

# ТЕКТОНО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗАПАДНО- СИБИРСКОГО БАСЕЙНА\*

М. Ю. Зубков

ООО «ЗапСибГЦ», г. Тюмень, ZubkovMYu@mail.ru

## АННОТАЦИЯ

*Рассмотрены эпигенетические минеральные ассоциации в составе юрских отложений Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна, имеющие гидротермальное происхождение. Реконструирован механизм формирования вторичной пористости и коллекторов в юрских осадках, а также последовательность гидротермального минералообразования. Предложен оригинальный способ поисков вторичных коллекторов тектоно-гидротермального происхождения.*

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

*Гидротермальные флюиды, эпигенетические минералы, вторичная пористость, сейсмозведка, тектонофизика, депрессионные зоны, термо- и бароаномалии.*

# TECTONIC AND HYDROTHERMAL PROCESSES IN JURASSIC DEPOSITS IN THE WEST-SIBERIAN BASIN

M. Yu. Zubkov

ZapSibRGC, LLC, Tyumen, ZubkovMYu@mail.ru

## ABSTRACT

*Epigenetic mineral associations of hydrothermal origin contained in the composition of Jurassic deposits in the West-Siberian petroleum basin observed. Jurassic post-depositional porosity and reservoir formation mechanism is reconstructed as well as the consequence of hydrothermal mineral growth. Innovative approach to the exploration of secondary porosity reservoirs of tectonic-hydrothermal origin is proposed.*

## KEY WORDS

*Hydrothermal fluids, epigenetic minerals, secondary porosity, seismic exploration, tectonophysics, depression zones, temperature and pressure anomalies.*

\*Окончание. Начало в журнале «Горные ведомости». 2016. № 9. С. 30–56.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗОН РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ ТЕКТОНО-ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Поиски высокопродуктивных участков в юрских гранулярных коллекторах, возникших в результате воздействия на них тектоно-гидротермальных процессов, осуществляются с помощью того же способа комплексирования результатов сейсморазведки и тектонофизического моделирования, который используется при прогнозе УВ залежей в баженовской и абалакской свитах [9, 12–14]. Единственным существенным отличием является то обстоятельство, что в упомянутых верхнеюрских отложениях коллекторы, образующиеся в них, являются полностью вторичными, то есть их не существовало до момента воздействия на эти отложения тектоно-гидротермальных процессов. В песчано-алевритовых отложениях васюганской, тюменской, шеркалинской и котухтинской свит, а также в их литостратиграфических аналогах уже имелись исходные гранулярные коллекторы, а тектоно-гидротермальные процессы лишь улучшали их ФЕС на одних участках, где происходило дробление, разуплотнение и выщелачивание неустойчивых минеральных зерен, или ухудшали там, где наблюдалось их уплотнение и отложение из ГР растворенных в них минеральных компонентов.

Наиболее важную и полную информацию о строении кровельной части фундамента и осадочного чехла дают результаты сейсморазведки, опираясь на которые можно выделить основные типы тектонических структур, наблюдаемых в их составе. Анализ сейсмических данных показал, что в подавляющем большинстве случаев на временных разрезах выделяются более или менее симметричные антиклинальные структуры, напоминающие по форме «подземные вулканические постройки» (рис. 16а–в). Такие постройки наиболее характерны для западных территорий Западной Сибири, расположенных к востоку от Урала (Шаимский и Красноленинский районы). Используя специальные методы обработки сейсмических данных, можно на временных разрезах увидеть следы воздействия тектонических напряжений от растущих из фундамента поднятий, вызывающих формирование зон трещинных дислокаций, и воздействия на осадки гидротермальных флюидов, проникающих по этим зонам в осадочный чехол. Эти участки выделяются потерей осей синфазности и нарушением границ самих сейсмических отражений (см. рис. 16а).

Реже встречаются трапециевидные структуры, краевые части которых напоминают флексуры (рис. 16г). В составе кровельной части фундамента блоки с резкими субвертикальными границами встречаются крайне редко. Обычно антиклинальные поднятия имеют «пликативные» гладкие формы, свидетельствующие о том, что внедрявшиеся в фундамент магматические тела и отделившиеся от них ВФ вызывали «плавные» деформации кровельной части фундамента и залегающего на ней осадочного чехла (см. рис. 16). Следует обратить внимание на тот немаловажный факт, что поднятия, выделяемые на сейсмических разрезах, часто деформируют практически всю толщу осадков. Это свидетельствует об их достаточно молодом (вероятно, палеогеновом) возрасте.

Часто на сейсмических разрезах над антиклинальными структурами в перекрывающих поднятиях осадках отмечаются своеобразные зоны просадки, которые соответствуют участкам разуплотнения или растяжения (см. рис. 16а–в), а при достаточно больших размерах и амплитуде поднятий могут проявляться и на поверхности, что можно наблюдать на космо- и аэроснимках [9, 13].

Формирование антиклинальных структур вызывает тектонические напряжения в осадочном чехле, которые можно изучить, комплексировав данные сейсморазведки и результаты тектонофизического моделирования (оптико-поляризационный и тектоно-седиментационный методы) [9, 16–18]. Рассмотрим возможности этих методов на простейших примерах, отсылая любознательных читателей к другим нашим публикациям, где эти методы рассмотрены более подробно и на более сложных моделях [9, 12–14].

