Secondary Reservoir-Rocks Tectonic-Hydrothermal Origin in the Cretaceous Deposits of the West Siberian Basin

M.Y. Zubkov* (West Siberian Geological Center, LLC)

SUMMARY

The formation of secondary porosity and activation oil-generation processes as a result of tectonic-hydrothermal influence on the rocks of Cretaceous age is founded. A method of predicting this type of reservoir rocks is based on seismic data and tectonophysical modeling.

Вторичные коллекторы тектоно-гидротермального происхождения в меловых отложениях западносибирского бассейна

Зубков М.Ю.* (ООО «ЗапСибГЦ»)

Введение

Явные признаки влияния тектоно-гидротермальных процессов на формирование коллекторов и углеводородных залежей в доюрском комплексе и юрских отложениях Западной Сибири установлены [4-6]. Однако проявления этих процессов не заканчиваются юрскими отложениями. Их признаки отмечаются и выше – в меловых отложениях. Поскольку эти процессы имеют глубинную тектоно-магматическую природу, то есть смысл рассмотреть два аспекта или проявления рассматриваемых процессов, а именно, во-первых, убедиться, что гидротермальные процессы действительно активно влияют на минеральный состав обломочной и цементирующей частей осадков и их фильтрационно-ёмкостные свойства (ФЕС), а во-вторых, научиться на основе комплексирования данных сейсморазведки и тектонофизического моделирования прогнозировать зоны распространения вторичной тектоногенной трещиноватости и разуплотнения, в пределах которых меловые отложения обладают повышенными ФЕС.

Результаты исследований

При определении степени влияния тектоно-гидротермальных процессов на минеральный состав и ФЕС пород-коллекторов мелового возраста широко использовались результаты оптической и электронной микроскопии, а для моделирования тектонических напряжений и формирования зон трещинных дислокаций применялись оптико-поляризационный и тектоно-седиментационный методы тектонофизического моделирования.

Судя по имеющимся литературным данным гидротермальные флюиды (ГФ), отделяющиеся от магматических тел имеют кислый состав из-за присутствия в них HF, HCl, SO₂ и др., низкую минерализацию (1-3 г/л) и высокую первоначальную температуру (до 600-800 °C) [1].

Наименее устойчивыми по отношению к ГФ являются обломочные зёрна плагиоклазов, особенно богатые анортитовым миналом (рис. 1), а также темноцветные (фемические) минералы, среди которых чаще всего ими растворяются хлориты и биотит. Из плагиоклазовых обломков, которые часто представляют собой результат распада твёрдых растворов, выщелачиваются пертиты анортитового состава, а из таковых, являющихся продуктом распада твёрдых растворов щелочных полевых шпатов, ГФ выщелачивают пертиты альбитового состава. В результате этого возникают своеобразные пластинчатые или решетчатые структуры (см. рис. 1).

Рисунок 1. Фотографии петрографических шлифов, прокрашенные голубой смолой (а, б) и снимки РЭМ (в, г) образцов меловых песчаников с интенсивно выщелоченными обломочными зёрнами полевых шпатов.

Протекающие реакции между полевыми шпатами и ГФ можно представить в виде следующих упрощенных уравнений:

Кроме плагиоклазов неустойчивыми в гидротермальных условиях являются тёмные слюды и хлориты. Магнезиально-железистые хлориты полностью замещаются каолинитом в соответствии с упрощённым уравнением:

Тёмные слюды (на примере биотита), также превращаются в каолинит, а в поровый раствор переходят катионы K^+ , Mg^{2+} , Fe^{2+} и кремнекислота:

Накапливающиеся в поровом растворе вследствие растворения неустойчивых минералов катионы, взаимодействуют с присутствующими в нём же карбонат-анионами с образованием карбонатов. Поскольку в растворе преобладают катионы железа, то образуются преимущественно сидериты с присутствующими в них в виде твёрдых растворов примесями магния и кальция, что можно схематически обозначить, например, следующим уравнением:

Из перешедших в состав ГФ вследствие растворения им неустойчивых минералов катионов и анионов образуются новые эпигенетические минералы, представленные на диаграммах минеральных равновесий и снимках РЭМ (рис. 2). В отличие от юрских отложений, в которые проникают ГФ в первую очередь, имея высокую температуру и низкую минерализацию, в меловые осадки гидротермы входят уже заметно охлаждёнными и насыщенными рядом катионов и анионов. По этой причине в меловых отложениях уже не встречается диккит и диаспор.

