И., Гречишников Н.П. Палеотемпературы преобразования нефтегазоносных отложений. – М.: Наука, 1980. – 108 с.
2. Бочкарев В.С., Брехунцов А.М., Дещеня Н.П. Геодинамические обстановки формирования Западно-Сибирского бассейна и его нефтегазоносности //Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. – М.: ГЕОС, 2005. – Т.1. – С.71-75.
3. Вассоевич Н.Б. Избранные труды. Литология и нефтегазоносность. – М.: Наука, 1990. – 263 с.
4. Вассоевич Н.Б. Геохимия органического вещества и происхождения нефти. – М.: Наука, 1986. – 386 с.
5. Гречишников Н.П. Палеогеотермические особенности преобразования нефтегазоносных отложений //Советская геология. – 1978. – № 9. – С.3-11.
6. Гречишников Н.П. Геотермические процессы нефтегазообразования //Докл АН СССР. – 1991. – Т.319. – № 2. – С.71-74.
7. Гугушвили В.И. Поствулканический процесс и формирование месторождений полезных ископаемых в древних островных дугах и интрадуговых рифтах (на примере Аджаро-Триалетской зоны Кавказа). – Тбилиси: Мецниереба, 1980. – 184 с.
8. Клещев К.А., Шеин В.С. Нефтяные и газовые месторождения России: справочник в двух книгах. Кн. 2 – азиатская часть России. – М.: ВНИГНИ, 2010. – 720 с.
9. Коржинский Д.С. Зависимость метаморфизма от глубинности вулканогенных формаций //Труды лаборатории вулканологии. – 1961. – Вып.19. – С.5-11.
10. Коржинский Д.С. Очерк метасоматических процессов //Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. – М.: изд-во АН СССР, 1953. – С.335-456.
11. Коробов А.Д. Гидротермальный литогенез в областях наземного вулканизма: автореф. дис. д-ра геол.-минерал. наук. – М.: ГИН РАН, 1995. – 45 с.
12. История гидротермального минералообразования Паужетского месторождения парогидротерм и палеогидротермальных систем района /А.Д. Коробов, О.П. Гончаренко, С.Ф. Главатских и др. //Структура гидротермальной системы. – М.: Наука, 1993. – С.88-120.
13. Коробов А.Д., Коробова Л.А., Киняева С.И. Гидротермальные процессы в палеорифтах Западной Сибири и их роль в формировании жильных ловушек УВ доюрского комплекса Шаимского района //Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2004. – № 12. – С.63-72.
14. Коробов А.Д., Коробова Л.А. Гидротермальные процессы в погребенных палеорифтах Западной Сибири и их роль в доломитизации известняков и насыщении пород фундамента нефтью //Геология нефти и газа. – 2005. – № 3. – С.37-46.
15. Коробов А.Д., Коробова Л.А. Разуплотнение пород и фазовая зональность нафтидов Западно-Сибирской плиты как отражение гидротермально-метасоматических процессов //Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2008. – № 9. – С.21-28.
16. Коробов А.Д., Коробова Л.А. Парагенезисы и история формирования глинистых минералов терригенных коллекторов Западной Сибири – ключ к прогнозу зон нефтегазоаккумуляции //Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2010. – № 3. – С.13-21.
17. Коробов А.Д., Коробова Л.А. Пульсирующий стресс как отражение тектоногидротермальной активизации и его роль в формировании продуктивных коллекторов чехла (на примере Западной Сибири) //Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2011. – № 6. – С.4-12
18. Котельников Д.Д., Колобова Г.Ф. Роль биотита в образовании глинистых цементов в коллекторах Ватинского месторождения нефти //Докл. АН СССР. – 1972. – Т.207. – № 4. – С.950-953.
19. Влияние процессов образования аутигенных глинистых минералов терригенных пород на их коллекторские свойства (на примере пород Вартовского свода) /В.В. Крупская, Г.А. Кал-

мыков, О.В. Хотылев, М.Ю. Ревва //Литология и полезные ископаемые. – 2006. – № 3. – С.250-257.