Возможности оптико-поляризационного моделирования продемонстрируем на примере 3-слойных оптических моделей в случае роста в них симметричных поднятий антиклинального и трапециевидного (плосковершинного) (рис. 17). Для этого в качестве оптически активного вещества использовался желатин с различной плотностью (10, 12 и 18 %) [9].

В случае роста симметричного антиклинального поднятия максимальная концентрация касательных напряжений возникает непосредственно над его вершиной, что соответствует зоне сжатия осадков в этом месте (рис. 17а). На некотором удалении вверх, на границе нижнего и среднего слоев, и нижней половине среднего слоя образуются еще две зоны с довольно высокими уровнями касательных напряжений, достигающими пятого порядка (см. рис. 17а). Небольшая по мощности зона касательных напряжений среднего уровня (до третьего порядка) наблюдается

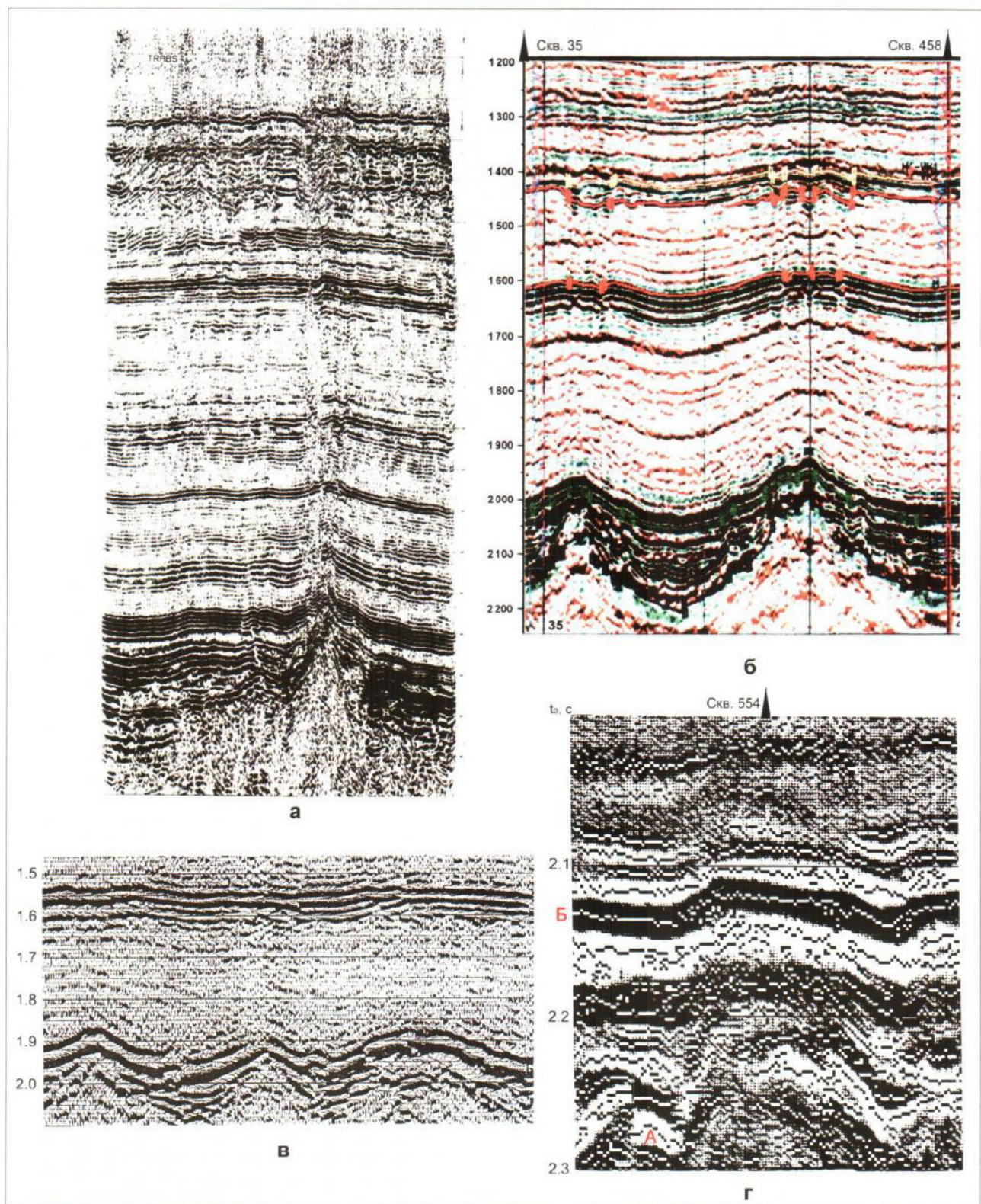


Рис. 16. Примеры сейсмических разрезов с антиклинальными структурами, возникшими в фундаменте и осадочном чехле вследствие поднятия глубинных магматических тел и отделяющихся от них высокоэнтальпийных флюидов: Узбекское месторождение (а), Восточно-Пальяновская площадь (б), Кальчинское (в) и Салымское (г) месторождения

