

тизма и различных форм углерода: во внешнем кольце находятся месторождения углеводородов нефти и щелочно-базальтовые породы, во внутреннем — алмазы.

В заключение следует отметить следующее:

1. Пример Нижнеамурского современного прорыва мантии с грозными последствиями (землетрясение, разрушение города, гибель людей) показывает, что подобное явление может произойти в том или другом районе, особенно там, где офиолиты «протыкают» слои осадочных пород. В таких местах нельзя строить города.

2. Нефть и алмазы образуются при сходных температурах и давлениях. Как бы не «прозевать» алмазы!

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бескровный Н.С.* Нефтяные битумы и углеводородные газы как спутники гидротермальной деятельности. —М.: Недра, 1967.
2. *Бескровный Н.С., Набоко Н.И., Главатских С.Ф.* и др. О нефтеносности гидротермальных систем, связанных с вулканизмом // Геология и геофизика. 1971. № 2. С. 3—14.
3. *Власов Г.М.* Внешние дуги: вторжение мантии в кору и возбуждение геосинклинального процесса // Тихоокеанская геология. 1997. С. 3—12.
4. *Власов Г.М.* Глубинно-геосинклинальная концепция тектогенеза. —Владивосток: Дальнаука, 2000.
5. *Власов Г.М.* Новые аспекты развития геосинклинальной теории: практические следствия // Отечественная геология. 2003. № 1. С. 3—9.
6. *Белоусов В.В.* Тектоносфера Земли: взаимодействие верхней мантии и коры. —М., 1991.
7. *Власов Г.М.* Новые критерии поисков нефтегазоносных площадей (с учетом глубинного абиогенного происхождения нефти // IV Косыгинские чтения. —Хабаровск, 2003.
8. *Кропоткин П.Н., Шахварстова Н.А.* Геологическое строение Тихоокеанского подвижного пояса. —М.: Наука, 1965.
9. *Краюшкин В.А.* Абиогенно-мантийный генезис нефти. —Киев: Наукова Думка, 1984.
10. *Иванкин П.Ф., Назарова Н.И.* Глубинная флюидизация земной коры и ее роль в петрорудогенезе, соле- и нефтеобразовании. —М., 2001.
11. *Юркова Р.М., Воронин Б.И.* Формирование нефтегазоносных бассейнов в связи с геодинамикой офиолитов / Нефтегазоносные системы осадочных бассейнов. —М.: ГЕОС, 2005.

УДК 551.24

П.М.Горяинов, Г.Ю.Иванюк, 2006

## Геология на пороге новой парадигмы

П.М.ГОРЯИНОВ, Г.Ю.ИВАНЮК

Экстенсивная эксплуатация малоэффективных концепций, несмотря на все возрастающую насыщенность геологии средствами исследовательской техники, заставила достаточно широкий круг специалистов обратиться к идеям нелинейной динамики, синергетики. Библиографический поиск в интернете по ключевым словам «самоорганизация, детерминированный хаос, фрактал, синергетика» за 10 лет (1986—1996) показал довольно убедительный (на полтора порядка) рост публикаций по этой теме. Идеи синергетики становятся все более привлекательными, и легко прогнозировать, что значительная изоляция геологов от достижений естествознания скоро закончится. Альтернативой традиционной методологии становится синергетический подход, при котором внимание переносится с причин, сил и механизмов на отношения, связи и время. Однако пока даже в кругу ведущих теоретиков охотно поддерживается то, что идеи синергетики более подходят для микромира или галактических систем, а для макроструктур геологического типа вполне пригодны традиционные детерминистские методы. Большинство исследователей имеет весьма смутные представления о том, как конкретно соединить синергетику с геологическим прогнозом реальных природных систем, выработкой адекватных и корректных способов их описания, процедурой принятия оптимальных управляющих решений, а также, о том, как вообще соотносятся новый и ортодоксальный подходы (парадигмы), являются ли они взаимоисключающими или дополняющими. Возможно поэтому и за рубежом, и в России на фоне все возрастающего интереса к данной проблеме, проявляемого и наукой, и технологией, учебная и методическая геологическая литература по ней практически отсутствует.

Являясь активными участниками процесса адаптации практической геологии к теории сложных структур, авторы\* вынуждены признать справедливыми довольно низкие оценки теоретической базы современной геологической технологии, которая во многих типичных случаях индифферентна к изыскам и коллизиям в дискуссионных академических кругах. Это обстоятельство каким-то образом компенсировалось огромным объемом геологических работ в нашей стране, а за рубежом, кроме того, — обильным насыщением отрасли высокими аналитическими и вычислительными технологиями. Однако ни значительный рост информационных массивов, ни даже принципиальное улучшение их качества не привело к теоретическим и технологическим прорывам. Имеются все признаки, отражающие кризисные моменты в науке, когда простое экстенсивное наращивание фактов к ожидаемому прорыву не приводит. Больше всего это ощущается в геотектонике — базовой теоретической дисциплине региональных геологических исследований.

В исследовательской практике не часто, но все же приходится решать вопрос: как отличать технические задачи от научных и как никогда не выдавать технические за научные. Технические заведомо имеют решение, и вопрос состоит лишь в том, сколько оно стоит. Научные могут вовсе не иметь такого решения. Несмотря на то, что речь здесь идет о научных задачах, фактор времени становится все более важным. Геологический прогноз, в принципе, не нужен, но нужен к моменту, когда он еще востребован. Можно заметить, что и стратегия реформ также должна появляться не к моменту их окончания. Лозунг «ложка нужна к обеду» становится необходимым условием выжи-

\* Статья подготовлена по материалам монографии: П.М.Горяинов, Г.Ю.Иванюк Самоорганизация минеральных систем. Синергетические принципы геологических исследований. —М.: ГЕОС, 2001.

вания геологии как технологии, как сектора экономики, как активно развивающейся части культуры.

Удастся ли современной прикладной геологии пережить *highteck-оживление*, а «теоретической» геологии прервать, наконец, свой неофициальный статус наименее проветриваемого помещения современного естествознания, зависит от того, насколько оперативно она сумет адаптировать свои структуры, начиная от образовательных, к достижениям современных естественных наук, прежде всего, физики. В последние 10 лет и в мировой, и в отечественной научной среде сложились объективные предпосылки для такой адаптации. В результате впервые появляется возможность исследовать на фундаментальной основе результаты геологических эволюционных процессов, т.е. таких процессов, которые обусловили возникновение и устойчивость (гомеостазис) геологических структур вследствие совместного, кооперативного взаимодействия (а не простого сложения) многих сил и факторов.

**О кризисе современной геологии.** Кризис геологии как исторической науки назревал очень давно, так как еще в конце XIX столетия в ней вырисовались два фундаментальных противоречия, касающиеся проблем эволюции. Во-первых, это противоречие между классической механикой (а затем и теорией относительности) и термодинамикой в вопросе об обратимости времени. Во-вторых, между равновесной термодинамикой, постулирующей стремление систем к хаотизации, и законом биологической эволюции Дарвина с его стремлением к усложнению и дифференциации. Геология оказалась в странном положении, когда генезис всех без исключения объектов рассматривался как необратимое стремление к равновесию, но одновременно подразумевалась и возможность «обратного отсчета» при реконструкции их первоначальной природы, как это допускает механика.

