



**РАЗМЫШЛЕНИЯ ПО ИТОГАМ  
ОБЩЕДОСТУПНОГО НЕЛИНЕЙНОГО СЕМИНАРА  
ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА И НИИ ГЕОЛОГИИ СГУ \***

*В.Г. Очев*

Новые направления в физике, связанные у нас, прежде всего, с именем И.Р. Пригожина, в статье Е.Н. Князевой и А.Л. Туробова (2000) рассматриваются как путь к «единой науке о единой природе». В качестве обобщающего названия для этих новых направлений предлагаются различные понятия. Наиболее часто мы сталкиваемся с двумя: «нелинейная динамика» (термин И.Р. Пригожина) и «синергетика» (термин Г. Хакена). Обращает на себя внимание тот факт, что, когда речь идет о связанных с ними проблемах, обсуждаются вещи близкие, но, вместе с тем, не совсем тождественные. На вопрос – одно и то же нелинейная динамика и синергетика или нет – физики отвечают различно. Эти термины могут иметь более узкий и более широкий смысл.

Природные системы могут быть детерминированными (то есть предсказуемыми, с причинно-следственными связями) и при этом линейными или нелинейными, а также недетерминированными (непредсказуемыми, случайными процессами) – естественно, всегда нелинейными. Собственно нелинейная динамика изучает нелинейное поведение детерминированных систем, то есть систем с предсказуемым нелинейным поведением. Связанные с ними процессы элементарно сводятся к колебаниям и волнам. Поведение детерминированных систем может быть упорядоченным, то есть с повторяющейся во времени периодичностью. Но оно может представлять собой и «детерминированный хаос» при отсутствии упорядоченности – периодичности, повторяемости во времени. У специалистов по нелинейной динамике «детерминированный хаос» и просто хаос – понятия очень близкие. Нелинейность недетерминированных систем, где отсутствуют причинно-следственные связи (хрестоматийный пример – броуновое движение) физики не рассматривают. Эти процессы могут быть условно названы «природным хаосом» по аналогии с мифологическим.

Синергетика в узком смысле изучает другие природные явления – смену устойчивых состояний и рассматривает такие понятия, как «бифуркация» и «самооргани-

\*Подробнее об «Общедоступном нелинейном семинаре», одним из организаторов которого был профессор Саратовского университета Виталий Георгиевич Очев, см. в журнале Известия вузов. ПНД, 2005, т. 13, № 4, с. 90-91.

зация». Вместе с тем, проблемы нелинейной динамики и синергетики в узком смысле, естественно, тесно пересекаются. Они взаимосвязаны, так как смена устойчивых состояний системы рассматривается как нелинейность.

Д.И. Трубецков в своем докладе на семинаре, используя для этих новых направлений как обобщающий термин нелинейная динамика, сказал, что это «не наука, а движение». Развивая эту мысль, – движение к более полной общенаучной идеологии, общей картине устройства мира. Такая общая картина на философском уровне описана диалектикой. Здесь же речь должна идти об уровне между философией и конкретными науками. В литературе по философским вопросам в геологии, в обилии появившейся особенно в 1960-е годы, этот уровень называли то «метанаучным», то «онтологическим». Философы отсылали к нему такие проблемы, как формы движения материи. Рассматриваемые нами новые идеи в физике не формируют эту общую идеологию целиком. Ранее основу ее составляла физическая картина мира Ньютона. Она была дополнена идеями относительности, эволюционизма. Наукой эту идеологию можно было бы назвать лишь условно, как и в целом философию. Но, если подбирать для нее общее название, то наверное стоит предпочесть термин синергетика как этимологически наиболее обобщенный.

Поскольку речь ведется о внедрении достижений этих новых направлений в физику и иные науки, это требует рассмотрения трех основных вопросов: внедрение понятийной системы, внедрение методов исследований и идеологическая роль этих направлений. Обратимся последовательно к каждому из них.