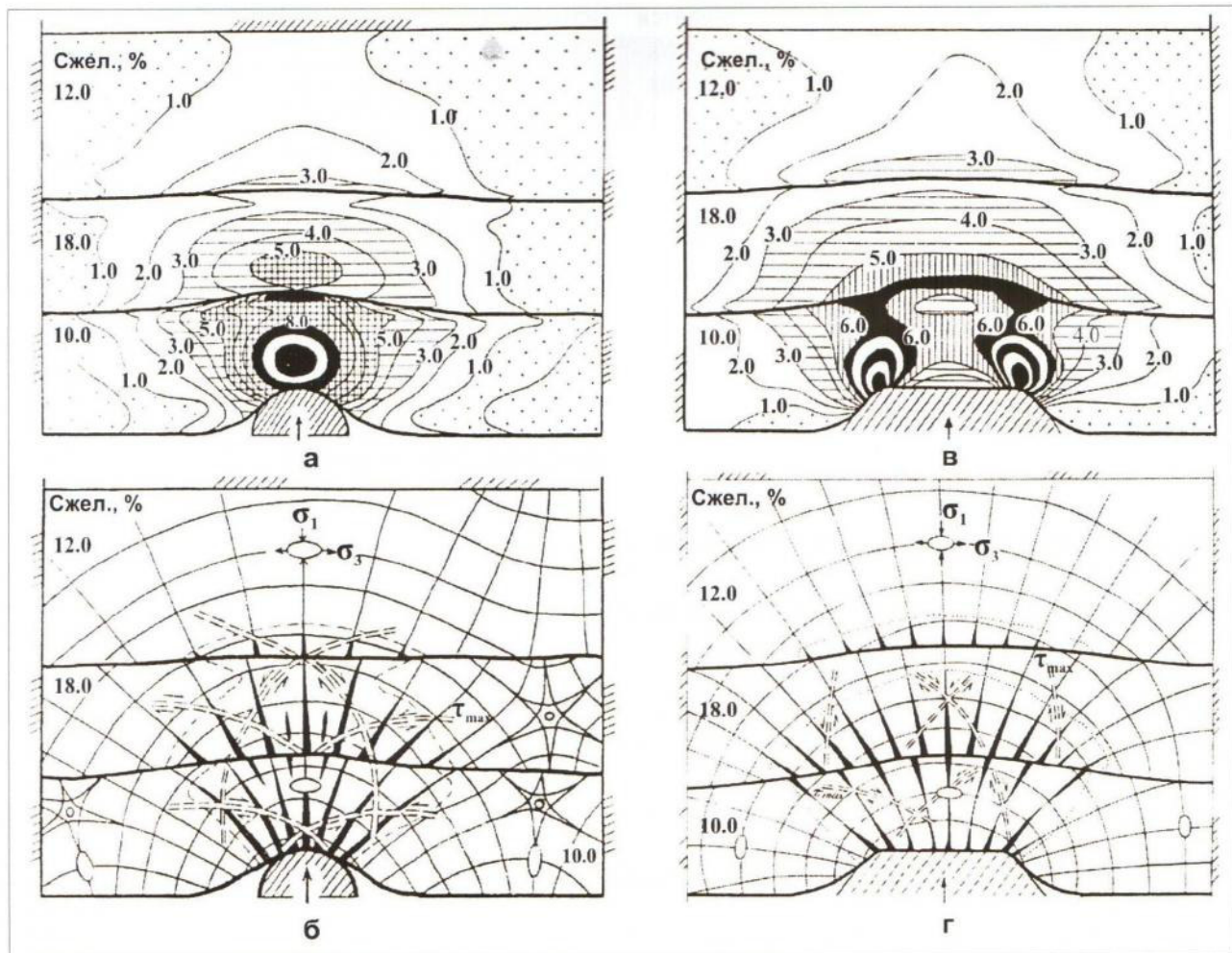


Рис. 17. Трехслойные разноплотностные опико-поляризационные модели симметричного антиклинального (а, б) и трапецевидного плосковершинного (в, г) поднятий; поля напряжений (а, в); траектории нормальных ( $\sigma_1$  и  $\sigma_3$ ) и касательных ( $\tau_{max}$ ) напряжений (б, г); цифрами указан порядок изохром ( $\tau_{max}$ ), по [9]

в подошвенной части самого верхнего слоя желатина (см. рис. 17а). При условии если нижний участок высоких касательных напряжений — это зона сжатия, возникшая вследствие давления на него растущим поднятием, то верхние участки с повышенными значениями касательных напряжений обусловлены также растяжением, вызванным смещением желатина, воздымающимся поднятием не только в вертикальном, но и в горизонтальном направлениях (см. рис. 17а).

Используя полученные данные о характере распределения напряжений в рассматриваемой модели, а также ориентации изоклин, можно спрогнозировать расположение и плотность трещин в ней, а также последовательность и направления их роста (рис. 17б). Так, в обсуждаемой модели первоначально сформируются субвертикально ориентированные трещины отрыва, которые будут по мере роста блока под-

ниматься вверх. Через некоторое время трещины отрыва образуются и в среднем слое, а еще позже — в подошвенной части верхнего слоя модели (в формирующейся зоне растяжения) [9]. Следует обратить внимание на то, что трещины, образовавшиеся в подошвенной части нижнего слоя, будут расти по направлению вверх, а трещины, сформировавшиеся в его кровельной части (в зоне растяжения), будут распространяться и вверх, и вниз, образуя одну сплошную зону дробления в этом слое (см. рис. 17б). Если за критическую величину напряжений, необходимых для образования трещин, принять значение, равное трем, то зона трещиноватости сформируется над рассматриваемым поднятием преимущественно в нижнем и среднем слоях, а в третьем — лишь в самой его подошвенной части (см. рис. 17б). Следует также обратить внимание на то, что зона

дробления по направлению вверх увеличивается в своих (латеральных) размерах, достигая максимума на границе нижнего и среднего слоев, а затем вновь уменьшается (см. рис. 17б).

