

Нефтегазообразование как процесс самоорганизации углеводородистого вещества в осадочных бассейнах

А.Э.Конторович, В.Р.Лившиц

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН

livsh@uiggm.nsc.ru

Осадочная оболочка Земли, множество осадочных бассейнов и процессы нефтидогенеза, протекающие в них, обладают рядом свойств, позволяющих рассматривать их как синергетические системы (Конторович, Лившиц, 2002; Конторович, 2004).

Действительно, захороняющееся в осадках органическое вещество (ОВ), в процессе диагенеза и катагенеза подвергается биохимическим, термokatалитическим и механохимическим превращениям за счет непрерывного обмена с окружающей средой веществом и энергией. Этот процесс контролируется типом исходного ОВ, тепловым потоком, идущим из фундамента, литологией и теплопроводностью пород осадочного чехла, скоростью осадконакопления в бассейне, ее эволюцией во времени и другими факторами.

В результате таких преобразований ОВ формируются битумоиды, в составе которых присутствуют соединения, наследующие от биомолекул углеводородный скелет и элементы пространственной структуры.

Поскольку живая клетка – открытая неравновесная система, совокупность синтезируемых в ней соединений также не образует термодинамически равновесную смесь. Эта неравновесность, наследуется битумоидами осадочных пород, а от них — нефтью. В частности, пространственная асимметрия биомолекул сохраняется и в нефтях, что определяет их оптическую активность.

Кроме того, живое вещество строит себя очень избирательно и в процессе фотосинтеза осуществляет фракционирование изотопов, концентрируя преимущественно изотопы ^{12}C . Рассеянные в осадочных породах битумоиды, а от них и нефть наследуют и эту специфичность живого вещества.

Таким образом, важнейшая особенность рассеянных битумоидов – асимметрия молекул и неравновесность состава.

Второй важнейшей характеристикой формирования битумоидов является то, что он контролируется внешними по отношению к захороненному ОВ условиями – термодинамическим режимом недр, скоростью осадконакопления и т. д.

Наконец, третьей чертой битумоидов является их дисперсно рассеянное в материнских породах состояние, отсутствие макроструктуры в распределении концентраций, приуроченность, по крайней мере в терригенном разрезе, к глинистым породам.

Далее в истории формирования скоплений нефти и газа наступают этапы первичной миграции и аккумуляции УВ. В результате действия некоторого механизма, какая-то часть молекул мигрирующей микронепти приходит в кооперативное, согласованное движение, создавая направленные потоки углеводородистого вещества к ловушкам и аккумулируются там, образуя фазообособленные скопления. При этом, скорость аккумуляции УВ от интенсивности их генерации носит нелинейный характер.

Распределение этих скоплений по массе оказывается крайне асимметричным и описывается амодальным законом – усеченным распределением Парето (Количественная оценка..., 1988). Это означает, что относительно однородное распределение битумоидов в осадочных породах, слагающих НГБ, в ходе его исторического развития сменяется распределением крайне

неоднородным и этот процесс сопровождается уменьшением энтропии системы. При этом, большая часть микроневфти остается в дисперсно рассеянном состоянии и рассеивается из бассейна. Кроме того, происходит рассеяние из уже образовавшихся залежей за счет диффузии, вымывания и вертикальных перетоков углеводородов, биодеградаци и окисление нефтей. Таким образом, НГБ является системой преимущественно диссипативной.

Вполне понятно, что бассейн, в котором накопление осадков происходит с постоянной или закономерно изменяющейся скоростью, есть идеализация. В действительности, помимо закономерного изменения имеют место непрерывные флуктуации, варьирующие процессы осадконакопления, генерации и миграции как во времени, так и в пределах бассейна так что эти процессы носят стохастический характер.

Наконец, для выделения УВ в свободную фазу и их аккумуляции в ловушках необходимо какое-то скачкообразное изменение в геологической истории бассейна, например, резкое воздымание, приводящее к столь же резкому снижению давления и усилению потока инфильтрационных вод, или повышение (понижение) эвстатического уровня Мирового океана и т. п. Если величина подобного возмущения превысит некоторый порог, то возможна потеря устойчивости и возникновение переходных явлений, приводящих к внутренней дифференциации и перестройке системы. В геологии нефти и газа всегда признавалась необходимость существования неустойчивого состояния бассейна для начала процесса формирования скоплений УВ.

