



Минералогия кремнистого вещества в породах баженовского горизонта

Гусев И.М.

Закрытое акционерное общество «Моделирование и мониторинг геологических объектов им. В.А. Двуреченского» (ЗАО «МиМГО»), г. Москва, Россия; e-mail: gusev@mimgo.ru

Введение. Баженовский горизонт (J_3-K_1) развит на большей части территории Западной Сибири (ЗС).

Горизонт в центральных частях ЗС является продуктом накопления биогенных кремнистых осадков (Гурари и др., 1963; Конторович и др., 1971; Захаров, Сакс, 1983; Эдер, 2002; Немова, Панченко, 2017; и др.). Доля терригенного кварца не превышает 10%. Основным источником кремнезема для баженовских пород служили скелеты радиолярий, первоначально сложенные аморфным биогенным опалом (опал-А) (Афанасьева и др. 2005).

На постседиментационной стадии биогенный аморфный опал-А трансформируется в более структурно-совершенные минеральные формы в последовательном ряду: опал-А → опал-СТ (опал кристобалит-тридимитовый) → халцедон (волокнустая, скрытокристаллическая форма кварца) → кварц. Считается, что процесс трансформации опала-А в кварц контролируется температурой и временем (Афанасьева и др. 2005).

Большинство исследователей считает, что кремнистое вещество баженовской свиты представлено халцедоном (Эдер, 2002; Немова, Панченко, 2017; Афанасьева и др. 2005).

В настоящей работе, мы хотим взглянуть на историю формирования баженовского горизонта в центральных частях ЗС с позиции условий накопления и последующих минеральных трансформаций основного компонента свиты – кремнистого вещества.

Материалы. Работа выполнена по материалам многолетнего изучения керна баженовского горизонта в более чем 100 скважинах, пробуренных в центральной части Западной Сибири.

Результаты работы. Петрографические исследования показали, что породы баженовского горизонта сложены тремя минералогическими типами кремнезема.

Тип 1. Кремнезем, представленный слабо раскристаллизованным опалом кристобалит-тридимитового ряда (опал-СТ).

Опал-СТ характеризуется темными цветами интерференции, низкими показателями преломления, низкой величиной двупреломления. Данным типом кремнезема сложены овальные ядра раковин радиолярий (0,1–0,2 мм) (рис. 1а, б). Биогенные структуры скелетов радиолярий, как правило, не сохраняются. В редких случаях вокруг опалового-СТ ядра наблюдаются внешние зоны, сложенные халцедоном с реликтами скелета радиолярий. В сильно глинистых разностях баженовских пород овальные ядра радиолярий не сохраняются. Кремнистое вещество, сложенное опалом-СТ, представлено микролинзочками в основной глинистой массе (см. рис. 1в).

Опал-СТ наиболее часто приурочен к глинистым разностям (содержание глины около 25%), бескарбонатным в нижней части разреза, карбонатным в верхней части разреза баженовской свиты, и маркирует породы, накопившиеся в условиях с относительно слабой гидродинамикой среды.

Тип 2. Кремнезем, представленный халцедоном.

Халцедонизированные скелеты радиолярий слагают самостоятельные слои радиоляритов мощностью от первых мм до первых метров (см. рис. 1г). В слоях халцедоновых радиоляритов скелеты имеют наилучшую сохранность (см. рис. 1е). В петрографических шлифах видно, что халцедон имеет волокнустую, радиально-лучистую структуру, волнистое угасание. Слои халцедонизированных радиолярий практически лишены тонкозернистой фракции (доля глины не превышает 5%) и представляют собой продукты перемыыва пород баженовского горизонта донными течениями (Панченко, Немова, 2017; Хотылев и др., 2019).

Тип 3. Кремнезем, представленный кварцем (см. рис. 1д).