Распределение напряжений, формирующихся в оптической модели вследствие роста трапециевидного поднятия, заметно отличается от такового, возникшего в только что рассмотренной модели [9]. Действительно, в новой модели максимальные значения касательных напряжений возникли на ее краях, а в центральной части непосредственно над ее вершиной, уровень напряжений не превышает значения три (рис. 17в). Зона «комплексных» напряжений сжатия и растяжения формируется на некотором расстоянии от вершины трапециевидного поднятия — на границе между нижним и средним слоями и имеет значительную протяженность в горизонтальном направлении (см. рис. 17в). В настоящей модели, подобно оптической, рассмотренной ранее, в подошве верхнего слоя также сформировалась зона напряжений среднего уровня (третьего порядка). Однако в настоящей модели, в отличие от рассмотренной ранее, эта зона также имеет гораздо большую протяженность в латеральном направлении (см. рис. 17в). Таким образом, когда растущее поднятие имеет трапециевидную форму, наиболее крупная по размерам зона дробления возникает на некотором расстоянии от его вершины и имеет достаточно большую протяженность в латеральном направлении, а максимальные значения касательных напряжений и, соответственно, наибольшая плотность разрывных нарушений наблюдаются над его бортами (см. рис. 17в, 17г). Именно такая ситуация в месте расположения скважины 554, пробуренной на Салымском месторождении, вскрывшей отложения баженской и абалакской свит, из которых был получен высокодебитный приток нефти и конденсата (см. рис. 16г, 17в, 17г).

Выше при рассмотрении фрагментов различных сейсмопрофилей отмечалось присутствие на них, над антиклинальными структурами, зон просадок или разуплотнения (см. рис. 16а–в). Для того чтобы разобраться в механизме возникновения таких тектонических структур, воспользуемся результатами тектоно-седиментационного моделирования роста антиклинального блока. На некотором удалении от вершины этого блока в седиментационной модели образовалась зона просадки, подобная тем, что наблюдались на рассмотренных выше сейсмических разрезах (сравни рис. 16а–в и 18а). Рассматриваемая зона просадки (разуплотнения) возникла вследствие того, что помимо вертикальной составляющей перемещения осадков, вызванной ростом поднятия, существует также и субгори-

зонтальная составляющая (о чем уже говорилось выше), обусловленная тем, что в процессе его вздымания оно своими крыльями смещает осадки в противоположные стороны в субгоризонтальном направлении (см. рис. 18а). Благодаря такому смещению осадков их мощность над куполом поднятия немного уменьшается (формируется зона растяжения), а над крыльями и на некотором расстоянии от них увеличивается (см. рис. 18а). Вышедшая на поверхность модели зона разуплотнения представляет собой многоступенчатый микрограбен (см. рис. 18а). Сверху эта зона просадки выглядит как грабенообразный провал, рассеченный многочисленными мелкими и крупными трещинами, имеющими различную ориентировку. Самые протяженные из них, расположенные поперек модели, являются бортами грабена (рис. 18б).

В рассмотренной выше оптической модели с симметричным антиклинальным поднятием такая зона растяжения прогнозировалась на основе анализа распределения напряжений, возникших в ней вследствие его роста, начиная с кровельной части нижнего слоя и заканчивая подошвенной частью верхнего (см. рис. 16а).

Рассмотрим более сложный вариант оптической модели, когда происходит последовательный рост двух соседних антиклинальных структур, взаимодействующих друг с другом, то есть поля напряжений которых являются взаимозависимыми [9, 12, 14].

Рост первого поднятия происходит в однородной (изотропной) желатиновой среде, в которой до его вздымания отсутствовали какие-либо напряжения. После завершения его роста в модели сформировалась симметричная картина напряжений, проявившаяся в виде «тюльпановидного» расположения изохром (рис. 19а). Интерпретация распределения подобной картины напряжений после завершения подъема симметричного антиклинального блока отображена в графическом виде (рис. 16а).

Рост соседнего антиклинального блока привел к значительным изменениям в распределении напряжений в рассматриваемой модели. Во-первых, произошло уменьшение размеров зоны повышенных напряжений слева от первого поднятия, то есть со стороны выросшего в этой части модели второго, более молодого поднятия. Во-вторых, над этим новым поднятием сформировалась обширная зона повышенных напряжений. В-третьих, между поднятиями возникли две изотропные точки: одна в верхней, а другая в нижней части модели (рис. 19б). Причем второе поднятие выросло уже не в изотропной среде, а имевшей определенное распределение напряжений, сформированное ранее первым подня-

