

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД КАК НОВЫЙ МЕТОД НАУЧНОГО АНАЛИЗА (НА ПРИМЕРЕ ПРАКТИКИ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕЛАРУСИ)

Я. А. Майлат

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. Н. Яхно, канд. филос. наук, доцент

Среди огромного многообразия систем различной природы можно выделить класс систем, способных к самоорганизации. К ним относятся многообразные процессы образования различных форм материи – от элементарных частиц и физических полей до биообъектов и биосферы. Наиболее очевидно это свойство проявляется в биологических системах и заключается в том, что они способны к спонтанному образованию и развитию сложных высокоупорядоченных структур. Такие явления люди часто замечали при наблюдении развития растений и животных.

В различных науках часто приходится встречаться с явлениями, которые могут быть отнесены к синергетике – теории самоорганизации. Г. Хакен определил ее как науку о коллективных статических и динамических явлениях в закрытых и открытых многокомпонентных системах с «кооперативным взаимодействием» между элементами системы [1]. В синергетике рассматриваются проблемы, связанные с динамикой многокомпонентных нелинейных динамических систем различной природы. Создание единой теории самоорганизации обусловлено необходимостью дать в соответствии с современным уровнем развития науки интерпретацию большому количеству наблюдений над живой природой, а также огромному количеству экспериментальных фактов, как в области естественных наук, так и в социальных науках.

Исходными понятиями в представлении окружающего нас мира являются понятия системы и элемента. В случае когда между элементом и системой имеют место промежуточные структуры образования, более сложные, чем элементы, но менее сложные, чем сама система, их называют подсистемами. В этом смысле окружающий нас мир представляется как «система систем» или в виде иерархии систем.

При исследовании многокомпонентных систем следует выделять три различных уровня описания: микроскопический – элементы, мезоскопический – подсистемы и макроскопический – система. Если рассматривать в качестве примера жидкость, то в соответствии с описанием терминов на микроскопическом уровне рассматриваются отдельные атомы и молекулы, описываемые заданием их положений в пространстве, скоростей и взаимодействий. На мезоскопическом уровне термодинамические системы, например, жидкость или газ описываются как группы атомов и молекул. Протяженность таких групп велика по сравнению с межатомными расстояниями, но мала по сравнению с характерными размерами возникающих макроскопических структур. Кроме того, в системе могут возникать коллективные движения, включающие многие элементы системы, которые также могут рассматриваться как подсистемы.

Фундаментальным свойством исследуемых синергетикой объектов выступает их сложность – способность к самоорганизации, усложнению своей пространственно-временной структуры на макроскопическом уровне в силу происходящих на микроуровне изменений. Классическим эмпирическим полем синергетических исследований выступает механика жидких сред и неравновесная гидродинамика.

В базовом для синергетики опыте описано явление конвективной неустойчивости Бенара в горизонтальном слое жидкости с вертикальным градиентом температуры: за критическим значением возникает визуально наблюдаемая макроструктура в виде решетки конвекционных ячеек – ячеек Бенара размером приблизительно в 10²¹ молекулу, жидкость в горизонтально ориентированных ячейках приходит во вращение, а в тонком слое раствора возникает волновой фронт, внутри которого обнаруживают себя пейсмейкеры – беспорядочно разбросанные источники волн, дающие визуально наблюдаемую картину концентрируемых вокруг них «мишеней» – ведущих центров. Таким образом, описываемая термодинамическая система обретает пространственно-структурную и временную определенность [2].

При изучении реакции Белоусова–Жаботинского макроскопическим проявлением этой реакции являются «химические часы» – нейтринные колебания исходной бесцветной жидкости с красного цвета на голубой, каждый раз дающие фиксированную макроструктуру в виде спиралей или «мишеней». Иными словами, данная химическая реакция дает возможность «для измерения времени с помощью внутренней динамики системы» [3]. Аналогичная картина наблюдается при исследовании неустойчивости Тейлора: если определенная жидкость помещена между двумя вращаю-

щимися цилиндрами, то после нарушения стационарного состояния гидросреда обретаёт макроскопическую структуру (вихри Тейлора).

Необходимым условием реализации процессов упорядочивания неравновесной системы является ее незамкнутость – открытость по отношению к окружающей среде. Каждая точка такой среды является источником и стоком энергии, т. е. система осуществляет постоянный взаимный энергообмен с внешней по отношению к ней средой. Однако в неравновесных условиях система начинает реагировать на факторы, которые в равновесном ее состоянии являются индифферентными. Например, в сильно неравновесных условиях химические реакции оказываются восприимчивыми к фактору гравитации: «в сильно неравновесных условиях системы начинают «воспринимать» внешние поля, например, гравитационное поле, в результате чего появляется возможность отбора конфигураций» [4]. Исходя из этого синергетикой моделируется новая версия космогенеза – полагается, что в момент образования материи Вселенная должна была находиться в неравновесных условиях, поскольку в состоянии равновесия из закона действия масс следовало бы количественное равенство материи и антиматерии.