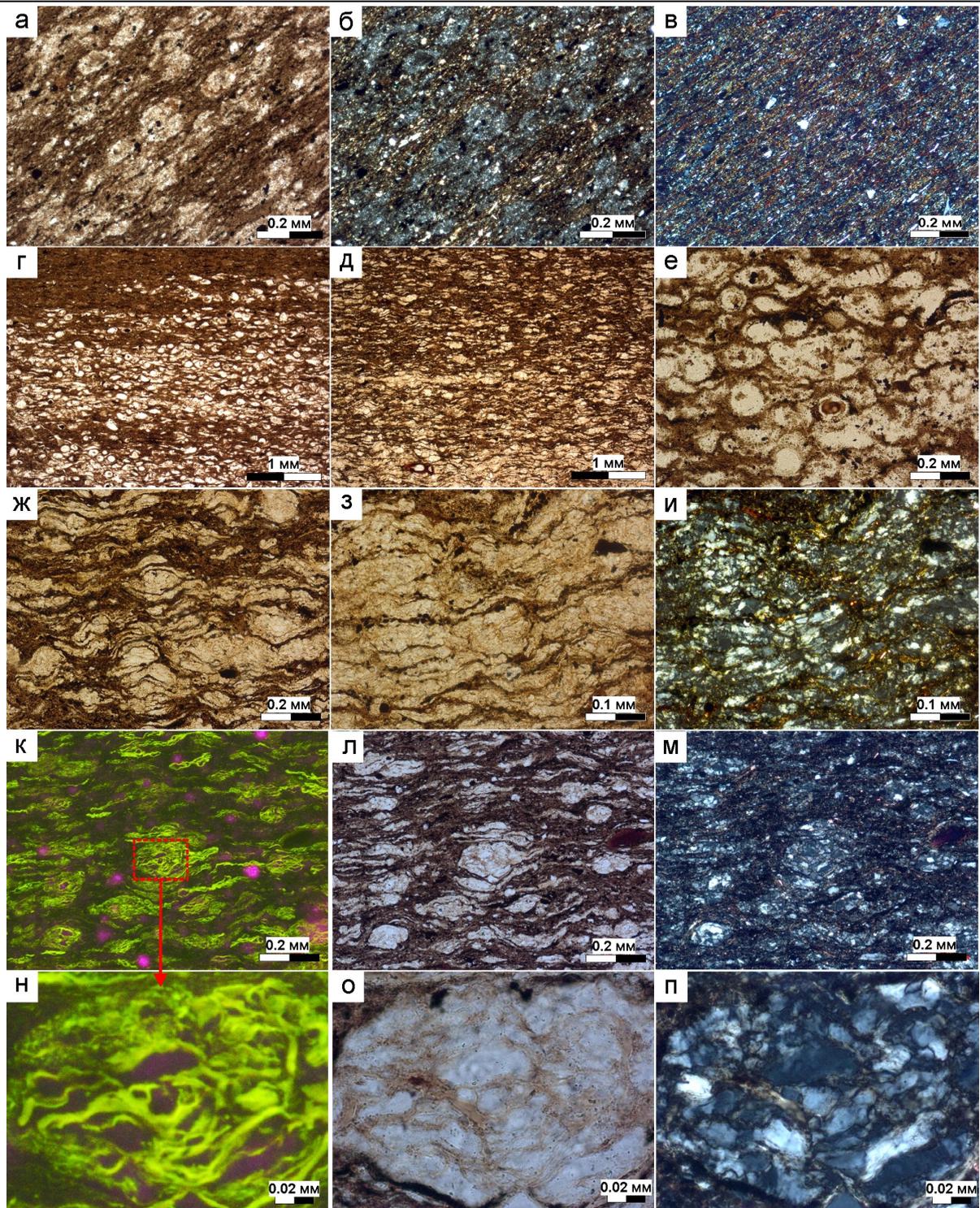


Рис. 1. Микрофотографии пород баженовского горизонта: а – силицит глинистый с ядрами скелетов радиолярий, сложенных опалом-СТ, николи-; б – силицит глинистый с ядрами скелетов радиолярий, сложенных опалом-СТ, николи+; в – силицит сильно глинистый, николи+; г – радиолярит, сложенный халцедоном, николи-; д – радиолярит, сложенный кварцем, николи-; е – радиолярит, сложенный халцедоном, с отчетливой биогенной структурой, николи-; ж – радиолярит сложенный кварцем, николи-; з – апорадиоляритовый кварцит, николи-; и – апорадиоляритовый кварцит, николи+; к- микрофотография шлифа апорадиоляритового кварцита в отраженном УФ (пунктирный прямоугольник- участок показанный на рис. 1к); л – микрофотография шлифа апорадиоляритового кварцита в проходящем видимом свете, николи-; м – микрофотография шлифа апорадиоляритового кварцита в проходящем видимом свете, николи-; н – кварцевое стяжение в отраженном УФ свете; о – кварцевое микростяжение в проходящем видимом свете, николи-; п – кварцевое стяжение в проходящем видимом свете, николи+.