После ряда известных публикаций, касающихся проблем нелинейности геологической среды с ее высокой внутренней динамикой (см. библиографию упомянутой монографии) становится очевидным, что парадигма современной геологии не может быть ни улучшена, ни даже исправлена, так как она ориентирована на исключительный природный феномен: объект, возникший либо в условиях, близких к термодинамическому равновесию, либо в среде, передавшей объекту свои свойства пропорционально и симметрично, т.е. рассчитана на случай, столь же частный, сколь частной является механика Ньютона по отношению ко всей современной физике. Если линейная (ньютоновская) механика и базирующаяся на ней классическая актуалистическая причинно-детерминистская геология оперируют процессами, сводящимися к суперпозиции решений линейных уравнений, то теория сложных структур рассматривает кооперативное взаимодействие или синергизм нескольких факторов. В первом случае аналитическое решение возможно и реконструкция начальных условий в рамках решения обратной задачи корректна в принципе, во втором — нет, так как системы после некоторой точки (называемой точкой бифуркации или ветвления, за которой система ведет себя непредсказуемо) перестают «помнить» условия точки нуля термодинамической ветви.

В практической работе геолога по умолчанию принимается, что в ходе геологической эволюции система (объект изучения) накапливает деформации и хаотизируется, все более отдаляясь от некоего теоретического эталона, в природе, как правило, не существующего. Специалисты лю-

бых геологических направлений, где используются формационные принципы анализа и непосредственно исследуются свойства геологических объектов самого разного масштаба, сами того не подозревая, формируют свои динамические модели и методические приемы на основе принципов равновесной термодинамики («системы со временем накапливают деформации, т. е. хаотизируются»).

Построение же модели геологического процесса зависит от приоритета в выборе динамической концепции, определяемой господствующей парадигмой — системой основополагающих принципов науки, существующих традиций научной практики, сводом предписаний, наконец, базисом для практики научных исследований (*paradigm* — таблица сопряжения, фр.). Эта система принципов определяет временные границы «нормальной науки». Термин «нормальная наука» (т.е. не кризисная), введенный Т.Куном, означает такое исследование, которое прочно опирается на одно из нескольких прошлых научных достижений — причем таких, которые в течение некоторого времени признаются определенным научным сообществом как основа, даже закон для его дальнейшей практической деятельности. Достижения излагаются в учебниках (например, «Геология» Лайеля) и становятся надолго стереотипом «правильной» науки. Их создание было беспрецедентным событием, в то же время они были достаточно открытыми. Новые поколения ученых могли в их рамках найти для себя нерешенные проблемы любого вида. Цели нормальной науки ни в коей мере не включают предсказания новых видов явлений. Как отмечает Кун, явления, которые не вмещаются в парадигму, часто, в сущности, упускаются из виду. Или, попросту, не востребуются. Ученые в русле нормальной науки не ставят себе цели создания новых теорий. Они, как считает Кун, нетерпимы и к созданию таких теорий другими.

Нередко понятие «парадигма» сужают. Так, существует мнение, что геология пережила уже две парадигмы — геосинклинальную и плейт-мобилистскую, приравнивая, таким образом, парадигму к гипотезе. Однако на самом деле геология продолжает развиваться и формировать свою методологию в рамках традиционной и единственной парадигмы уже почти 200 лет. По существу, все без исключения геологические гипотезы и динамические модели в основе являются геологическими производными классической линейно-детерминистской механики Декарта—Ньютона.

Попробуем представить, из каких принципов складывается геологическая научная парадигма. В рамках классического научного рационализма (от рационального осмысления эмпирических данных) сложился один из важнейших подходов к исследованию сложных явлений и сложных систем, называющийся *редукционизмом*. Зная свойства отдельных элементов, составляющих систему, и особенности их взаимодействия, кажется вполне естественным предположить, что свойства системы — это и есть их непосредственное следствие, т.е. выводимы из свойств элементов и структуры их взаимоотношений. Такое представление и убежденность в том, что это не предположение, упрощающее жизнь, а аксиома, и лежит в основе редукционизма. Такой же термин употребляют, когда имеют в виду попытку заменить исследование реального сложного явления некоторой его сильно упрощенной моделью, его наглядной интерпретацией.

Подавляющее большинство геологов и в настоящее время убеждено в том, что если мы и не можем вывести

свойства объекта исследования из свойств его элементов, то это происходит лишь в силу нашего неполного знания свойств данных элементов или особенностей их парных взаимодействий. Однако накопленный огромный фактический материал ставит под сомнение классические представления и практические возможности геологического редукционизма. Как правило, мы имеем дело с процессами и их результатами, где целое обладает свойствами, которых нет ни у одной из частей, т.е. мы имеем дело с *системами*. Например, если по частным и довольно крупномасштабным наблюдениям выводятся закономерности общего, мелкомасштабного характера, то в результате заранее может быть внесена ошибка, которая решающим образом определяет его некорректность. Именно так — путем тривиального линейного масштабного переноса — создаются типичные некорректные, нереальные тектонические ретроспективы, казалось бы, основанные на скрупулезных, вполне корректных, микроструктурных наблюдениях.

На самом деле, большинство геологических систем эмерджентны, т.е. свойства системы принципиально отличны от свойств составляющих их элементов. И как проявление этого — довольно неожиданное и пока необъясненное тектонистами свойство подавляющего числа геологических ансамблей: утрата (приобретение) признаков при переходе с микро- на макроуровень при сохранении способа организации занимаемого пространства.

Классический геологический рационализм в соответствии с традиционной парадигмой геологии предлагает лишь вполне детерминированные схемы происходящего. Он убеждает своих последователей в предсказуемости событий, их полной предначертанности. Парадигма же обязывает ставить исследования так, чтобы геологические обобщения, направленные на опознание закономерностей, сводились к логически замкнутым генетическим представлениям, установлению исходного, причинного объекта, например, «рудоносной» интрузии, осадочного бассейна и др. Постепенно возникла ситуация, когда выявленные геологические закономерности по разнообразию и изменчивости проявления не укладывались в привычное ложе генетического (динамического) синтеза. Это породило скепсис и даже убеждение, что детализация не приносит геологической науке заметных успехов. Оно особенно окрепло, когда стало очевидно, что объекты, интересующие геолога, — сложные системы и, следовательно, даже тщательное исследование составляющих их элементов и деталей не может раскрыть общие системные свойства. Целое, разобранное на части, снова собрать в процессе синтеза без потерь, как выясняется, не удастся.

Геологией как наукой исторической хорошо усвоено, что степень зависимости той или иной системы от своего прошлого может быть разной. Эту степень зависимости условимся называть *памятью*. Точнее, ею называется наша способность аналитически обнаружить предсказуемость поведения системы (в прошлом и будущем; в последнем случае это может касаться геоэкологических и сейсмологических прогнозов). В детерминированных системах прошлое однозначно определяет будущее, как и прошлое однозначно определяется настоящим. В рамках классической парадигмы по наблюдаемому состоянию простой динамической системы в данный момент, интегрируя ее уравнения в отрицательном направлении времени, полностью восстановить всю ее предысторию, следовательно, геодинамическое моделирование в данном случае можно назвать «линейным».

