

# РАВНОВЕСИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ С ВМЕЩАЮЩИМИ ГОРНЫМИ ПОРОДАМИ КАК ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА ГИДРОГЕОЛОГИИ

С.Л. Шварцев

Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Томск,  
e-mail: [tomsk@igng.tsc.ru](mailto:tomsk@igng.tsc.ru)

Нефтегазоносные бассейны в подавляющем большинстве случаев заполнены седиментационными водами разной степени метаморфизации, геохимия которых изучена относительно хорошо. Немалая заслуга в этом принадлежит А.А. Карцеву. Он же первым обосновал связь стадийности литогенеза с гидрогеологическими процессами [4]. Данное направление является исключительно перспективным и ныне активно развивается [6, 9]. Тем самым частично преодолен разрыв между литологией и гидрогеологией, который существовал в течение многих десятилетий и даже столетий.

По нашему глубокому убеждению, генетические связи между подземными водами и горными породами нельзя раскрыть, не изучив историю равновесий в системе вода – порода. Только через выявление характера равновесия можно постигнуть механизмы и природу их взаимодействия и найти причины геологической эволюции этой системы и уже через ее историю понять истинную роль воды в развитии геологических процессов.

С глобальных позиций историю природных вод первым наиболее глубоко рассмотрел В.И. Вернадский в своей известной монографии [3]. Он показал, что между основными компонентами окружающего мира: водой, породой, газами, органическим веществом, минералами, углеводородами – «все время существует равновесие, меняясь в своей величине, *пока существует раствор*» (с. 155, выделено нами. – С. Ш.). В.И. Вернадский рассматривал это равновесие главным образом с динамических позиций, но немалое значение он придавал и физико-химическим равновесиям. Поэтому его подход к равновесиям можно считать универсальным.

Развивая учение В.И. Вернадского о равновесии, мы показали, что особенно уникальным такое равновесие имеется в системе вода – порода. Мы назвали его *равновесно-неравновесным*, поскольку подземная вода всегда неравновесна с одними минералами, которые она растворяет, но одновременно она равновесна с другими, которые она формирует. Так, например, крепкие рассолы Сибирской платформы с минерализацией 300–600 г/л, возраст которых достигает нескольких сот миллионов лет и которые практически неподвижны, тем не менее не достигли равновесия с анортитом,

диопсидом, нефелином, гроссуляром, пренитом, альбитом, флогопитом, форстеритом, кордиеритом, воллостонитом и т.д. Но они равновесны с глинистыми минералами, кальцитом, гипсом, галитом, кварцем, мусковитом, парагонитом, анальцитомом, иногда альбитом, энстатитом, ломонтитом, бишофитом, тетрагидритом и т.д. [2].

Следовательно, система вода – порода является *внутренне противоречивой, способной к самопроизвольному, непрерывному, геологически длительному развитию с образованием принципиально новых минеральных фаз и геохимических типов воды* [1].

Непрерывное взаимодействие – вот что характеризует систему вода – порода, результатом его является постоянное образование новых вторичных минералов и новых геохимических типов воды, которые совместно образуют новые гидрогенно-минеральные комплексы [10].

Приведем пример. Как хорошо известно, в осадочных бассейнах широким распространением пользуется вторичный карбонатный цемент. Каким путем образуются здесь карбонаты? Обычно называют три основных причины: 1) понижение парциального давления  $\text{CO}_2$ ; 2) повышение pH и 3) рост температуры, поскольку все эти параметры контролируют растворимость кальцита и их изменение может привести к частичному его осаждению. Но как это может быть реализовано в реальном осадочном бассейне?

Если взять, например, Западно-Сибирский осадочный бассейн, то седиментационные воды нефтегазоносных отложений характеризуются значениями pH, близкими к 7,0 и меньше [7], т.е. значительно ниже, чем исходные морские, pH которых близок к 8,0. Температура тех же нефтегазоносных отложений, в которых развит карбонатный цемент, ранее была значительно выше, что устанавливается по степени метаморфизма органического вещества [5]. Потеря водой  $\text{CO}_2$  также неправдоподобна, поскольку система гидродинамически закрыта, в ней сохранились седиментационные воды, имеют место аномально-высокие пластовые давления, залежи нефти и газа не разрушаются, а формируются и т.д.

Проблема решается исключительно просто, если к системе вода – порода подходить с равновесно-неравновесных позиций. Вода непрерывно в течение всего времени существования постседиментационного бассейна растворяет терригенную часть горных пород, с которыми она неравновесна [1]. Все седиментационные воды насыщены кальцитом.

Выявленный нами принципиально новый механизм вторичного образования кальцитов обеспечивает непрерывный рост количества аутигенных карбонатов в рассматриваемой системе. По этой же причине объемы осадочных карбонатов в течение всей геологической истории непрерывно росли.

Установление факта внутренней эволюции в системе вода – порода в принципе меняет наши представления о роли горных пород в формировании состава седиментационных вод. Но для этого в рассматриваемой системе необходимо глубже изучать характер равновесия, которое позволяет открыть многие новые явления.

Как известно, изначально Земля образована горными породами, которые по составу близки к базальтоидам, сложенным пироксеном, основным плагиоклазом, оливином, в небольшом количестве роговой обманкой. Так вот, как оказалось, именно с этими минералами подземные воды в осадочных бассейнах не только всегда находятся в неравновесном состоянии, но такое равновесие не может даже никогда наступить.