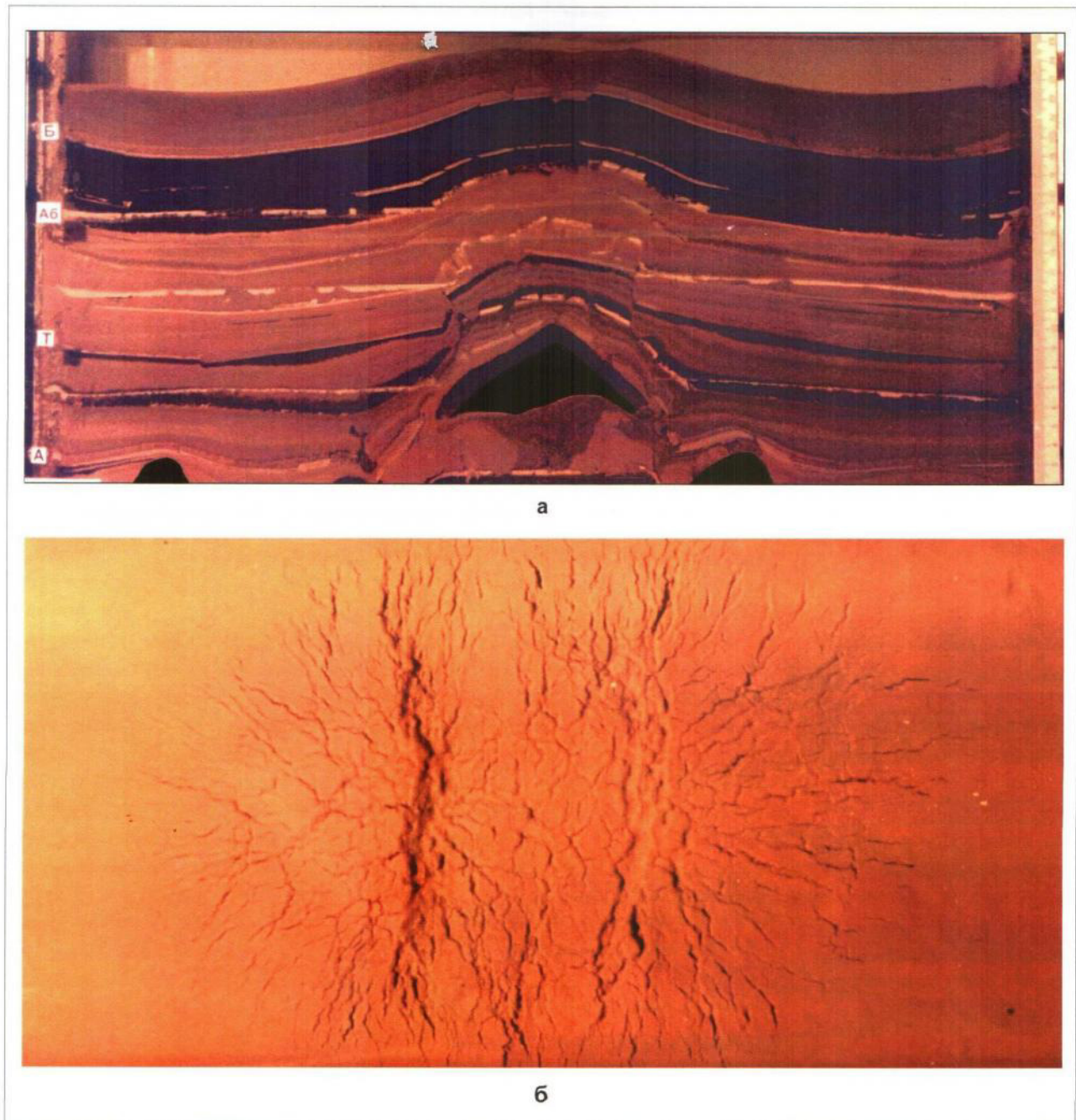


Рис. 18. Тектоно-седиментационная модель формирования антиклинальных структур в юрском комплексе Лебяжьей площади (а) и вид сверху на зону разуплотнения (просадки), образовавшиеся на поверхности модели над центральным высокоамплитудным поднятием (б)

тием. Именно поэтому над ним возникло не симметричное, а деформированное справа от него распределение напряжений и сформировались две изотропные точки, в которых касательные напряжения равны нулю, а нормальные имеют одинаковые значения во всех направлениях (см. рис. 19б). Изотропные точки расположены на участках всестороннего сжатия. Иными словами осадки, расположенные на таких участках, подвер-

жены сжимающим напряжениям, а потому уплотняются и теряют исходную межзерновую емкость. В результате возникают очень плотные кварцито-видные песчаники с конформно-регенерационным типом контактов между зернами и низкой пористостью, не превышающей 4–6% (см. врезку на рис. 19 между снимками а и б). Напомним, что при переходе через изотропную точку ориентация нормальных напряжений изменяется на 90°,