**«Линейная» геология в нелинейном мире.** Линейные системы описываются линейными уравнениями. Они просты, физически привлекательны, обладают замечательными аналитическими свойствами. Это, как считает А.В.Николаев\*, предопределило их живучесть, желание исследователя видеть в явлениях их линейные черты, стремление отказать от нелинейности под предлогом защиты принципа, называемого бритвой средневекового мыслителя Оккама... — «не умножай можностей без надобностей». Однако любой принцип можно довести до абсурда. Попытки отстоять «простоту» привели к неоправданно сложным (!) представлениям и о структуре геологической среды, и деталях протекания геодинамических процессов. Как справедливо отмечает В.А.Николаев, очарование простоты решения линейных уравнений выводит из рассмотрения сильные, а иногда и любые флуктуации, свобода обращения с которыми (хочу — возьму, хочу — выброшу) создавала ложное ощущение свободы ученого, его превосходства над объектом исследования. Годами складывающийся стереотип успешного геологического исследования опирался на процедуру навязывания природе версии, удобной ученому, например, путем введения малореальных допущений.

Мир линейных явлений логично построен, во многом предсказуем, доступен интуитивному пониманию. В ситуации, далекой от равновесия, поведение практически любой системы становится существенно нелинейным. Мир же нелинейных явлений невообразимо широк, разнообразен, во многом неожидан. Он познается с трудом, требует от исследователя высокой квалификации и поэтому для многих оказывается почти недоступным. Здесь оказывается несправедливым принцип суперпозиции, позволяющий «сшивать» решение более сложной задачи из решений более простых задач.

Представление о нелинейном характере механических деформаций было высказано еще в XVII в. Я.Бернулли как альтернатива линейному закону Гука. Споры катастрофистов и эволюционистов, Бюффона и Ламарка, Кювье и Лайеля, также отражают различие этих двух главных моделей природных процессов. В первую половину XIX в. два течения геологии — катастрофизм и эволюционизм — вступили в наиболее острую фазу борьбы. Теория катастроф имела свои корни в учении античных мыслителей, предполагавших периодические катастрофы в истории Земли. При дальнейшем развитии науки оказалось невозможным сочетать библейское учение о кратковременности истории Земли с накопленными данными о смене геологических формаций и фаун, ископаемые остатки которых находили в слоях. Это несоответствие легко можно было объяснить с помощью идеи о катастрофах. Именно такое объяснение было предложено в 1812 г. французским естествоиспытателем Ж.Кювье в его работе «Рассуждение о переворотах на поверхности Земли». По мнению Кювье, каждый период в истории Земли завершался мировой катастрофой — поднятиями и опусканиями материков, наводнениями, разрывами слоев и т.д. В результате этих катастроф гибли организмы и в новых условиях появлялись новые виды.

Причины катастроф и происхождение новых видов Кювье не объяснял — они были «чудом». По мнению

---

\*Все ссылки приведены в упомянутой монографии.

Ф.Энгельса, теория катастроф Кювье была «революционна на словах и реакционна на деле», так как «делала из чуда существенный рычаг природы». Через 100 лет примерно в таких тонах идеологи неомарксизма будут говорить о кибернетике — «продажной девке империализма». Именно «чудо» — оно же случай — и определяет выбор системой пути развития в устойчивое состояние в точке катастрофы (бифуркации), где происходит ветвление эволюционных путей. Их может быть много, даже бесконечно много. В точках бифуркации природа как бы раскрывает свои потенциальные возможности, а неизбежно присутствующая случайность выбирает тот единственный канал, по которому дальше и будет развиваться система. Бифуркационный механизм играет важнейшую роль в общей эволюционной схеме. По существу, именно этот механизм является источником роста разнообразия различных форм организации материи, а, следовательно, и непрерывно возрастающей сложности ее организации. После бифуркации наступит некоторый новый спокойный участок «дарвиновского» развития, который в какой-то точке может смениться новой бифуркацией (новой катастрофой). Таким образом, теория самоорганизации делает следующий шаг на том пути постепенного понимания мирового эволюционного процесса, по которому шли Кювье, Ламарк, Дарвин. *Не только спокойная постепенная эволюция, но и неизбежные катастрофы с их качественно новыми непредсказуемыми последствиями — вот каков облик нашего изменяющегося мира.*

Учение Кювье, имеющее высокий научный авторитет, широко распространено. Работами Кювье было доказано прогрессивное усложнение строения организмов. Предположение Л.Буха и Л.Эли де Бомона о катастрофическом образовании горных цепей привлекло внимание ученых к исследованию тектонических несогласий и разрывных нарушений, что способствовало развитию структурной геологии.

Однако геология выбрала все же Ч.Лайеля, оказавшегося на острие концепции эволюционного развития Р.Декарта, Ж.Ламарка, Ж.Бюффона. В «Основах геологии» Ч.Лайель утверждал, что все изменения, которые произошли в течение геологической истории, протекали постепенно, под влиянием тех факторов, которые действуют и в настоящее время. Следовательно, для объяснения этих изменений совершенно не нужно прибегать к представлениям о грандиозных катастрофах, а необходимо лишь допустить очень длительный срок существования Земли. Как подчеркивал Ф.Энгельс, «лишь Лайель внес здравый смысл в геологию, заменив внезапные, вызванные капризом творца революции постепенным действием медленного преобразования Земли». Именно с этого момента в умах геологов появилась не осмысленное (т.е. не имеющее в основе физического смысла) убеждение в том, что длительность процессов вполне компенсирует недостаток в корректном толковании динамической эволюции.

Метод актуализма Ч.Лайеля стал геологическим воплощением детерминизма, линейной причинности. Иными словами, выбор геологией недарвиновской, а лайелевской концепции эволюции задвинул ее в самый дальний, слабо проницаемый угол естествознания, куда трудно проникли свежие идеи физики. Соблюдение принципа суперпозиции позволяет рассматривать линейные модели как обладающие практически неограниченной памятью. Может быть, поэтому геология с ее историзмом и предпочла ука-

занный тип моделирования, хотя у нее был, как теперь представляется, более удачный выбор.

Традиционное для геологии представление о непосредственной выводимости теории из опытных данных (фактов), т.е. действенность прямого, точнее «линейного» синтеза, отвечало уровню представлений, требовавшихся для первоначального осмысливания и систематизации. К сожалению, такой синтез служил и венцом эмпирического знания. В связи с тем, что в рамках логики детерминизма предполагается обязательность причинно-следственных отношений между числовыми или описательными характеристиками горных пород, объекты исследований часто необоснованно упрощают, «подгоняя» к схемам, в которых действуют *наиболее простые* и однозначные линейные зависимости. Вместе с тем, совершенно очевидно, что геологические системы почти всегда, и особенно в интересующие нас переломные моменты развития, проявляют *неоднозначное нелинейное поведение*. По всем признакам геологические системы являются иерархическими, эволюционирующими, но чем сложнее возникающие структуры, тем более непредсказуемо, стохастично бывает их поведение.