В поровом пространстве меловых гранулярных коллекторов часто встречается эпигенетический хлорит, который полностью отсутствует в юрских осадках. Поэтому, чтобы понять, в каких условиях образуется хлорит, а в каких каолинит, приведены две фазовые диаграммы минералов (см. рис. 2 а, г). Из этих диаграмм следует, что хлорит устойчив в восстановительной нейтральной и щелочной среде, а каолинит, напротив, в кислой. Поэтому, кислые ГФ, проникая в поровое пространство, растворяют плёночный эпигенетический хлорит и отлагают каолинит в соответствии с уравнением (3).

Рисунок 2. Диаграмма минеральных равновесий (а, г), по [2] и снимки РЭМ эпигенетических минералов гидротермального происхождения (б, в, д).

ГФ, обладая высокой температурой, активно воздействуют на органическое вещество (ОВ), активизируя процессы нафтидообразования, кроме того, ОВ является своеобразным достаточно точным геологическим «термометром», позволяющим оценивать уровень катагенеза осадков, содержащих его. Примером, подтверждающим проникновение ГФ в верхние осадки мелового возраста, могут служить результаты пиролитических исследований образцов из викуловской свиты и юрских отложений Красноленинского месторождения (рис. 3). На диаграмме хорошо видно, что несмотря на небольшую глубину залегания отложений викуловской свиты (около 1450 м) и современную пластовую температуру около 60 °С, все исследованные образцы имеют достаточно высокие значения T_{max} и лежат в области активной генерации нафтидов, хотя юрские осадки, конечно, преобразованы сильнее, так как они первыми подвергались термическому воздействию ГФ и залегают на 1 км глубже (см. рис. 3).

Рисунок 3. Модифицированная диаграмма Ван-Кревелена с результатами пиролитических исследований образцов викуловской свиты (красные точки) и юрских отложений (черные точки).

С целью выделения участков, в пределах которых протекали тектоно-гидротермальные процессы, формировавшие вторичные коллекторы с высокими фильтрационно-емкостными свойствами, предлагается использовать комплексирование результатов сейсморазведочных работ и тектонофизического моделирования [4-6].

На сейсмсовременных разрезах над куполом симметричных антиклинальных поднятий на некотором расстоянии наблюдаются участки с «провалами» отражающих горизонтов (рис. 4 а). Используя метод тектоно-седиментационного моделирования, удалось объяснить механизм формирования этих «провалов». На седиментационных моделях видно, что вследствие роста поднятия, над его вершиной возникает тот самый провал, что наблюдается и на сейсмопрофилях (рис. 4 б). Он образуется вследствие того, что растущее поднятие перемещает осадки не только вверх, но и в стороны своими крыльями (в субгоризонтальном направлении). Вследствие этого субгоризонтальное смещение осадков вызывает возникновение растягивающего напряжения и формирование зоны разуплотнения (провала) над вершиной поднятия [4-6]. Если амплитуда поднятия достаточно велика, то зона разуплотнения может достигнуть поверхности и на ней сформируется группа малоамплитудных грабенов, оперенных системой многочисленных тонких трещин (рис. 4 в).

а

б

в

Рисунок 4. Зоны разуплотнения (просадки) в меловых отложениях на сейсмременном разрезе Пальяновской площади (а), ее формирования в седиментационной модели (б) и ее проявление на поверхности модели (в).