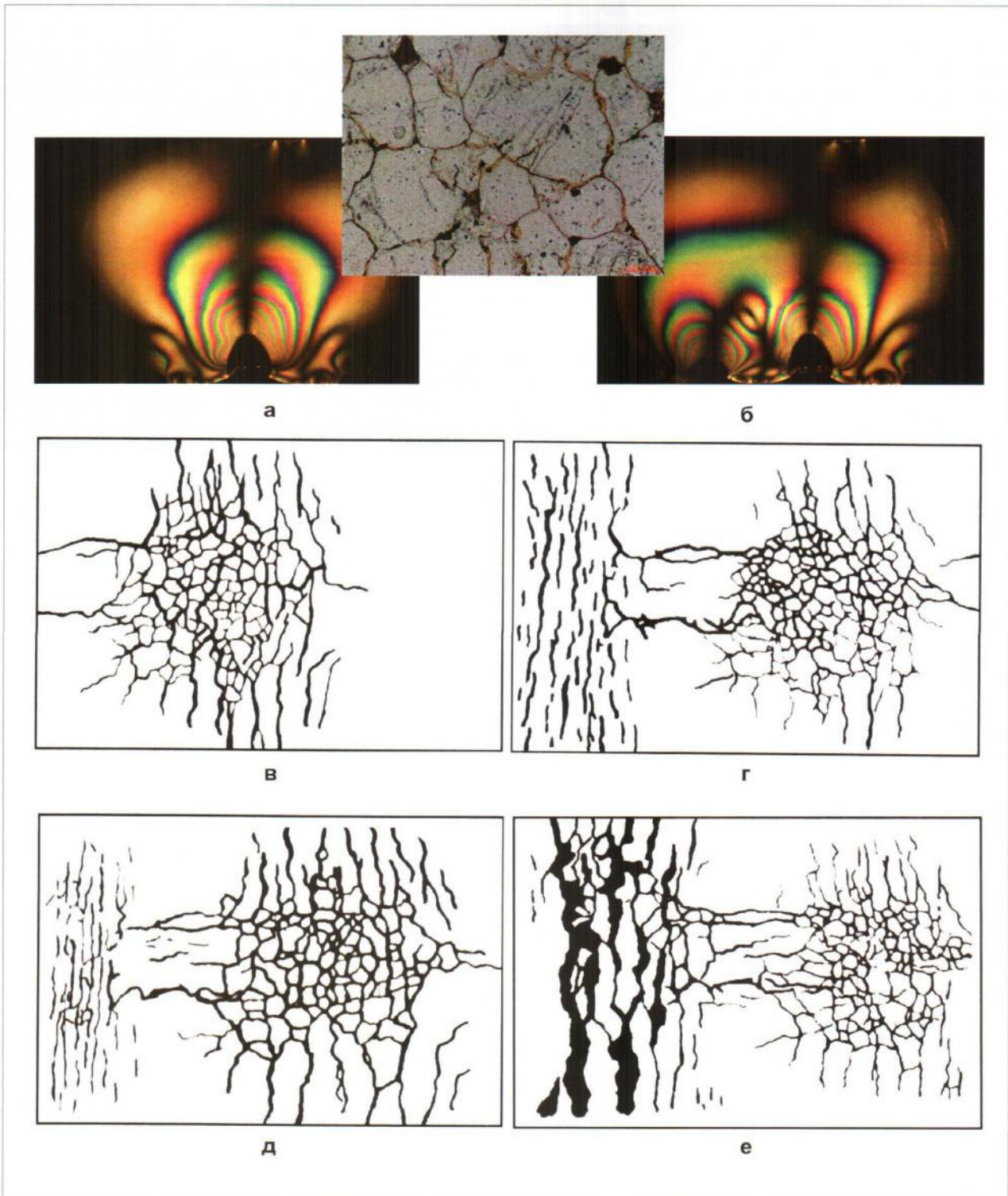


Рис. 19. Фотоизохроматические картины распределения касательных напряжений в многослойной разнотростной модели при последовательном росте двух антиклинальных блоков (а, б) и распределение трещин на поверхности седиментационной модели, сформировавшихся вследствие попеременного роста двух соседних поднятий (в–е), по [9, 14]; на врезке между снимками (а и б) приведена фотография кварцитовидного песчаника ( $J_2$  Восточно-Пальяновская площадь), отобранного из зоны сжатия, соответствующей изотропной точке

поэтому если трещины под изотропной точкой имели субгоризонтальную ориентацию, то при переходе через эту точку они примут субвертикальное направление [9, 12–14].

Рассмотрим теперь, как проявляются выявленные выше закономерности в распределении напряжений при попеременном росте соседних поднятий на примере седиментационной модели. С этой целью исследовались закономерности в появлении и развитии трещин на поверхности седиментационной модели [9, 12]. Первый антиклинальный блок рос в изотропной осадочной среде, поэтому над ним на поверхности модели образовалась довольно симметричная система трещин (рис. 19в). Второе (соседнее) поднятие начало свой рост в уже напряженном вследствие деформации первым поднятием осадке (см. рис. 19б), поэтому возникшие над ним трещины имеют явно ориентированное субпараллельное простирание, совпадающее по направлению с осями первого и второго блоков (рис. 19г). Следует обратить внимание на то, что между сформировавшимися зонами трещиноватости возникла редкая сеть разрывных нарушений, ориентированных параллельно длинной оси модели, соединивших между собой эти трещинные зоны (см. рис. 19г). Рост второго (более молодого) поднятия привел к заметному уменьшению величины раскрытости трещин, сформировавшихся ранее над первым поднятием, и небольшому уменьшению площади, занятой этими трещинами (см. рис. 19г). Возобновившийся подъем первого поднятия вновь вызвал увеличение раскрытости трещин и площади самой зоны трещиноватости над этим поднятием. Напротив, трещины, сформировавшиеся над соседним вторым поднятием, сжались, и площадь, в пределах которой они расположены, также заметно уменьшилась (см. рис. 19д). Последовавший затем рост второго поднятия вновь привел к увеличению раскрытости трещин, расположенных над ним, и сжатию разрывных дислокаций, находящихся над соседним (первым) антиклинальным блоком (см. рис. 19е).