В настоящее время, когда геология нуждается в адекватных моделях—прогнозах, обобщения, ограниченные аддитивной (линейной) сверткой отдельных фактов, уже не могут никого удовлетворить. Стержневым моментом нового подхода становится представление о неравновесности. Причем неравновесности, не только ведущей к порядку и беспорядку, но, как утверждал И.Пригожин, и открывающей также возможность для возникновения уникальных событий, так как спектр возможных способов существования объектов в этом случае значительно расширяется (по сравнению с образом равновесного мира). В ситуации, далекой от равновесия, дифференциальные уравнения, моделирующие тот или иной процесс, становятся нелинейными, а нелинейное уравнение имеет более чем один тип решений. Соответственно, в любой момент времени может возникнуть новый тип решения, не сводимый к предыдущему, а в точках смены типов решений — в точках бифуркации — может происходить смена пространственно-временной организации объекта. «Можно сказать, — продолжает И.Пригожин, — что в равновесии материя слепа, а вне равновесия прозревает. Следовательно, лишь в неравновесной системе могут иметь место уникальные события и флуктуации, способствующие этим событиям, а также происходит расширение масштабов системы, повышение ее чувствительности к внешнему миру и, наконец, возникает историческая перспектива, т.е. возможность появления других, быть может, более совершенных, форм организации».

Часто приходится слышать возражения о том, что чрезмерное (!?) «офизичивание» геологии — науки исторической — неоправданно. В приведенной формулировке учебного эти сомнения развеиваются. И на самом деле, с этим и сталкивается геология, все многообразие объектов которой демонстрирует тенденцию к неукротимому совершенствованию во времени, дифференциации вещества и усложнению его организации. Уверенность в том, что аналитические приемы, основанные на классическом математическом обосновании причинных следствий, обязательно существуют, и определила стереотип «успешного» исследования. И не только в геологии. В 1986 г. произошло необычное событие. Сэр Джеймс Лайтхилл, ставший позже

президентом Международного союза теоретической и прикладной математики, сделал беспрецедентное заявление: он извинился от имени своих коллег-математиков за то, что «в течение трех веков образованная публика вводилась в заблуждение апологией детерминизма, основанного на системе Ньютона, тогда как можно считать доказанным, по крайней мере, с 1960 г. (т.е. с момента признания выдающихся заслуг И.Пригожина), что этот детерминизм является ошибочной позицией».

Современная тектоника и структурная геология утверждают, что геологические системы, приобретая более прихотливый узор, все более отдаляются от исходного упорядоченного состояния и хаотизируются. Соответственно процесс накопления деформаций (деформацию здесь можно было бы понимать буквально — как процесс утраты формы, как причину хаотизации) происходит в абсолютной шкале времени: энтропия таких систем, как и время, имеет четкий положительный вектор, «стрелу». Чем прихотливей деформационный узор, тем древнее и система. Стоит напомнить известный «научный» принцип Седерхольма — «у старого солдата больше шрамов, чем у молодого». Как видим, тектоника формирует исследовательскую тактику не только в области структурно-организационной, но и пространственно-временной (хроно-стратиграфической) систематики объектов, структурно-вещественных комплексов на «линейной» идеологии. Такая тактика реализована, например, в структурно-парагенетическом анализе метаморфитов, который, по мнению его идеологов, вроде бы позволяет использовать «шкалы» структурно-парагенетических эпизодов для возрастной корреляции.

Ретроанализ тектонической динамики, приведшей к накоплению деформаций, базируется на соблюдении принципа баланса как следствия закона сохранения в его геологическом выражении (в данном случае — сохранения суммы первичных и вторичных признаков постоянной в ходе эволюции закрытых систем). Подразумевается, хотя это и не всегда зафиксировано в доступных методиках, что сколь бы малым ни был объем первичных черт в объеме вторичных, реконструирование первых в рамках исходной (например, додеформационной) картины является корректным в принципе. Оно требует, вроде бы, лишь совершенствования приемов для палинспастических реконструкций, процедура которых определенно сходна с решением системы линейных дифференциальных уравнений. Таким образом, подчеркнем, что геологические, особенно динамические, модели в рамках современной парадигмы ориентируют на то, что, в принципе, существует процедура, с помощью которой можно устранить последствия хаотизирующей эволюции, влияние наложенных событий и сил.

Точно также строятся балансные петролого-геохимические модели (например, модель обогащенной и деплетированной мантии, основанная на соблюдении баланса элементов в исходной смеси; расчетные модели резервуаров на основе баланса материнских и дочерних изотопов; модели контаминации или дифференциации магматических масс в эндогенных резервуарах).

Поставим мысленный эксперимент: предположим, что под действием мощной энергетической накачки тектонический поток перешел порог образования вихрей и возникла складчатость и метаморфизм. Процесс остановился, и в таком виде все это предстало перед глазами геолога. Про-

изведя замеры сланцеватости, углов падения складок разных порядков, изучив особенности чередования полос и другие факторы, можно создать «стройную» схему того, как изначально пластовая залежь осадочных пород под воздействием внешних сил (с соответствующей симметрией) сминалась, несколько раз изгибалась в складки — иначе говоря, участвовала в процессах, происходивших только в воображении исследователя. Безупречный формализм структурного анализа порождает в нашем предполагаемом случае результат, не имеющий отношения к реальности. Почему это произошло? Потому что структурный анализ, как и современная геологическая парадигма в целом, молчаливо подразумевает, что мы имеем дело с пассивными системами, симметрия которых полностью определяется симметрией внешней среды. Фактически, линейно-актуалистическая парадигма современной геологии ориентирована на исключительный природный феномен, частный случай природной феноменологии: на объект минеральной природы, возникший либо в условиях термодинамического равновесия, либо в среде, передавшей свои свойства объекту пропорционально, в соответствии с линейными соотношениями параметров среды и свойств объекта.

По признанию академика В.Н.Страхова, 70% всех решенных им модельных задач применительно к нелинейным природным объектам были линейными. Простая линеаризация, вопреки распространенному мнению, проблемы не решает, а, например, для хаотически-детерминированных систем — их подавляющее большинство среди геологических структур — попросту утрачивает физический смысл. Выясняется, что геофизика с ее базовым аналитическим аппаратом в большей степени играет иллюстративную, но вовсе не ведущую роль в выборе тактики и стратегии геологического исследования, прежде всего, прогноза. Причина этого кроется в том, что для решения вопроса о зарождении и эволюции сложных структур (а точнее, причинах и механизмах их возникновения) традиционная методология не годится даже в самом улучшенном виде. Требуются иные принципы и основанные на них методы интерпретации геологических данных. Выход из этой ситуации вряд ли возможен без пересмотра подразумеваемых системных ограничений, присущих самому процессу исследования.

И что же тогда представляют собой активно разрабатываемые модели? Если модель не в состоянии дать новые сведения о явлении, тогда ее заменяют на вторую, третью и т.д., — но, в силу неадекватности исходных посылок, столь же неработоспособную, как и предыдущие. Эти модели, в конце концов, перестают выполнять предназначенную для них задачу — служить средством получения новых сведений об объекте — и начинают заменять собой в исследовательском процессе сам результат: поиск воспроизводимой информации об объекте. Модель, таким образом, приобретает самодовлеющее значение, из нее уже не возникает нового знания об объекте, а значит, этот синтетический образ перестает быть моделью — по определению. Более того, ради построения очередной модели приходится пренебрегать частью заведомо достоверной информации. Модель превращается в подобие муляжа (есть что-то внешне похожее, есть много достоверных деталей, но нет главного — представления о целом), что немедленно улавливает и практическая геология: она становится индифферентной к теоретическим изыскам, поскольку противоречие между характером динамической эволюции

геосистем и их модельным представлением приводит к неадекватному описанию.