**Внедрение понятийного аппарата.** Внедрение, в частности, в геологию терминов нелинейной динамики и синергетики стало теперь даже модным. Здесь есть такие самые общие простые понятия, которые поставили специалистов этих других наук в положение мольеровского господина Журдена. Эти явления были известны, но не знали, что их можно так называть. Это касается, в том числе, и собственно понятий линейности и нелинейности. И у геологов на этот счет масса очевидных примеров. Но с внедрением более сложных понятий возникают проблемы. Приведем ряд примеров.

*Автоколебания.* У физиков так называется процесс, идущий без внешнего воздействия. Предложить подобную модель в геологии на примере процесса седиментогенеза попытался А.В. Лукьянов (1998). Например, с источника сноса в бассейн поступает осадочный материал. В бассейне имеется перепад глубин с определенным углом поверхности дна. Когда масса накопившегося в мелководной части осадка достигнет какой-то критической величины, то произойдет его обрушение на глубины под воздействием гравитации. Затем вновь в мелководной части продолжится процесс накопления новой порции осадков. Здесь сразу же возникает вопрос о реальности отсутствия внешнего воздействия. Ведь в пределах источника сноса задействовано поступление туда водных масс из окружающей атмосферы и гидросферы и т.д. Здесь нет замкнутости системы. Таким образом, наблюдается что-то близкое к модели физиков, но, в принципе, не тождественное, чтобы внедрять строгий физический термин.

*Волны.* Специфика волн заключается в распространении энергии в пространстве без перемещения вещества. Примеры в процессах природных масштабов хорошо известны: сейсмические волны, волны в гидросфере. Но иногда им пытаются уподобить в принципе иные процессы. Возникали, например, идеи, что многие тече-

ния, несущие теплые воды, тоже в действительности не течения, а имеют волновую природу. Но это не так. Течения исследуются с помощью дрейфующих буев и измерены их скорости.

Такое вольное широкое применение термина наблюдается не только в науках о Земле. Совершенно условно использование термина волны в социальной сфере. Это «волны Токорева» в экономике или «великие демографические волны» Фишера. В первом случае это колебания величин во времени. «Демографические волны» связаны с переселением людей, то есть с перемещением. Их можно, скажем, из физических явлений сравнить с солнечными вспышками – потоком корпускул, но не с имеющей действительно волновую природу светимостью солнца. Такая терминология здесь больше образная, чем научная.

*Хаос.* Сделаны попытки использования этого понятия, наряду с бифуркацией и с самоорганизацией, при рассмотрении экосистемных перестроек в эволюции биосферы. В элементарном физическом процессе переход из одного устойчивого состояния в другое это просто достижение определенной пороговой точки – «точки бифуркации». Здесь может и не быть какого-то выбора дальнейшего пути, нет раздвоения. И здесь нет места для какой-либо самоорганизации. Но если процесс усложняется, то «точка расплывается», может появиться интервал, область бифуркации как во времени, так и в пространстве. А при экосистемных перестройках в истории жизни путь саморегуляции до достижения нового устойчивого состояния может длиться миллионы лет. Здесь нетрудно представить себе процессы бифуркации (выбор новых исторических путей) и самоорганизации как освобождение и занятие новыми хозяевами экологических ниш и преобразование набора самих этих экологических ниш. Но можно ли весь этот процесс перестройки назвать хаосом, как это сделал недавно на сессии Всероссийского палеонтологического общества в Санкт-Петербурге один профессор-географ, предложивший палеонтологам свой доклад? В каком смысле хаос? В смысле нелинейной динамики, терминологию которой в процессы истории жизни он стремился в докладе внедрить. Или в широком условном смысле «природного хаоса»? Возможно и очень вероятно, что присутствует и этот последний, как атрибут любой перестройки. А что-то при жестких перестройках может оказаться и упорядоченным. Конечно, просто объявление экосистемных перестроек хаосом нельзя считать корректным внедрением этого термина как научного.