Фундаментальным механизмом, обеспечивающим реализацию нелинейности развития, выступает в синергетике бифуркационный механизм. Если в равновесном состоянии применительно к исследуемой системе может быть зафиксировано лишь одно стационарное состояние, то при удалении от равновесия при определенном значении изменяемого параметра система достигает порога устойчивости, за которым для системы открывается несколько возможных ветвей развития, т. е. зависимость решения соответствующего уравнения от избранного параметра становится неоднозначной.

Каждая самоорганизованная система тяготеет к состоянию аттрактора – искомой и достигаемой (финальной) стадии эволюции. При изучении процессов самоорганизации синергетики было зафиксировано то обстоятельство, что среди возможных ветвей эволюции системы далеко не все являются вероятными, т. е. «природа не индифферентна, что у нее есть «влечения» по отношению к некоторым состояниям» [5].

Синергетический подход активно реализует себя в физике и космологии, химии, биологии, психологии, социологии и урбанистике. Ситуации самоупорядочивания были зафиксированы при попытках аппликации синергетической исследовательской парадигмы на явления неживой природы: дрейф материков, циркуляция атмосферы, формирование облаков, флуктуации магнитных полюсов Земли и др. Идеи синергетики апплицируются сегодня на сферу медицинских проблем: использование синергетических методов оказалось плодотворным при исследовании иммунных систем как каскадов взаимодействующих «узлов» (пейсмейкеров) в сети реакции, в ходе анализа процессов репликации и гибели раковых клеток, при изучении динамического процесса взаимодействия здоровых и опухолевых клеток.

Практика разработки нефтяных месторождений в Беларуси показывает, что на процесс извлечения углеводородов из залежи влияет большое число факторов, приводящих к возникновению в системе самопроизвольных процессов, подчиняющихся сложным нелинейным законам [6]. На основе существующих представлений науки изменение форм индикаторных линий в диаграмме $\Delta P/Q$ объясняется вовлечением в процесс дренирования удаленных от ствола скважин сверхпроницаемых зон пласта, подключением к зонам перетока дополнительных систем трещин и не работавших при меньших дебитах участков.

Однако любое подключение к зонам дренирования скважины дополнительных участков должно приводить к росту фильтрационного сопротивления этой зоны, что следует из правила суммирования при последовательном подключении дополнительных сопротивлений. Поэтому в данном случае уменьшение фильтрационного сопротивления может быть обусловлено только существенной, более энергетически выгодной перестройкой линий тока, т. е. проявлением одного из синергетических эффектов.

После подключения к системе фильтрации трещинных систем движение флюида осуществляется преимущественно по трещинам, тогда как матрица породы может служить для подпитки трещин, а ее роль в процессе переноса флюида к забоям добывающих скважин уменьшается. Перестройка фильтрационных потоков должна рассматриваться не в качестве одного из простейших проявлений самоорганизации эксплуатационного объекта, а как основная форма такой самоорганизации, как главный, определяющий синергетический эффект процесса разработки. Другими возможными практическими вариантами использования представлений о синергетических эффектах разработки нефтяных залежей могут стать конструирование различных мер качества систем разработки, реализованных на конкретных эксплуатационных объектах, выработка новых подходов к обоснованию решений по регулированию разработки нефтяных залежей и эксплуатации нефтедобывающих скважин.

Синергетика, являясь междисциплинарной наукой, пытается связать представления различных наук о решении определенных вопросов, пытаясь создать единое поле междисциплинарной коммуникации, сформировать принципы новой картины мира.

Л и т е р а т у р а

1. Хакен, Г. Синергетика / Г. Хакен. – М. : Мир, 1980. – 405 с.
2. Гетлинг, А. В. Конвекция Рэлея–Бенара. Структура и динамика / А. В. Гетлинг. – М. : Эдиториал УРСС, 1999.
3. Пригожин, И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М. : Прогресс, 1986.
4. Пригожин, И. Время, хаос, квант. К решению парадокса времени / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М. : Эдиториал УРСС, 2003.
5. Пригожин, И. От существующего к возникающему: время и сложность в физических науках / И. Пригожин. – М., 1985.
6. Колесников, С. В. Проявление синергетических эффектов в процессе разработки нефтяных залежей / С. В. Колесников // Вестн. ПГПУ. Геология, нефтегазовое и горное дело. – Пермь : ПГПУ, 1999. – С. 53–57.