Под неадекватным описанием здесь подразумевается не тот случай, когда два разных геолога составляют на одном объекте разные карты, структурные схемы и т.д. Причиной подобных наиболее распространенных конфликтов могут быть не столько расхождения в мировоззрении, принципиальная неполнота доступных исследователям фактов или их различная трактовка в рамках одной и той же концепции или парадигмы, — часто дать логически непротиворечивую теоретическую интерпретацию геологического объекта двум единомышленникам мешает как раз избыток фактов. Неадекватным же описание становится тогда, когда реальному объекту, испытывавшему один из двух эволюционных сценариев (всего двух: восходящего или нисходящего, конструктивно-усложняющего и деструктивно-деградирующего), «навязывается» версия эволюции, более привычная для исследователя, но чуждая системе. Речь, таким образом, должна идти не о разработке еще одной новой модели, а о создании нового подхода, нового научного принципа разработки самих моделей.

Не здесь ли и кроется причина того системного кризиса, которому обязана современная тектоника и металлогения отсутствием конструктивных идей на фоне довольно обильных дискуссий?

**«Аномалии» геологической парадигмы как признак кризиса геологии.** «Когда... аномалия, — пишет Т.Кун, — оказывается чем-то большим, нежели просто еще одной головоломкой нормальной науки, начинается переход к кризисному состоянию, к периоду экстраординарной науки. Теперь становится все более широко признанным в кругу профессиональных ученых, что они имеют дело именно с аномалией как отступлением от путей нормальной науки». Перечень аномалий классической геологии (геотектоники) настолько обширен, а их теоретический вес настолько высок, что большинство основополагающих гипотез, группировавших вокруг себя опыт геологов нескольких поколений, перестало адекватно описывать реальность. Это справедливо было отмечено Ю.М.Пущаровским, который на этом основании относит геодинамику к нелинейной, допуская, очевидно, что все возможности традиционного линейного ретромоделирования исчерпаны (*n*-ая модель в геотектонике—геодинамике не устраняет противоречий). А.Д.Щеглов и И.Н.Говоров не сочли возможным использовать существующие рудногенетические гипотезы с их бесчисленными аномалиями, не привлекая фантом мантии, в чем они также увидели проявление нелинейности природных процессов (неясно, правда, почему обращение к мантии как последнему средству для поиска выхода из тупика или неадекватность общепринятых гипотез должны доказывать нелинейность металлогении?).

Геологическая среда, как и все в окружающем мире, нелинейна. Именно нелинейность обеспечивает нам доступ к производным процессов миллиардной давности. Среду адекватно может описать только нелинейная (гео-) динамика. Это трюизм. Проблема в том, что к нелинейной природе до сих пор применялись исключительно линейные аналитические процедуры, в значительной степени себя исчерпавшие. Что во многом и определило кризисное состояние нашей науки.

Скепсис относительно возможностей существующих и даже пока несуществующих гипотез в рамках традиционной парадигмы геологии легко понять, так как число ано-

малий не уменьшается, а растет, — несмотря на то, что инструментарий геологической парадигмы, обслуживающий основополагающие концепции—модели, насыщается средствами современной электроники, а объем фактического материала увеличивается лавинообразно.

Любой кризис начинается с сомнения в парадигме и последующей дискредитации нормального исследования. О кризисе говорят сами аномалии, но особенно вески они тогда, когда возникает возможность их объяснения не в рамках традиционной парадигмы, а за их пределами, в контурах новой парадигмы. Таких примеров накоплено уже вполне достаточно. Назовем для примера лишь некоторые «тектонические аномалии», представив их в форме риторических вопросов, на которые в рамках существующей парадигмы нет и, по-видимому, никогда не будет опирающихся на физический смысл ответов. Итак, почему:

не повторяется в макроструктурах активнейшая динамика на микроуровне;

отсутствуют компенсационные пространства для складчатых зон;

существуют морфологически выраженные надвиги без признаков транспорта;

не приводит к образованию ступенчатых контуров на узорах следующего иерархического уровня плотная сеть дизъюнктивов;

возникают самоподобные иерархически организованные структуры;

практически полностью согласована вещественная дифференциация супракрустальных комплексов с элементами структурного узора: последний не аддитивен к веществу, а когерентен ему;

геохронометрически неразличимы заведомо разновозрастные события, совмещенные в пределах той или иной структурно-вещественной популяции;

складки знаменуют переход в более упорядоченное состояние;

линзы, как традиционные компоненты хаотических комплексов, формируют высокоупорядоченные самоподобные ансамбли в самых разных тектонических обстановках разного возраста;

складки и линзы образуют неразрывную систему, которая обладает сходными параметрами порядка;

структурно-вещественная эволюция тектоносферных ансамблей на щитах привела к их гомеостазису (устойчивой форме с признаками дальнего порядка), а не к хаотизации, потере формы, деградации?

Естественно, что полный перечень таких вопросов много шире приведенного. «Аномалии» подобного характера можно обнаружить практически во всех разделах теоретической геологии и геотектоники.

Изобилие «аномалий» не могло не отразиться на стереотипе успешного исследовательского результата: в нем значительное место стала занимать процедура «вынесения за скобки». Она выражается, например, в том, что для объяснения повышенных содержаний элемента привлекается идея привноса, а наоборот — выноса (за скобками — привязка к реально наблюдаемым структурно-вещественным неоднородностям). В случае, если геология отдельного блока не находит объяснения в рамках общепринятой региональной схемы, то привлекается идея террейна (установлен блок с непохожей для региона, «чужой», «неправильной» геологией — значит приключен извне). Процедура типичного вынесения за скобки — астроблемная версия

кимберлитов (упало, но могло и не упасть — за скобки вынесен поиск «земных» тектонических закономерностей) или трактовка периодичности осадконакопления как следствия неясных космических факторов. Типичный пример процедуры вынесения за скобки — введение новых названий в различных сочетаниях, которое, не проясняя ни одной из проблемных сторон геологии и даже не структурируя проблему по-новому, добавляет в них лишь шум (многочисленные террейны в различных геоструктурах и т.д.). По существу, речь идет об активной фантомизации геологии.