Опыт внедрения понятий порядка и хаоса в геодинамике предпринят в статье С.В. Аплонова и Б.А. Лебедева (2003). Они в качестве порядка приводят закономерный ряд литологических формаций, а ряды с нестандартным чередованием из-за стратиграфических перерывов рассматривают как хаос. Далее, синхронность в поднятиях и опусканиях континентов – порядок, а различный до противоположного характер их перемещений – хаос. Последний пример – необычная для физиков модель. В ней рассматривается не процесс, идущий во времени, а сравниваются процессы, происходящие в пространстве. Однако, с точки зрения физиков, если имеется «не повторяющаяся нелинейность», то еще надо исследовать и посчитать, что это – есть ли здесь детерминированный хаос, то есть хаос в смысле нелинейной динамики, или это просто случайные процессы. Эволюция Земли по С.В. Аплонову и Б.А. Лебедеву предстает как прерывание состояния порядка хаосом. Получается примерно то же, что и у выше упоминавшегося географа. В каком смысле понимается хаос? Если в самом широком, тогда что эта терминология дает научного?

Вывод из всего сказанного – процесс внедрения синергетических идей и соответствующей терминологии в другие науки (и в геологию в частности) пошел слишком поверхностно. В системах иного структурного уровня, чем системы физиков, все может оказаться намного сложнее.

Геология уже переживала период внедрения языка другой науки. Это произошло, когда она становилась эволюционной, восприняв из биологии идею эволюции. Законодателем здесь наверное можно назвать И. Вальтера, написавшего в 90-х годах XIX века книгу «Геология как историческая наука». Его подход – изложение геологии на языке дарвиновой теории эволюции. Он предложил использовать в геологии многие биологические термины. Большинство из них не удержалось. Термин онтогенез понадобился минералогам. А где в геологии, например, аналоги филогенеза? При внедрении чужого языка необходима крайняя осторожность, хотя, конечно, иногда целесообразны и смелые шаги. Время все поставит на место.

**Методы нелинейной динамики.** Естественно, прямое внедрение их возможно лишь в математизированные области наук. Уже в XIX веке было известно три нелинейных уравнения, но они не были решаемы. И хотя уже в начале XX века у физиков в ходу было выражение – «это нелинейщина», нелинейной динамики как науки не было. Когда появилась компьютерная техника и такие уравнения стали решаться, появилась и соответствующая наука. Аналогично, просто перечислять явно нелинейные геологические процессы, что очевидно качественно, это не значит заниматься в геологии нелинейной динамикой (нелинейной геодинамикой – термин Ю.М. Пушаровского).

В палеонтологии, где до недавнего времени использовалась лишь математическая статистика при исследованиях систематики различных групп организмов, появилось новое течение, которое стали называть количественной палеонтологией. Имеется в виду анализ динамики таксономического разнообразия в фанерозое. Отстраиваемые явно нелинейные временные ряды анализируются палеонтологами пока лишь качественно. Конечно, эти ряды могут анализироваться далее совместно с физиками и математиками, и возможны определенные полезные выводы. Видимо, значительна перспектива внедрения таких методов в более математизированные петрографию и геохимию, о чем написана книга (Ф.А. Летников, 1992). Но в нематематизированной области все общие рассуждения в терминах нелинейной динамики, строго говоря, еще не являются изучением нелинейных процессов. Поэтому наиболее восприимчивы к нелинейным идеям наиболее математизированные области наук о Земле – прежде всего геофизика. Здесь можно говорить сегодня о полноценном изучении нелинейных процессов с практическим выходом (М.И. Рыскин, А.В. Иванов, 2003).