Кремнезем, раскристаллизованный до кварца, редок и встречается эпизодически. Кварц мелкокристаллический, угасание прямое, реже волнистое, волокнистая структура отсутствует (см. **рис. 1д, з, и, м, п**). В целом породы имеют облик микрокварцитов. Под микроскопом зерна кварца сгруппированы в овальные микростяжения (0,1–0,2 мм) в основной массе по форме и размеру идентичные сохранившимся скелетам радиолярий (см. **рис. 1ж**). При этом биогенные радиоляриевые структуры в кварцевых стяжениях не наблюдаются. В редких случаях вокруг овальных стяжений можно наблюдать сохранившиеся стенки скелетов радиолярий, сложенных халцедоном. Еще реже встречаются кварцевые стяжения с реликтовой пирамидальной формой, характерной для представителей семейства Parvicingulidae. По текстурно-структурным особенностям прослой, сложенные кварцем, схожи с прослоями радиоляритов, сложенных халцедоном (кремнезем тип 2) (см. **рис. 1г, д, е, ж**) и представляют собой продукты дальнейшей перекристаллизации халцедона, заместившего скелеты радиолярий, в кварц.

Кварцевые стяжения образуют прослой апорадиоляритовых кварцитов мощностью до 15 см. Такие прослой обеднены глинистой составляющей (доля глинистого вещества в прослоях не превышает первых процентов), однако они тяготеют к глинистой высокоуглеродистой средней части баженовского горизонта.

Апорадиоляритовые кварциты обладают ярко выраженной люминесценцией в ультрафиолете (УФ). На микроуровне видно, что УФ люминесценция приурочена к кварцевым стяжениям (см. **рис. 1к, л**), основная масса, представленная глинистым веществом и опалом-СТ, не люминесцирует в ультрафиолете. При большем увеличении оптического микроскопа заметно, что внутри кварцевых стяжений люминесценция не сплошная, в УФ светятся вытянутые, изогнутые области, приуроченные к границам кристаллов кварца, составляющих стяжение (см. **Рис 1н**). В проходящем видимом свете обнаружено, что границы кристаллов кварца подчеркнуты скоплениями органического вещества (см. **рис. 1о**). Именно органическое вещество люминесцирует в УФ, а кварц остается темным.

Обсуждение. В сравнительно маломощной непрерывной стратиграфической последовательности баженовского горизонта в центральных частях ЗС, погруженного на одинаковую глубину и находящегося в примерно одинаковых температурных условиях, сильных вариаций степени трансформации

кремнезема наблюдаться не должно. Однако, при изучении большого массива кернового материала из центральной части Западно-Сибирской платформы, мы столкнулись с сильной вертикальной неоднородностью степени трансформации кремнистого вещества. По нашим наблюдениям установлено, что в разрезе баженовского горизонта кремнезем, представленный на стадии седиментогенеза биогенным опалом-А, в одних случаях трансформировался только до опала-СТ, а в других – до высокозрелых минералогических форм кремнезема – халцедона и кварца.

Неоднородность степени трансформации кремнистого вещества обусловлена различными условиями осадконакопления и неодинаковым литологическим составом вмещающих пород (Краускопф, 1963; Kastner et al., 1977; Williams et al., 1985; Behl, Garrison, 1994).

Условия осадконакопления халцедоновых радиоляритов (тип кремнезема 2) благоприятствовали высокой скорости трансформации аморфного опала-А в опал-СТ. Повышенная скорость трансформации была обусловлена высокими значениями pH вблизи границы раздела морская вода-осадок, отсутствием глинистого вещества и постоянным подтоком к осадку катионов магния, растворенных в воде. $Mg(OH)_2$ играет роль центров кристаллизации леписфер новообразованного опала-СТ (Kastner et al., 1977).

С другой стороны, кремнистые породы, обогащенные глинистым веществом, способны сохранять первичный минеральный состав кремнезема на при значительной глубине погружения. Накопление глинистых разностей происходило в относительно застойных условиях с низкими значениями pH вблизи границы раздела морская вода-осадок. Глинистое вещество активно сорбирует катионы магния, тормозя образование леписфер опала-СТ. Органическое вещество (ОВ) также препятствует трансформации биогенного опала-А в опал-СТ (Kastner et al., 1977; Williams et al., 1985; Behl, Garrison, 1994).

Диаметрально противоположная картина наблюдается на поздних стадиях постседиментационных изменений. Опал-СТ в глинистых литологических разностях трансформируется в кварц значительно раньше, чем в слабоглинистых кремнях. При уплотнении и трансформации глин в поровое пространство выдавливаются щелочные растворы, обогащенные $Mg(OH)_2$, что ускоряет процессы трансформации. В результате трансформации ОВ, pH среды возрастает, что благоприятно сказывается на скорости трансформации опала-СТ в кварц (Краускопф, 1963; Kastner

at al., 1977; Williams et al., 1985; Behl, Garrison, 1994). Не случайно кремнезем раскристаллизованный до кварца встречен в породах, характеризующихся повышенной глинистостью и максимальными содержаниями ОВ.