Следует отметить, что в результате каждого последующего роста соседних поднятий число трещин, соединяющих между собой описываемые зоны дробления (расположенные между этими поднятиями), постепенно увеличивалось. Скорее всего, по этим трещинам, соединяющим описываемые зоны дробления (трещиноватости или уплотнения), происходит перекачка флюидов, заполняющих поры пород из одной зоны (под ней уже закончился рост поднятия) в соседнюю, под которой осуществляется подъем расположенного рядом антиклинального блока. По этой при-

чине при выборе мест расположения проектных скважин необходимо проводить палеотектоническую реконструкцию последовательности роста поднятий, так как наиболее перспективными (при прочих равных условиях) будут самые молодые поднятия [9, 12].

В заключение подчеркнем, что зоны дробления, образующиеся в результате роста поднятий, являются главными проводящими путями для ВФ и ГФ, проникающих в осадочный чехол из фундамента, а использование результатов тектонофизического моделирования на основе сейсморазведочных работ для каждого конкретного месторождения позволяет наметить наиболее перспективные для разведки и последующей разработки участки [9, 12–15].

## ВЫВОДЫ

Поднимающиеся из астеносферы магматические тела формируют зоны напряжений в фундаменте, которые передаются в осадочный чехол, где, в свою очередь, образуются антиклинальные поднятия. Эти процессы сопровождаются дроблением пород как доюрского комплекса, так и мезозойских осадков, вследствие чего давление в магматическом очаге падает, и из него выделяются ВФ, которые по возникшим зонам дробления устремляются в осадочный чехол. Благодаря высокой температуре, давлению, низкой минерализации и кислому составу этих флюидов они активно взаимодействуют с вмещающими их породами, выщелачивая неустойчивые в этих условиях минералы и обломки, формируя вторичную емкость тектоно-гидротермального происхождения. Они в результате взаимодействия с поровыми водами образуют ГФ, которые продолжают начатую ими работу по растворению неустойчивых минеральных фаз и образованию вторичной пористости. Из-за чрезвычайно кислого состава ВФ и ГФ происходит избирательное (инконгруэнтное) выщелачивание основных породообразующих элементов, в результате чего происходит метасоматическое окремнение исходных осадков вплоть до образования практически мономинеральных кварцевых песчаников.

В результате взаимодействия этих кислых флюидов с вмещающими их породами происходит их ощелачивание, рН увеличивается, а температура и давление постепенно уменьшаются, образуется пересыщение образовавшихся растворов растворенными в них компонентами, и из них начинают выделяться эпигенетические (гидротермальные) минералы, представленные сначала поровыми диккитом и каолинитом, затем щелочными полевыми шпатами (преимущественно альбитом) и гидрослюдой. При достаточно высокой



активности сульфид-иона возможно образование кристаллического пирита.

По мере дальнейшего охлаждения ГФ и/или ГР из них выделяются карбонатные минералы, сульфаты, фосфаты и наиболее низкотемпературные сульфиды, имеющие разнообразный элементный состав.

Проникающие в юрские осадки ВФ и ГФ активно воздействуют на ОВ, присутствующее в их составе, вызывая ускоренную генерацию им нафтидов вследствие природного пиролиза керогена, а также реакций гидрогенизации за счет водорода, входящего в состав этих флюидов.

Из-за высоких температур ВФ и ГФ наряду с тектоническим дроблением осадков происходит их флюидоразрыв генерируемыми нафтидами и вследствие термического расширения поровой воды, поэтому на некоторое время все породы, включая традиционные флюидоупоры (глинистые отложения), становятся проницаемыми. Образующиеся нафтидо-водные флюиды находятся в надкритическом состоянии и представляют собой одну гомогенную фазу, поэтому тип смачиваемости пород не имеет значения, кроме того, снимается проблема фазовой проницаемости при фильтрации этого однородного флюида через осадочные породы.

Вследствие охлаждения описываемого флюида, во-первых, он распадается на две фазы — нафтидную и водную, возможно проходя фазу образования эмульсии, а во-вторых, в первоначально наиболее прогретых участках из-за их последующего охлаждения образуются наиболее депрессионные зоны, в которые начинает засасываться нафтидо-водный флюид или уже разделившиеся на две фазы нефть и подстилающая ее вода. В результате формируется углеводородная залежь. При этом если описываемые процессы происходили сравнительно недавно,

то депрессионные зоны в большей или меньшей степени сохраняются и до настоящего времени.

На смену первичным высокотемпературным ВФ, имеющим низкую минерализацию, высокую кислотность и хлоридно-натриевый состав, приходят более поздние среднетемпературные ГР, которые выделяются на заключительном этапе магматической активности внедрившихся магматических тел, характеризуются высокой концентрацией в них углекислоты, и вполне вероятно, что продолжают поступать в юрские осадки и в настоящее время. Если первые высокотемпературные ВФ при смешении с поровыми водами образуют хлоридно-натриевый тип пластовых вод, то вторые более низкотемпературные ГР при взаимодействии с поровыми водами дают начало гидрокарбонатно-натриевым пластовым водам. В зоне смешения обоих типов вод вполне вероятно выделение эпигенетического порового кальцита и, как результат, формирование хлор-магниевого типа вод за счет относительного роста концентрации иона магния в зоне смешения этих вод [5].