**Идеология.** Любое крупное научное направление несет в себе какую-либо общенаучную идеологическую ценность. Особое место здесь занимает физика, которая уже дала ряд общенаучных принципов. Но не следует лишь ее роль абсолютизировать. Пожалуй, это есть в оценке И.Р. Пригожиным физики И. Ньютона, ставшей основой общей картиной мира. Но не она первая создавала некоторые ее черты. Пригожин приводит позицию одного из политических деятелей того времени, который полагал, что законы Ньютона открыли необходимость разработки строгих законов и в жизни общества. Правда, он делает оговорку, что в этом есть доля и роли религии. Эта оговорка очень кстати. Разве не было ранее ньютоновской эпохи римского права,

где требования законности восходили к воле богов? У М. Горького есть пьеса «Достигаев и другие», в которой купец Достигаев видит, что привычный мир рушится. Он человек читающий, читает словарь Брокгауза и Эфрона и выясняет, что Дарвин утверждал – все живое приспосабливается. Он делает для себя открытие: Что делать? – приспосабливаться. Другие и «без Дарвина» это интуитивно открыли. Через Дарвина – специфический путь Достигаева. То же можно сказать и об упоминаемом И.Р. Пригожиным политике – это его сугубо личный путь к истине – через Ньютона.

Справедливо утверждать, что в формировании общей картины мира, общей идеологии в разной степени участвуют разные науки, часто параллельно движутся к этому с разной степенью успеха. Пример – уже упоминавшийся пришедший из биологии эволюционизм. В палеонтологии закон необратимости эволюции Л. Долло опередил физиков. О необратимости времени речь не шла и у А. Эйнштейна. А «стрела времени» Эддингтона появилась в физике еще позже (правда, как быть с эйнштейновым искривлением времени, принимая этот термин?).

Другой путь интеграции наук – рассмотрение их на системном уровне, сравнительный анализ систем из самых разных областей науки. Такое интегрирующее направление – тектология – было заложено еще российским философом А. Богдановым, которого В.И. Ленин громил в «Материализме и эмпириокритицизме». Но эти идеи живут и недавно развиты в книге А.Л. Тахтаджяна «Principia Tectologica» (2001). Это особый путь интеграции знаний, шедший давно помимо рассматриваемых новых идей в физике.

Но, конечно, роль физики в формировании этой общенаучной идеологии является ведущей. Она интегрирует все достижения. Это не случайно, ибо физика занимается наиболее простыми явлениями в природе. Сведение к ним сложного – путь, давший громадные достижения в понимании вещей. Это редукционистский метод, которым пугали марксистские философы. Здесь могут быть утрачены качественные различия и это реальная опасность. Но ни один метод нельзя абсолютизировать. Везде нужна осторожность и надо вовремя остановиться. В принципе редукционизм оказался великим методом в изучении мира.

Если говорить о достижениях в рассматриваемых нами новых направлениях в физике, то с позиции общенаучной идеологии, в связи с вопросами геологии, близкими авторам, можно выделить как наибольшие ценности два положения: самоорганизация и гораздо большая, чем ранее полагали, роль случайностей.

В механизме направленности филогенетической эволюции органического мира самоорганизация выглядит как внутренний процесс в отличие от рассматриваемой дарвинизмом роли лишь внешней среды. Существование таких внутренних процессов побудило Л.С. Берга создать концепцию номогенеза. Истинный механизм таких процессов вырисовывался из представлений о целостности организма в индивидуальном и историческом развитии И.И. Шмальгаузена (1938) и реализован в эпигенетической теории эволюции, окончательно сформулированной М.А. Шишкиным (1988) и др. И то, что самоорганизация присуща природе вообще, создает для всех этих представлений прочный фундамент.

О том, что законы природы в действительности имеют стохастическую природу, заговорили еще в 1960-е годы. Это обсуждали и палеонтологи, на практике оставаясь абсолютными детерминистами. Теперь же описанный синергетикой механизм бифуркаций открыл большую роль случайностей. Палеонтологи шли к этому

робко. При обсуждении причин вымирания организмов появилось такое понятие, как «случайное вымирание». Но если в природе существует такой процесс при смене устойчивых состояний, как лавинное нарастание числа бифуркаций, то этого нельзя исключать как ожидаемый результат и при реконструкциях экосистемных перестроек. Тогда тщетно стремление все разложить по полочкам причинно-следственных связей.