20. Прозорович Г.Э, Валуженич З.Л. Регенерация кварца и пелитизация полевых шпатов в нефтеносных и водоносных песчаниках Усть-Балыкского месторождения нефти (Западная Сибирь) //Докл. АН СССР. – 1966. – Т.168. – № 4. – С.893-895.

21. Ратеев М.А., Градусов Б.П., Ильинская М.Н. Глинообразование при постмагматических изменениях андезито-базальтов силура Южного Урала //Литология и полезные ископаемые. – 1972. – № 4. – С.93-109.

22. Ратеев М.А., Градусов Б.П., Ильинская М.Н. Гидротермальная аргиллизация верхнесантонских вулканогенных пород и ее роль в формировании бентонитов Саригюх (Армянское СССР) //Известия АН СССР. Серия геол. – 1973. – № 12. – С.41-56.

23. Саркисян С.Г., Котельников Д.Д. Глинистые минералы и проблемы нефтегазовой геологии. Издание 2-ое, переработанное и дополненное. – М.: Недра, 1980. – 232 с.

24. Триасовая рифтовая система Западно-Сибирской плиты, ее влияние на структуру и нефтегазоносность платформенного мезо-кайнозойского чехла /В.С. Сурков, А.А. Трофимук, О.Г. Жеро и др. //Геология и геофизика. – 1982. – № 8. – С.3-15.

25. Сурков В. С., Смирнов Л.В. Строение и нефтегазоносность фундамента Западно-Сибирской плиты //Отечественная геология. – 2003. – № 1. – С.10-16.

26. Ушатицкий И.Н., Цепелев Н.С. Об определении времени и длительности формирования нефтяных залежей по глинистым минералам //Докл. АН СССР. – 1969. – Т.186. – № 2. – С.449-452.

27. Хаин В.Е., Соколов Б.А. Рифтогенез и нефтегазоносность: основные проблемы //Рифтогенез и нефтегазоносность. – М.: Наука, 1993. – С.5-16.

28. Чепиков К.Р., Ермолова Е.П., Орлова Н.А. Эпигенные минералы как показатели времени прихода нефти в песчаные промышленные коллекторы //Докл. АН СССР. – 1959. – Т.125. – № 5. – С.1097-1099.

29. Чепиков К.Р., Ермолова Е.П., Орлова Н.А. Некоторые результаты изучения аутигенных минералов с целью определения относительного времени прихода нефти в породы – коллекторы //Генезис нефти и газа. – М.: Недра, 1967. – С.397-403.

30. Чепиков К.Р., Ермолова Е.П., Суркова Г.И. Сопоставление постседиментационных процессов в терригенных и карбонатных коллекторах и время миграции в них нефти //Вопросы миграции нефти и формирования пород-коллекторов. – М.: Наука, 1972. – С.4-6.

31. Чепиков К.Р., Ермолова Е.П. Аутигенные минералы нижнемеловых отложений Прикумского нефтеносного района как показатели времени формирования залежей нефти //Породы-коллекторы и миграция нефти. – М.: Наука, 1980. – С.5-11.

32. Этапы тектонической активизации Западно-Сибирской платформы (по данным К-Аг – датирования) /Ю.Н. Фёдоров, В.Г. Кривочкин, К.С. Иванов и др. // Докл. РАН. – 2004. – Т.397. – № 2. – С.239-242.

33. Шапенко В.В., Щепеткин Ю.В. Палеотемпературы нефтегазоносных толщ юго-востока Западно-Сибирской плиты //Докл. АН СССР. – 1978. – Т.242. – № 2. – С.402-404.

34. Энгельгардт В.В. Поровое пространство осадочных пород. – М.: Наука, 1964. – 219 с.