И в этом явные признаки кризисного состояния. В настоящее время геологические науки отстают от других естественных наук по скорости обновления понятийного аппарата согласно с достижениями в физике и математике. Отстают, следовательно, и в скорости прироста научных знаний, несмотря на лавинообразный рост эмпирической информации и числа новых терминов. Здесь было бы уместно привести довольно подробный комментарий А.Эйнштейна, авторитет которого в вопросах построения естественно-научных теорий почти абсолютен. Теоретик, полагает он, в качестве фундамента нуждается в некоторых общих предположениях, так называемых принципах, исходя из которых он может вывести следствия. Здесь не существует метода, который можно было бы выучить и систематически применять для достижения цели. Исследователь должен вывести у природы четко формулируемые общие принципы, отражающие определенные общие черты совокупности множества экспериментально установленных фактов, из которых были получены принципы. До тех пор, пока принципы, могущие служить основой для дедукции, не найдены, отдельные опытные факты теоретику бесполезны. Это объясняет причину того, что современная парадигма геологии не только не в состоянии предсказать появление ряда свойств изучаемых объектов (например, фрактальность, автоволны и др.), но даже оставляет многие установленные факты неустраиваемыми (например, вихревые структуры в литосфере, в горных породах). Таким образом, переход к новой парадигме предопределен.

Неким психологическим фоном переходного этапа намечаемой научной «революции» в современной геологии, как и в других естественных науках, служат явно доминирующие стереотипы мышления. В разной форме мы их уже касались: 1) многих пугал хаос; 2) случайность всячески изгонялась из научных теорий, мир рассматривался как независимый от микрофлуктуаций; 3) неравновесность и неустойчивость рассматривались как досадные неприятности; 4) развитие понималось как поступательное без альтернатив. Если и есть возвраты к старому, то они выступают как процедуры снятия наложенных событий (принцип Седерхольма). Все альтернативы поглощаются главным течением событий; 5) мир жестко связан линейными причинно-следственными связями, причем следствие, если и не тождественно по величине причине, то хотя бы должно быть пропорционально ей.

В результате в поле зрения ученых обычно оказывались околоравновесные условия, в которых система однозначно реагирует на не слишком сильное возмущение, возвращаясь в состояние равновесия. При этом частицы, составляющие систему, взаимодействуют только на близких расстояниях и «ничего не знают» о частицах, расположенных достаточно далеко («ближний порядок»). В таких условиях вполне адекватна модель изолированной, замкнутой

системы, термодинамически равновесное состояние которой — состояние максимального хаоса. По мере того как становилось ясно, что традиционная имитация многих геологических процессов попросту невозможна, возникла потребность в новых понятиях и концепциях. Поиск этих концепций, непротиворечивого понятийного аппарата, единой геологической системы мер, стиля мышления, наконец, новых парадигм, новых познавательных моделей, — это основные задачи теоретической геологии. Он ведется на разных направлениях. Одно из наиболее активных связано с развитием теории самоорганизации (синергетики) и опирается на исследование параметров порядка в сложных системах.

**Геология и «новый диалог с природой». Геологическая самоорганизация — ресурс новых идей.** Синергетику и определяют как науку о самоорганизации или, более развернуто, о самопроизвольном возникновении и самоподдержании упорядоченных временных и пространственных структур в открытых нелинейных системах различной природы. В описании процесса образования когерентной световой волны Герман Хакен на примере лазера иллюстрирует важнейшие понятия — принципы синергетики. Накачка энергии означает, что рассматриваемая система открытая, т.е. имеет место интенсивный приток энергии извне, а также оттоки энергии. Система реагирует нелинейно, т.е. переход от неорганизованного поведения атомов к слиянию их излучения в когерентную световую волну происходит не плавно, в линейной пропорции к увеличению энергии, а скачкообразно — в момент, когда приток энергии превысит определенный барьер. Разрозненное и неупорядоченное поведение отдельных атомов соответствует хаотическому состоянию системы, макроскопическому хаосу, из которого путем фазового перехода рождается порядок. Для всякой системы можно определить параметры порядка, позволяющие описать ее сложное поведение достаточно просто, а также выбрать определенные контролирующие параметры, при изменении которых существенно изменяется макроскопическое поведение системы. Параметры порядка подчиняют себе поведение отдельных элементов системы, в чем и выражается введенный Г.Хакеном принцип подчинения.

Понятно, что структурообразование в сложных природных системах, таких, например, как геологические — это многоуровневый процесс. Попытка найти реальную причину процесса структурообразования на том же уровне, где зафиксирована конкретная структура, приводит нас к научному заблуждению. Нужно находить в части элемент целого. Именно он и является ключом к пониманию структуры, прогнозу ее свойств и динамического поведения.

Термин синергетика акцентирует внимание на согласованности взаимодействия частей при образовании структуры как единого целого. Синергетика открывает принципы сборки эволюционного целого из частей, формирования сложных структур из относительно простых, устойчивого совместного развития, коэволюции систем. Перечень идей, формирующих синергетику как парадигму, с необходимостью включает нелинейность, самоорганизацию, открытость системы, ее неравновесность и др. Системы, составляющие предмет изучения синергетики, могут быть самой различной природы и содержательно, и специально изучаются различными науками, например, физикой, химией, биологией, математикой, геологией, экономикой, социологией (перечень легко можно продолжить). Каждая

из наук изучает «свои» системы своими только ей присущими методами и формулирует результаты на «своем» языке. Сжать информацию до разумных пределов можно различными способами. Вместо большого числа факторов синергетика рассматривает немногочисленные параметры порядка, от которых зависит состояние системы и, которое, в свою очередь, влияет на параметры порядка.

В отличие от традиционных областей науки синергетику интересуют общие закономерности эволюции (развитие во времени) систем любой природы, что особенно привлекательно для геологии. Отрешаясь от специфической природы систем, синергетика обретает способность описывать их эволюцию на языке математики и физики, устанавливая изоморфизм явлений, изучаемых специфическими средствами различных наук, но имеющих общую модель, или, точнее, приводимых к общей модели. Синергетика основана на идеях системности или целостности мира и научного знания о нем, общности закономерностей развития объектов всех уровней материальной и духовной организации, нелинейности развития, глубинной взаимосвязи хаоса и порядка, случайности и необходимости.

Помимо всего этого синергетика может сказать *чего* в принципе не может быть, т.е. сформулировать некие эволюционные правила запрета или ограничения для творческого произвола, чем пересыщена геологическая исследовательская среда. Знание ограничений, того, что в принципе не реализуемо, — это само по себе уже достаточно важное знание. Для геологии с типичной для нее тенденцией к конструированию разветвленных генетических гипотез это весьма актуально. Синергетика показывает, как в результате жесткого отбора происходит выход на относительно простые и устойчивые структуры.

Изложенное позволяет более четко представить объекты синергетики. Ими являются, как мы теперь знаем, структуры, возникшие в процессе кооперативного поведения микрочастей в целях оптимальной диссипации поступающей извне энергии. Физический смысл процессов образования диссипативных макроструктур состоит в стремлении с помощью более совершенной организации (структуры) адаптироваться к новым условиям. Соответственно, такая адаптация сопровождается изменением (понижением) симметрии при переходе из прежнего более простого к будущему более сложному состоянию. Это достигается кооперативным поведением ряда микропризнаков, включая молекулы, в нелинейной динамической среде. Такое поведение, как отмечалось, при достижении некоего порога насыщения приводит к самоорганизации, возникновению принципиально новых качеств и свойств, прежде всего, в *макроформах*.