Причиной тектоно-гидротермальной активности являются глубинные процессы, происходящие в недрах Земли [4-6]. Отделяющиеся от астеносферы магматические тела поднимаются вверх, формируя над собой в земной коре положительные структуры различного порядка. Рост этих структур сопровождается возникновением напряженных зон сначала в земной коре, а затем и в осадочном чехле. Если величина напряжений превышает предел прочности пород коры и осадочного чехла, то в них образуются зоны дробления по которым вверх устремляются высокоэнtimerпийные флюиды, отделяющиеся от магматических тел вследствие падения окружающего их давления. Поднимаясь вверх эти флюиды взаимодействуют (смешиваются) с поровыми водами, присутствующими в породах фундамента и осадочного чехла, вследствие чего образуются гидротермальные флюиды, которые и вызывают описанные выше минеральные преобразования, а также активизируют процессы нафтидообразования. Данные сейсморазведки позволяют выявлять тектонические структуры, формируемые поднимающимися из астеносферы магматическими телами, а методы тектонофизического моделирования дают возможность прогнозировать зоны разуплотнения и тектонического дробления пород, слагающих осадочный чехол и, там самым, выделять зоны распространения пород-коллекторов с повышенными ФЕС [4-6].

Выводы

1. Тектоно-гидротермальные процессы принимали активное участие в формировании дополнительной пористости, как за счёт тектонической трещиноватости и образования зон разуплотнения, так и в результате выщелачивания неустойчивых минералов.
2. Гидротермальные флюиды за счёт высокой температуры и значительной растворяющей способности, во-первых, способствовали генерации нафтидов из рассеянного в осадках ОВ, а, во-вторых, являлись транспортирующими агентами, переносившими образовавшиеся углеводороды в породы-коллекторы, в которых затем формировались нефтяные и газовые залежи.
3. Поиски УВ залежей и прогноз их местоположения следует осуществлять на основе комплексирования данных сейсморазведки и тектонофизического моделирования.

Список литературы

1. Набоко С.И. Формирование современных гидротерм и метаморфизм растворов и пород. Вопросы вулканизма. Изд. АН СССР. М. 1962. с. 52-62.
2. Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л. Растворы, минералы, равновесия. «Мир». М. 1968. 318 стр.
3. Зубков М.Ю., Дворак С.В., Романов Е.А., Чухланцева В.Я. Гидротермальные процессы в шеркалинской пачке Талинского месторождения (Западная Сибирь). АН СССР. Литология и полезные ископаемые, 1991, № 3, с. 122-132.
4. Зубков М.Ю. Коллекторы в бажено-абалакском комплексе Западной Сибири и способы их прогноза. Геология нефти и газа, № 5. 2014. с. 58-72.
5. Зубков М.Ю. Вторичные коллекторы тектоно-гидротермального происхождения в кровельной части доюрского комплекса Западно-Сибирской плиты и способы их прогноза. Геология нефти и газа. № 6. 2015. С. 78-95.
6. Зубков М.Ю. Тектоногидротермальные процессы в юрских отложениях Западной Сибири. Геология нефти и газа. № 1. 2017. С. 60-76.

References

1. Naboko, S. I., Formation of modern hydrothermal and metamorphic fluids and rocks. Questions volcanism. Ed. USSR ACADEMY OF SCIENCES. M. 1962. pp. 52-62.
2. Solutions, Minerals and Equilibria; Robert M.Garrels, Charles L.Christ HARPER & ROW, NEW YORK 1965.
3. Zubkov M. Yu., Dvorak S. V., Romanov E. A., V. Y. Chuhlantseva. Hydrothermal processes in the sherkalinskaya suite in the Talin field (Western Siberia). USSR ACADEMY OF SCIENCES. Lithology and mineral resources, 1991, no. 3, pp. 122-132.
4. Zubkov M. Yu. Reservoirs in the Bazhenov-Abalak complex of Western Siberia and the methods of their forecast. Geology of oil and gas, № 5. 2014. pp. 58-72.
5. Zubkov M. Yu. Secondary reservoirs tectonic-hydrothermal origin in the roof part of the pre-Jurassic complex of West Siberian plate and their forecast. Geology of oil and gas. No. 6. 2015. pp. 78-95.
6. Zubkov M. Yu. Tectonohydrothermal processes in the Jurassic deposits of Western Siberia. Geology of oil and gas. No. 1. 2017. pp. 60-76.