Выводы. Основной компонент пород баженовской свиты — кремнезем — сложен тремя минералогическими разностями: опал кристобалит-тримитовый, халцедон и кварц. Неоднородность степени трансформации кремнистого вещества обусловлена различными условиями осадконакопления и литологическим составом вмещающих пород. Все три минералогические разности характеризуются различными геомеханическими свойствами, что должно учитываться при разработке нефтяных месторождений в породах баженовского горизонта.

Автор выражает искреннюю благодарность Гусевой Е.Н., Панченко И.В, Смирновой М.Е, Ильиной М.В. за ценные советы, замечания и поддержку.

Литература

- Афанасьева М.С., Амон Э.О., Болтовской Д. Экология и биогеография радиоларий: новый взгляд на проблему. Часть 1. Экология и тафonomia // Литосфера. 2005. № 3. С. 31–56.
- Гурари Ф.Г., Казаринов В.П., Миронов Ю.К., Наливкин В.Д., Нестеров И.И., Осыко Т.И., Ровнин Л.И., Ростовцев Н.Н., Рудкевич М.Я., Симоненко Т.Н., Соколов В.Н., Трофимук А.А., Чочиа Н.Г., Эрвье Ю.Г. Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирской низменности — новой нефтяной базы СССР. Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1963. 201 с.
- Захаров В.А., Сакс В.Н. Баженовское (волжско-берриасское) море Западной Сибири // Палео-биогеография и биостратиграфия юры и мела Сибири. М.: Наука, 1983. С. 5–32.
- Конторович А.Э., Полякова И.Д., Фомичев А.С., Данюшевская А.И., Казаринов В.П., Парпарова Г.М., Трушков П.А., Шпильман К.А. Закономерности накопления органического вещества на территории Сибири в мезозойскую эру // Геохимия мезозойских отложений нефтегазоносных бассейнов Сибири. Новосибирск, 1971. С. 6–39. (Тр. СНИИГГиМС, вып. 118).
- Краускопф К.Б. Геохимия кремнезема в среде осадконакопления // в кн.: Геохимия литогенеза. М., 1963. С. 210–233.
- Немова В.Д., Панченко И.В. Локализация приточных интервалов баженовской свиты и их емкостное пространство на Средне-Назымском месторождении // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2017. Т. 12. № 1. 24 с.
- Хотылев О.В., Балущкина Н.А., Вишневская В.С., Коробова Н.И., Калмыков Г.А., Рослякова А.С. Модель накопления радиоларитовых слоев в баженовской свите Западной Сибири // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2019. № 1. С. 89–94.
- Эдер В.Г. Применение кластерного анализа для выделения типов пород баженовской свиты по содержанию основных породообразующих оксидов // Геохимия. 2002. № 2. С. 233–238.
- Behl R.J., Garrison R.E. The origin of chert in the Monterey Formation of California (USA) // Proceedings of the 29th International Geological Congress: Siliceous, phosphatic and glauconitic sediments of the Tertiary and Mesozoic, 1994. P. 101.
- Kastner M., Keene J., Gieskes J. Diagenesis of siliceous oozes. 1. Chemical controls on rate of opal-A to opal-CT transformation — experimental study // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1977. V. 41. P. 1041–1051, 1053–1059.
- Williams L.A., Parks G.A., Crerar D.A. Silica Diagenesis; I, Solubility Controls // *Journal of Sedimentary Research*. 1985. V. 55. P. 301–311.

Mineralogy of siliceous matter in the rocks of the Bazhenovo horizon

Gusev I.M.

“Modeling and monitoring of geological objects named after V.A. Dvurechensky” CJSC, Moscow, Russia;
e-mail: gusev@mimgo.ru

The mineral composition of the siliceous matter in oil-bearing rocks of the Bazhenovo horizon is analyzed. It has been established that silica, initially composed of biogenic opal-A, was transformed into three mineral phases: opal-ST, chalcedony and quartz. The heterogeneity of the transformation degree of siliceous matter is due to different conditions of sedimentation and to the lithological composition of the host rocks. All three mineralogical varieties are characterized by different geomechanical properties, which should be taken into account during the exploration of the oil fields in the rocks of the Bazhenovo formation.