Выявленные механизмы взаимодействия подземных вод с анортитом и кальцитом высвечивают по крайней мере еще две особенности эволюции системы вода – порода: 1) непрерывность и геологическая вечность их взаимодействия, которое не может прекратиться до тех пор, пока в горных породах будет вода; 2) даже в условиях равновесия с каким-либо минералом (например, кальцитом) взаимодействие с водным раствором продолжается и ведет к увеличению его объема в системе, т.е. в осадочном бассейне.

Внутренне противоречивый равновесно-неравновесный характер системы вода – порода определяет наличие в ней многих фундаментальных свойств. [11]. К примеру, кальцит формируется в области, далекой от равновесия с анортитом, т.е. с горными породами, изначально образовавшими Землю. Но если это так, то становится очевидным, что *система жидкая вода – порода в пределах земной коры развивается в условиях, далеких от равновесия*, которые определяют принципиально новые возможности ее развития как прогрессивно самоорганизующейся диссипативной структуры, в понимании И. Пригожина и И. Стенгерс [8].

Известно, что в синергетике, в отличие от кибернетики, неравновесность – не источник гибели, не состояние деструкции, а, напротив, основание для становления упорядоченности, причина структурогенеза и эволюции системы в целом. Неравновесность – движущая сила эволюции, которая приводит в конечном итоге к

изменению необратимых потоков энергии (и вещества), возникающих при стремлении к равновесию эволюционирующих открытых систем. С рассматриваемых позиций неравновесно-равновесный характер системы вода – порода выступает главным фактором эволюции минерального вещества, многообразных процессов его самоорганизации и саморазвития.

По И. Пригожину и И. Стенгерс, в случае термодинамического равновесия системы ее элементы (молекулы) ведут себя независимо один от другого, так как каждый из них «игнорирует» все остальные и ведет себя пассивно. Такие элементы системы авторы называют *гипнонами*, т.е. пребывающими в гипнотически - спящем состоянии. Переход в неравновесное состояние «пробуждает» гипноны, между которыми устанавливается когерентная связь, и они перестают быть независимыми. В этом случае «система ведет себя так, как если бы она была вместилищем далекодействующих сил. Несмотря на то, что силы молекулярного взаимодействия являются короткодействующими (действуют на расстоянии  $10^{-8}$  см), система строится так, как если бы каждая молекула была «информирована» о состоянии в целом» [8].

Система вода – порода, развиваясь в области, далекой от равновесия, ведет себя как единая когерентная структура, которая постоянно в течение геологически длительного времени трансформируется, перестраивается, формирует новые минеральные образования и разнообразные геохимические типы вод, т.е. ведет себя как неравновесная стационарная система с образованием новых, равновесных со средой, более сложных продуктов, формирующих более организованные диссипативные системы.

Неравновесие в рассматриваемой системе определяет формирование различных вторичных минералов в строгой последовательности. При этом соотношение химических элементов во вновь формируемых минералах сильно отличается, что служит причиной резкой дифференциации химических элементов в водном растворе, нарушает характер равновесия и служит основой глобальной эволюции [12].

Исследование равновесия подземных вод нефтегазоносных бассейнов с горными породами – важнейшая проблема, решение которой обеспечит переход нефтегазовой гидрогеологии на новый этап развития.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев В.А., Рыженко Б.Н., Шварцев С.Л., Зверев В.П., Букаты М.Б., Мироненко М.В., Чарыкова М.В., Чудаев О.В.* Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода – порода. Т.1. Система вода – порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. 244 с.
2. *Букаты М.Б.* Равновесие подземных рассолов Тунгусского бассейна с минералами эвапоритовых и терригенных фаций // Геология и геофизика. 1999. № 5. С. 750–763.
3. *Вернадский В.И.* История природных вод. М.: Наука, 2003. 751 с.
4. *Карцев А.А.* Стадийность литогенеза и гидрогеологические процессы // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1982. № 2. С. 107–112.
5. *Конторович А.Э.* Очерки нефтидогенеза. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 545 с.
6. *Махнач А.А.* Катагенез и подземные воды. Минск: Наука и техника. 1989. 335 с.
7. *Назаров А.Д.* Нефтегазовая гидрогеохимия юго-восточной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. М.: Идея-Пресс, 2004. 288 с.
8. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986. 431 с.
9. *Шварцев С.Л.* Природа геохимической связи состава седиментогенных вод с литологией осадочных бассейнов // Фундаментальные проблемы нефтегазовой геологии М., 2005. С. 205–209.
10. *Шварцев С. Л., Рыженко Б. Н., Алексеев В. А., Дутова Е. М., Кондратьева И.А., Копылова Ю.Г., Лепокурова О.Е.* Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода – порода. Т. 2. Система вода – порода в условиях зоны гипергенеза. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 389 с.
11. *Шварцев С.Л.* Фундаментальные механизмы взаимодействия в системе вода–горная порода и ее внутренняя геологическая эволюция // Литосфера. 2008. № 6, С. 3–24.
12. *Шварцев С.Л.* С чего началась глобальная эволюция? // Вестн. РАН. 2010. Т. 80, № 3. С. 235–244.