Вот какими макросвойствами могли бы обладать в таком случае геологические объекты, в отношении которых на определенных, даже самых ранних стадиях изучения может быть поставлен вопрос о принадлежности их к объектам синергетики (диссипативные структуры):

негауссовый (логнормальный,  $q$ -нормальный, бимодальный и др.) характер кривых распределения, свидетельствующий, что исследуемый параметр может оказаться в когерентных отношениях с некоторыми другими;

наличие низкосимметричных, порой весьма неординарных структурных узоров: ячеистого (вспомним базальтовые колоннады), чешуйчато-линзового, как для большинства архейских структурно-вещественных комплексов, «паркетовидного», характерного для некоторых площадей

Венеры, а также муаровых, вихреобразных, разнообразно проявленных квазирегулярных;

переходы от простых к сложным типам узоров, сопровождающиеся не понижением, а увеличением упорядоченности состояния;

широко проявленная симметрия подобия (масштабная инвариантность, скейлинг) как признак системной иерархии — важнейшего свойства упорядоченных состояний, прежде всего живого;

когерентное поведение подсистем. Особое значение имеют те из них, которые традиционно относятся к разновременным: «первичным» (состав и вещественная организация) и «вторичным» (складчатость, разрывная сеть), иными словами, «осадочных» и «тектонических» подсистем;

признаки «парадоксальной» тектоники и стратиграфии, например, консервативность (гомеостазис) во времени контуров тектонических ансамблей, отсутствие признаков значительного латерального транспорта при наличии явных элементов морфологических надвигов и признаков активной динамики на микроуровне, отсутствие каких-нибудь признаков «перемешивания» слоев, зональности на фоне очень сложного складчатого узора и обилия разрывных нарушений;

признаки длительного («многоактного») развития, наличия нескольких последовательно-дискретных эпизодов, ожидаемый интегральный эффект которых также не приводил к разупорядочению, деградации. Например, серия последовательных событий: образование слоистой серии—образование складок—пегматиты—диабазы—разрывы никак не искажила характерного иерархически-линзового ансамбля на архейских месторождениях железистых кварцитов. Это очень близкородственная ассоциация, иными словами *структурно-вещественная популяция*, существование которой может иллюстрировать геологический смысл внутреннего и абсолютного времени, непонимание которого порой приводит к конфликту между прямыми геологическими наблюдениями и изотопными определениями возраста;

принадлежность объекта к детерминированно-хаотическим системам, выявленная с помощью анализа пространственного (временного) распределения какой-нибудь переменной содержания минерала, числа прослоев определенной породы или даже количества породных граней на единицу длины разреза и др.

Раскрытие геологической сути этих признаков, а также их анализу при решении традиционных геологических задач и посвящена книга авторов настоящей статьи «Самоорганизация минеральных систем».

**Построение книги.** Применение концепции самоорганизации (или нелинейной геодинамики, — если говорить о геологической среде) как современной методологической основы научных исследований может быть эффективным, с точки зрения авторов статьи, лишь при условии соответствующего мировоззрения исследователя. Опыт общения с коллегами разных уровней подготовки показал, что попытки проинтерпретировать результаты в духе «новой парадигмы», не корректируя традиционно установившихся представлений о сущности процессов, их механизмах, причинности и других факторов, в итоге только усугубляют противоречивость результатов, а конкретное применение понятий в духе теории самоорганизации, непривязанное к реальным задачам и обстановке, или их некорректный комментарий отторгает основную массу специа-



листов от идей «нового диалога с природой» как от очередной малополезной зауми. Формирование же мировоззрения должно опираться на знание и традиции. Авторы, приступая к своей работе над книгой, отчетливо понимали, что ни того, ни другого пока явно не достаточно.

Именно поэтому в начале книги наблюдаются попытки показать, в чем гносеологические корни кризиса и каковы пути выхода из него. Об этом основная часть настоящей статьи. Специальная глава рассматриваемой книги «Словарь синергетики» построена так, чтобы на конкретных примерах, в основном, из собственной геологической практики, разобрать ключевые понятия теории самоорганизации, такие, как организация и самоорганизация, консервативные и диссипативные системы, нелинейность, бифуркации, симметрия, отбор, аттракторы, автоколебания и автоволны и др. Опыт приобщения к новым идеям, осознания бесполезности каких-либо усилий по улучшению и совершенствованию традиционных геологических методов показал, что убедительнее всего оказываются те примеры, которые знакомы геологу почти с вузовской скамьи, с которыми он имел дело в повседневной работе.

Особое внимание в книге обращается на геологические фракталы как части традиционного структурно-геологического изучения наблюдаемых узоров различной природы и вещественного наполнения. Нам часто говорят: «Да, весь мир фрактален, но ведь и эвклидова геометрия по-прежнему актуальна». Это бесспорно, но, как отметил сам Бенуа Мандельброт, если вам не надо знать, чем отличается одна поверхность от другой, накройте их фольгой и для обеих получите топологическую размерность 2, как для любых поверхностей. Но если Вы хотите сравнить их по структуре обработки, пористости и другим параметрам, то без фрактальной размерности не обойтись. Эвклидова геометрия не в состоянии различать узоры береговых линий — для всех континентов в таком случае их размерность будет равна единице. Не будут отличаться склоны гор, рельеф карстовых и некарстовых областей — топологическая размерность этих так непохожих природных фигур будет в любом случае равна трем. Как ни удивительно, первыми это массово осознали даже не геологи или топографы, а художники, специалисты по компьютерной графике, создатели фантастических фильмов — только посредством фрактальных изобразительных технологий могут быть получены сколько-нибудь реалистичные изображения каких угодно ландшафтов.

В принципе, задача практического геолога состоит в отыскании на однородном фоне наиболее контрастной и упорядоченной (дифференцированной) зоны. Таким образом, введя выраженную посредством фрактальной размерности меру организации, например, результатов опробования по разрезу, данных магнитного каротажа, профильных или площадных геофизических съемок и других, можно напрямую подойти к решению этой задачи коротким и экономным путем. Тем более, что иных эффективных способов решения таких задач среди огромного арсенала поисковой геологии не существует.

Реконструирование геодинамических обстановок во фрактальных средах требует серьезного ограничения творческого произвола, так как достаточно трудоемкие ретромоделли оказываются жертвой некорректного подхода. Например, оказалось, что некорректно использовать полосовые магнитные аномалии для определения величины спрединга океанического ложа, если полосы обладают четким фрактальным узором. Соответственно, не коррек-

тны координатные палеотектонические реконструкции, сделанные по данным измерений остаточной намагниченности, если в организации магнитного поля Земли обнаруживается детерминированный хаос.

Особого внимания заслуживают полосчатые (сложно-слоистые) толщи. Это не только традиционно привлекательная для геологии проблема, но это и ключ, определяющий жизнеспособность классической геологической парадигмы. И здесь существуют достоверные способы доказать, что ансамбль из чередующихся полос может оказаться внутренне упорядоченным, а также выяснить, является ли он производной хаотической динамики с фрактальным аттрактором или же он результат самоорганизованной критичности. В соответствующих разделах книги эти вопросы в доступной форме обсуждаются.