Движение нафтидов и подстилающих их пластовых вод в депрессионную зону сопровождается наклоном ВНК в этом направлении, которое может составлять несколько десятков метров. При этом если депрессионная зона распространяется (продолжается) и в породы доюрского комплекса, то и в них возможно существование УВ залежей, поэтому в пределах таких участков следует проводить опробование пород кровельной части доюрского комплекса. Поиски вторичных коллекторов тектоно-гидротермального происхождения следует проводить используя метод комплексирования данных сейсморазведки и результаты выполненного на их основе тектоно-физического моделирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бгатов В.И. История кислорода земной атмосферы. М.: Недра, 1985. 87 с.
2. Бескровный Н.С., Ермакова В.Н., Талиев С.Д. Битумоиды нефтесодержащих гравелитов и глин в узонской гидротермальной системе // Гидротермальные минералообразующие растворы областей активного вулканизма. Новосибирск: Наука, 1974. С. 135–143.
3. Борисов М.В. Геохимические и термодинамические модели жильного гидротермального рудообразования. М.: Научный мир, 2000. 360 с.
4. Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л. Растворы, минералы, равновесия. М.: Мир, 1968. 318 с.
5. Зубков М.Ю., Бакуев О.В., Дворак С.В., Пастух П.И. Вертикальная и латеральная миграция поровых флюидов в юрском комплексе Красноленинского свода // Физико-литологические особенности и коллекторские свойства продуктивных горизонтов Западной Сибири. Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1988. С. 5–14.
6. Зубков М.Ю., Федорова Т.А. Преобразование микроструктуры органического вещества по мере его катагенетической эволюции // Литология и полезные ископаемые. 1989. № 5. С. 71–79.
7. Зубков М.Ю., Дворак С.В., Романов Е.А., Чухланцева В.Я. Гидротермальные процессы в шеркалинской пачке Талинского месторождения (Западная Сибирь) // Литология и полезные ископаемые. 1991. № 3. С. 122–132.

8. Зубков М.Ю., Васильев О.Е. Перспективы нефтегазоносности доюрского комплекса Шаимского района // Геология и нефтегазоносность триас-среднеюрских отложений Западной Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1991. С. 124–137.
9. Зубков М.Ю., Бондаренко П.М. Прогноз зон вторичной трещиноватости на основе данных сейсморазведки и тектонофизического моделирования // Геология нефти и газа. 1999. № 11–12. С. 31–40.
10. Зубков М.Ю., Шведенков Г.Ю. Экспериментальное моделирование процесса формирования вторичных коллекторов под действием гидротермальных флюидов различного состава // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО: Материалы V науч.-практ. конф. Ханты-Мансийск, 2002. Т. 1. С. 323–332.
11. Зубков М.Ю. Гидрофобизация водонефтенасыщенных кварцевых, карбонатных и бентонитовых порошков в термоградиентном поле // Горные ведомости. 2006. № 11. С. 14–26.
12. Зубков М.Ю., Пормейстер Я.А. Прогноз зон вторичной (тектоногенной) трещиноватости в юрских отложениях на основе данных сейсморазведки и тектонофизического моделирования // Горные ведомости. 2005. № 5. С. 44–57.
13. Зубков М.Ю. Коллекторы в бажено-абалакском комплексе Западной Сибири и способы их прогноза // Геология нефти и газа. 2014. № 5. С. 58–72.
14. Зубков М.Ю., Пормейстер Я.А., Николюк В.И. Прогноз углеводородных залежей на основе тектонофизического моделирования на примере Славинского месторождения // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО: Материалы VII науч.-практ. конф. Ханты-Мансийск, 2004. Т. 1. С. 114–131.
15. Карпов Г.А. Современные гидротермы и ртутно-сурмяно-мышьяковое оруденение. М.: Наука, 1988. 183 с.
16. Киреева Т.А. К методике оценки эндогенной составляющей глубоких подземных вод // Вестник МГУ. Сер. 4. Геол. 2009. № 1. С. 54–57.
17. Киреева Т.А. Генезис подземных вод месторождения Белый Тигр (шельф Южного Вьетнама) в связи с нефтегазоносностью // Вестник МГУ. Сер. 4. Геол. 2010. № 4. С. 35–40.
18. Конторович А.Э., Меленевский В.Н., Фомичев А.С., Шведенков Г.Ю. Пиролиз как метод изучения нефтегенерационного потенциала материнских пород // Геология нефти и газа. 1986. № 12. С. 36–41.
19. Мархинин Е.К. Вулканы и жизнь. М.: Мысль, 1980. 198 с.
20. Молчанов В.И. Генерация водорода в литогенезе. Новосибирск: Наука, 1981. 142 с.
21. Набоко С.И. Формирование современных гидротерм и метаморфизм растворов и пород // Вопросы вулканизма. М.: АН СССР, 1962. С. 52–62.
22. Овчинников Л.Н. О роли  $SO_2$  в гидротермальном рудообразовании // ДАН СССР. 1976. Т. 227. № 3. С. 680–683.
23. Овчинников Л.Н., Челищев Н.Ф., Сретенская Н.Г. и др. О возможных факторах разделения химических элементов в гидротермальных условиях // Гидротермальные минералообразующие растворы областей активного вулканизма. Новосибирск: Наука, 1974. С. 71–76.
24. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1982. 670 с.
25. Соколов В.А. Геохимия природных газов М.: Недра, 1971. С. 336.
26. Справочник физических констант горных пород / Под ред. С. Кларка (мл.). М.: Мир, 1969. 544 с.