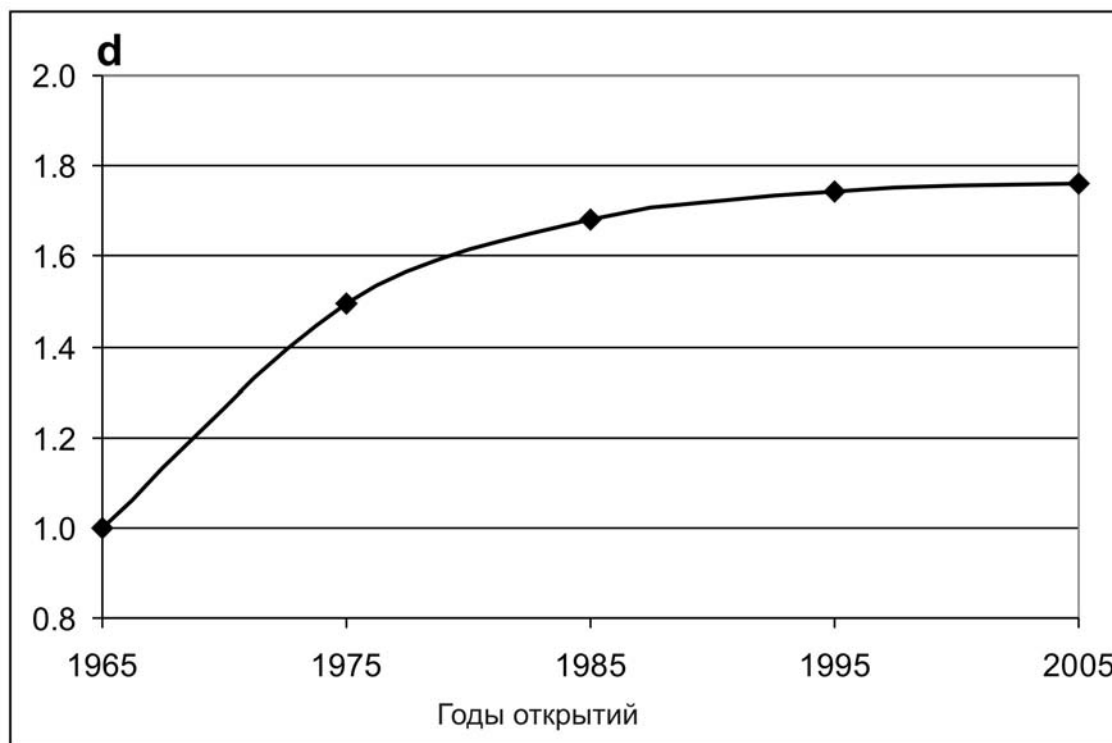
Таким образом, можно выделить следующие свойства, которые присущи процессам нефтегазообразования, НГБ и осадочной оболочке Земли в целом: открытость, диссипативность, неравновестность, неустойчивость, нелинейность, асимметричность, стохастичность. Поскольку эти свойства являются типичными для любых самоорганизующихся систем, то, очевидно, что процесс нефтегазообразования можно рассматривать как процесс самоорганизации углеводородистого вещества.

В качестве примера применения теории самоорганизации к проблемам образования нефти и газа, рассмотрим задачу о существовании хаотического аттрактора нефтидогенеза. Исходными данными для анализа являются, приведенные в (Вышемирский, Конторович, 1997), результаты оценки ресурсов нефти по стратиграфическим подразделениям за последние 600 млн. лет. Временная зависимость распределения начальных запасов нефти в фанерозое выглядит как типичная реализация случайного процесса. Однако, такой характер этой зависимости может быть и следствием функционирования сложного детерминированного механизма.

К этим данным была применена методика (Grassberger P., Procaccia I., 1983) с целью выявления детерминированного механизма, контролирующего процесс нефтеобразования в истории Земли и определения его количественных характеристик. В результате был сделан вывод о возможности описания процесса эволюции нефтидогенеза в стратиффере Земли системой из 6 дифференциальных уравнений. Применение той же методики к данным по запасам нефти с учетом вертикальной миграции углеводородов из древних комплексов в более молодые показывает, что механизм исходного нефтеобразования, также является хаотическим, однако для его описания достаточно иметь 4 уравнения, так что 2 фактора, оказываются, по-видимому, ответственны за миграцию (Конторович, Лившиц, 2002).

Другой пример, показывающий продуктивность применения фрактальной математики в задачах геологии нефти и газа относится к пространственному распределению скоплений УВ. Если процесс нефтегазообразования является процессом самоорганизации, естественно предположить, что синергетический аспект этого процесса должен проявиться и в распределении скоплений УВ по площади НГБ. В качестве примера бы выбран Западно-Сибирский НГБ. Рассматривая расположение точек-месторождений по его территории как фрактальное множество, можно определить корреляционная размерность этого множества, которая оказалась равной 1.76. Хотя Западно-Сибирский бассейн достаточно хорошо разведан

(степень разведанности начальных ресурсов составляет %), можно допустить, что последующие открытия могут изменить геометрическую структуру расположения месторождений и, следовательно, фрактальную размерность этого множества. С этой целью была рассчитана размерность множества месторождений, открытых с 1965 г., с интервалом в 10 лет. Результаты показаны на рис.



Зависимость фрактальной размерности распределения месторождений по территории Западно-Сибирского НГБ

Как видно из рис., с ростом разведанности бассейна, размерность множества точек-месторождений монотонно приближается к современному значению, что позволяет предположить, что дальнейшие открытия (в пределах рассмотренных нефтегазоносных комплексов) не приведут к ее увеличению и, следовательно, не смогут существенно изменить геометрическую структуру расположения месторождений на территории бассейна.

Список литературы

Вышемирский В.С., Конторович А.Э. Циклический характер нефтенакопления в истории земли. // Геология и геофизика. – 1997. - №5. - с.907- 918.

Количественная оценка перспектив нефтегазоносности слабоизученных регионов А.Э.Конторович, Л.М.Бурштейн, Г.С.Гуревич и др. Под редакцией А.Э.Конторовича - М.: Недра,1988.- 223 с.

Конторович А.Э. Очерки теории нефтидогенеза: Избранные статьи / Науч. ред. д-р геол.-мин. Наук С.Г. Неручев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, Филиал «ГЕО», 2004. – 545 с.

Конторович А.Э., Лившиц В.Р. Детерминированный характер процесса нефтеобразования в истории Земли и его количественные характеристики. Геология нефти и газа, №1, 2002, с. 9-16.

Grassberger P., Procaccia I. Measuring the strangeness of strange attractors. Physica 9D, 1983, 189.