Проблеме хаоса—порядка в монографии посвящены главы IV и V. В них подробно раскрывается природа некоторых реальных структурных узоров. Парадоксальным с точки зрения традиционной геологии является наш вывод о том, что складчатость в джеспилитах и других метаморфических породах представляет собой результат автоволновой хаотической динамики — такой вариант структурообразования современная тектоника не рассматривает совсем, поскольку с ее точки зрения складкообразование способно только хаотизировать первоначальный порядок в строении плоскостной толщи. На самом же деле имеет место упорядочение, сопровождающее хаотизацию, а точнее, сам хаос предстает как сверхсложная организация.

В практике поисковой геохимии существуют приемы использования теории информации для оценки степени упорядоченности геохимических ансамблей. Идея метода исходит из наличия аналогии между информацией Шеннона и статистической энтропией Больцмана: чем больше информация (энтропия), тем меньше порядка. При изучении железистых кварцитов Печегубского месторождения авторам пришлось столкнуться с тем, что такая трактовка информации Шеннона входит в явное противоречие со всеми другими данными. И только познакомившись с работами Ю.Л.Климонтовича по теории хаотических (турбулентных) структур, мы поняли, почему для геологических систем результаты обработки данных этим способом дают порой не просто неверный, а прямо противоположный результат. Введение соответствующих поправок все расставило на свои места: более высокоорганизованные складчатые толщи характеризуются большей упорядоченностью абсолютно всех их характеристик: текстура, состав самой породы и слагающих ее минералов, физические свойства породы и минералов и др. И только после того, как это было осознано, массивы геохимических данных смогли быть использованы для анализа организации потенциально рудоносных комплексов на количественной основе (идеальная форма участия теоретической геологии для решения практических технологических задач).

Использование синергетических принципов геологического исследования можно было бы считать успешным в случае довольно широкого диапазона научного преломления идей теории самоорганизации в традиционные дисциплины и направления рудно-геологической проблематики. Авторы не определяли этот диапазон как-то особо и не ограничивали его ни снизу, ни сверху. С самого начала работы над проблемой они четко представляли, что главная задача — максимально полно раскрыть свойства дис-

сипативных геологических структур с помощью наглядных примеров. Это, в конце концов, дало возможность синтезировать следующее теоретическое положение, своеобразный итог нашей работы: *все изученные тектоноферные ансамбли, независимо от масштаба, возраста и географической привязки, характеризуются структурным гомеостазисом, фрактальностью узоров и дальним порядком в организации подсистем.*

Выбор технологии и тактики геологического исследования, независимо от его объекта, задачи, масштаба и направления, вытекают из этого основного положения, иллюстрация которого дала возможность уверенно определить относительно ряда канонических позиций геотектоники и геодинамики, геологии и металлогении докембрия, структурной геологии, петрологии и генетической минералогии, что, по-видимому, может служить лучшим поводом, мотивацией для активного приобщения геологов самого широкого спектра интересов к новым идеям для решения *традиционных*, мы бы даже сказали, *стандартных* задач.

Вот, в частности, какие выводы, касающиеся традиционной докембрийской проблематики, авторы статьи были просто обязаны обозначить в процессе системного изучения архейских структурно-вещественных комплексов:

1. Подавляющее большинство рассмотренных объектов несет признаки когерентного поведения своих подсистем. Только этим можно объяснить, почему динамика на микроуровне не накапливалась и не передавалась на макроуровень. Рассмотренные тектонические ансамбли, иллюстрируя проявление кооперативной динамики (своеобразный тектонический гомолог структур Бенара), являются субъектами когерентной, или нелинейной. Это кардинально меняет исследовательскую тактику тектонического анализа.

2. В архейских тектонических ансамблях доминирует автоволновая складчатость, а не пассивная или вынужденная, как принято считать в современных тектонических обобщениях, что в корне меняет представление о динамике формирования архейской тектоноферы и позволяет распространить этот вывод и на фанерозойские тектонические системы.

3. Ни один вид координатных тектонических реконструкций (типа палинспастических, стрейн-аналитических и др.) к данному типу ансамблей неприменим — в системе не происходит ожидаемого накопления деформаций относительно некоего недеформированного эталона (если таковой вообще существовал в природе), зато все изменения происходят кооперативно, что в полной мере относится и к палеомагнитным реконструкциям, поскольку в организации (электро-)магнитных полей прошлого устанавливаются явные черты автоволновых процессов.

4. Ни один из общепринятых вариантов глобального структурирования тектоноферы по принципу пассивного накопления деформаций, равно как и основанный на нем «транспортный» эффект применительно и к щитам, и к складчатым поясам не подходит. Это относится как плем-тектонической концепции, так, и даже в большей степени, к плит-тектонической.

5. В качестве альтернативы предложена перколяционная модель тектоноферных процессов, которая не является

модификацией какой-либо из названных и учитывает главные свойства тектоноферы — гомеостазис, фрактальность и дальний порядок.

Здесь следует обязательно подчеркнуть очень важное обстоятельство: *ни одним* ранее установленным или известным свойством нам не пришлось жертвовать при формировании этих выводов. И наоборот, не привлекалось то великое множество допущений и оговорок, которые обычными концепциями раннего докембрия (да и многими другими тектоническими и металлогеническими доктринами), так как без привлечения таких допущений и оговорок, в которых даже достоверная информация оказывается не востребуемой или вовсе «вредной», эти концепции попросту рассыпаются.

Авторы сочли очень важным привести данный, далеко не полный перечень сделанных выводов для того, чтобы продемонстрировать широчайший диапазон, в котором нам удалось проследить означенный принцип формирования геологических структур и показать, что синергетические принципы охватывают весь обозримый масштаб геологического структурирования, а не только уровни микро- и космомира. Нам показалось, что это лучший путь для того, чтобы сказать об эффективности новой парадигмы геологии.

Ближайшее будущее геологии — адаптация теории диссипативных структур к традиционному геологическому анализу, формирование научно-методологической основы новой геологической технологии. Трудно вообразить, что, по существу, первое подобное издание, ориентированное не только на изложение собственных удивительных впечатлений от приобщения к новому пониманию минеральной природы — такие работы уже есть в отечественной литературе, — но и на создание геологического пособия, исчерпает проблему. Авторы учитывали, что читателями книги будут геологи разного профиля и не готовили ее специально для геологов-прикладников, «вещественников», теоретиков-рудников, тектонистов-структурищиков или геологов-съемщиков. Мы сравнительно недавно сами усвоили, что мотивы и принципы организации макроструктур — вплоть до структур субконтинентального или даже планетарного уровня — останутся непонятными, если поведение вещества на минеральном и породном уровне исследования не окажется в нашем поле зрения, что, собственно говоря, и не может быть по-другому, поскольку, согласно теории сложных структур И.Пригожина, образование макроформы (структуры) является следствием «кооперативного взаимодействия микро-частей, вплоть до молекул».

Естественно, что обращение авторов к идеям синергетики вовсе не означает, что многие известные законы геологии неверны. Оно лишь означает, что трудно обнаружить все скрытое в них. Множества возникших моделей явно недостаточно, они лишь затемняют те проблемы, которые им следовало бы осветить. Знание, в конце концов, добытое столь дорогой ценой, нужно для того, чтобы отыскать существенное и представить его «в двух словах».

Новый принцип построения исследовательской стратегии и тактики, ориентированный на системное изучение геологических объектов в нелинейной динамической среде, учитывает это полностью.