Надо подчеркнуть, что идеологические основы нельзя путать с методами и что-то определенное решать с их помощью. Это лишь ориентиры для выбора альтернативных гипотез, оценки возможностей ожидаемых результатов. Когда И.Р. Пригожин анализирует биологические модели, то он на основе представлений синергетики ничего не решает методически. Он лишь показывает, что результаты исследования биологов соответствуют представлениям синергетики и ее идеология здесь правомочна. Использование идеологических положений в качестве конкретной методики (то есть фактически создание догм) может привести к серьезным ошибкам, ибо ничто не без исключений, ничто не абсолютно. Пример – биологи на основании принципа развития жизни от простого к сложному считают «пластинчатых» наиболее примитивными многоклеточными. Но остатков подобных организмов нет в палеонтологической летописи. Исследования биологов-молекулярщиков недавно показали, что «пластинчатые» являются результатом очень длительного процесса дегенерации и происходят от кишечнополостных, отделившись от них, видимо, в палеозое. Столь далеко идущие процессы дегенерации вообще не характерны для истории жизни, но, оказывается, возможны. Так что здесь идеологию нельзя абсолютизировать и превращать в конкретный метод, который может доказать истинное систематическое положение «пластинчатых».

Завершая, отметим следующее.

- Рассмотренными достижениями физики в науках о Земле пока не создана какая-то принципиально новая картина мира. Они лишь дополнили прежние парадигмы и усложнили их.

- Мир и линеен и нелинеен одновременно. Один и тот же процесс может при рассмотрении в одном масштабе выглядеть нелинейным, а в другом – линейным. Не говоря уже о том, что линейность невозможна без нелинейности и наоборот и как явление и как понятие. Если для физиков изучение линейных процессов уже давно решенная проблема и на этой стороне устройства мира можно не сосредотачивать внимание, то, например, для эволюционного процесса в биологии линейность – еще важная проблема.

- Роль нелинейной динамики сейчас несколько излишне раскручена. Она еще займет в формировании общенаучной идеологии свое важное, но определенное место, и придут иные новые актуальные проблемы.

- Важен образовательный аспект – общенаучной идеологии в каждой науке надо учить в конце программы, как это делалось раньше, в частности, на геологическом факультете Саратовского университета на 5-м курсе в «Истории и методологии геологических наук». Необходимо возродить этот курс в учебных планах, обобщив его для всех Наук о Земле и дополнив синергетическими идеями.

## Библиографический список

1. *Аглонов С.В., Лебедев Б.А.* Порядок, хаос и эволюция в геологической истории Земли // *Геофизика* 2003. № 1, С. 56-62.
2. *Иванов А.В.* Периодическое изменение признаков в эволюции некоторых групп организмов. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1998. 76 с.
3. *Князева Е.Н., Туробов А.Л.* Единая наука о единой природе // *Новый мир.* 2000. № 3. С. 161-178.
4. *Летников Ф.А.* Синергетика геологических систем. Новосибирск: Наука, 1992. 230 с.
5. *Лукьянов А.В.* // Вопросы нелинейной геологии и геодинамики. М.: ГЕОС, 1998. С.
6. *Рыскин М.И., Иванов А.В.* Нелинейная динамика в науках о Земле: информация к размышлению // *Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика.* 2003. Т. 11, № 6. С. 138-148.
7. *Тахтаджян А.Л.* Principia Tectologica. Принципы организации и трансформации сложных систем: эволюционный подход. СПб.: СПХФА, 2001. 121 с.
8. *Шишкин М.А.* Эволюция как эпигенетический процесс // *Современная палеонтология* / Ред. В.В.Меннер, В.П.Макридин. М.: Недра, 1988. С. 142-169.
9. *Шмальгаузен И.И.* Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1938. 144 с.

*Саратовский государственный университет      Поступила в редакцию 12.09.2006*