

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ (МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ)

*В.Ю. Забродин*

Анализируются методологические принципы, используемые при исследовании геологических объектов, представляемых в качестве статических, динамических и ретроспективных систем. Указываются недостатки существующих разработок. В дальнейших исследованиях предлагается использовать положения общей теории систем Ю.А. Урманцева и принципы исторических реконструкций С.В. Мейена. Основную теоретическую модель автоколебательной (саморегулирующейся) динамической системы в геологии предлагается построить на основе модели идеального ледника.

**Ключевые слова:** геология, система, методология, принцип, модель

Литература, посвященная системному подходу (системному анализу, общей теории систем – ОТС), в том числе и в геологии, насчитывает десятки тысяч источников. Поэтому настоящая статья, несомненно, чего-то не учитывает, особенно в отношении работ 90-х годов.

Ю.А. Косыгин и В.А. Соловьев [1] предложили рассматривать геологические системы трех типов: статические, динамические и ретроспективные (среди последних – генетические, исторические и эволюционные). Статические системы – это тот геологический мир, который мы наблюдаем в настоящее время без учета происходящих в нем перемен. Динамические системы – это геологические процессы, протекающие «на наших глазах», в геологическом пространстве и физическом (обыденном) времени. Ретроспективные системы – продукт теоретической реконструкции; время, которое в них фигурирует («геологическое время»), – это некий логический конструкт, фактически – пространственные отношения между геологическими объектами, описанные в другой терминологии.

Предложенное разделение (с некоторыми оговорками) было принято в большинстве работ по теоретической геологии в СССР, а затем в России. Если оценить содержание сборников материалов Всесоюзных совещаний «Системный подход в геологии: теоретические и прикладные аспекты» [2], то обнаружится, что подавляю-

щее большинство геологов сводили системный подход лишь к обоснованию целостности геологического объекта и противопоставлению его вмещающей среде. Нередко под системным подходом понималось просто некоторое упорядочение (систематизация) имеющегося материала или комплексность исследований. Ясно, что это имеет отдаленное отношение к собственно системным исследованиям.

Между тем еще задолго до возникновения идей ОТС [3] в геологии (минералогии) были выявлены и исследовались такие свойства объектов, которые ныне [4] считаются системными: полиморфизм, изоморфизм, изомерия (диссизомерия, энантиоморфизм) и симметрия. В изучении последней минералогическая кристаллография вообще добилась больших успехов, впервые в науке использовав в качестве математической модели теорию групп.

Посмотрим, какие же собственно системные свойства присущи моделям указанных типов. Это имеет и общеметодологическую значимость, поскольку вполне очевидно, что такие модели строятся в любой науке, в которой есть историческая составляющая: географии, биологии, истории общества, лингвистике. Проблема онтологического статуса систем вызвала в свое время оживленную дискуссию [5]. Поэтому будем лишь иметь в виду следующее: подразумевается, что системное представление объекта исследования дает определенные преимущества в теоретическом анализе, так как опирается на некоторые онтологически присущие объекту свойства и характеристики, позволяющие получить *наибольшее количество* интересных именно *данную науку* знаний об объекте. Ниже я опираюсь на вариант ОТС Ю.А. Урманцева как наиболее полно разработанный.

По Ю.А. Урманцеву [6], *любой объект может быть представлен как система и включен в систему объектов того же самого рода*. Можно полагать, что системное представление геологического объекта включает

– перечень первичных элементов и/или компонентов (подсистем). Для геологии это традиционное описание вещественного состава геологического тела;

– указание отношений (в том числе взаимодействий) между элементами или компонентами, т.е. описание структуры геологического тела. Для твердых геологических тел такая структура, видимо, является, как минимум, двухуровневой [7];

– задание закона композиции. В большинстве случаев это может сводиться к указанию граничных условий действия структурообразующего отношения.

Кроме того, я думаю, что для геологических объектов необходимо еще охарактеризовать

- тип организации (централистский или скелетный [8]);
- внешнюю форму (для твердых геологических тел).

В силу вышеуказанного основного утверждения ОТС Ю.А. Урманцева объект может быть представлен в виде системы множеством различных способов. Абсолютное большинство таких представлений тривиально и не влечет за собой выявления каких-либо важных свойств объекта и его отношений с другими объектами. Однако можно полагать, что столь сложным объектам, как геологические, имманентно присущи некоторые характеристики, наиболее адекватно выражаемые в системном представлении. Так, геологические тела минерального уровня организации являются наиболее удобными представлениями в качестве первичных элементов горно-породного тела (как это имеет место в петрографии), рассматриваемого как объект-система. Системное представление самих тел минерального уровня (кристаллов) сейчас вполне сложилось, оно зачастую служит неким образцом для исследования более крупных геологических объектов.

### Статические системы

Для статических систем наиболее очевидным является изучение пространственных структур. Основные достижения здесь связаны с системами, первичные элементы которых имеют плоскую форму (слой, пласт) и расположены последовательно друг на друге [9]. Они могут быть *слоистыми* (осадочные, вулканогенно-осадочные породы и формации), *квасислоистыми* (расслоенные магматические тела, структурные ярусы, или этажи) и *псевдослоистыми* (метаморфическая полосчатость, пакеты тектонических покровов). В.А. Соловьев показал, что слоистая структура формально аппроксимируется отношением нестрогого порядка: лежать выше (ниже) или находиться на одном уровне. Точно так же аппроксимируется отношение возрастной последовательности: раньше (позже) или одновременно. Именно это, в соответствии с законом Стенона, определяет изоморфизм между слоистой структурой и временной последовательностью [10], на чем строится большая часть стратиграфии. Для ква-

зислоистой структуры это верно во многих случаях, для псевдослоистой – только тогда, когда она наследует или воспроизводит слоистую.

Структура – лишь один из атрибутов системы, но почему-то никто не рассматривал геологическую систему, обладающую слоистой структурой, *в целом* (во всем многообразии ее свойств). Такими системами в первую очередь являются тела осадочных и вулканогенно-осадочных формаций. Характерные примеры систем этого типа с многоуровневой слоистой структурой – циклические, которые неоднократно исследовались с самых различных позиций, в первую очередь для стратиграфических целей [11]. Но и эти исследования (несмотря на полученные удовлетворительные прикладные результаты) являются односторонними, ни в одном из них не выделен весь комплекс системных свойств циклитов, хотя здесь можно рассчитывать получение интересных (хотя бы в теоретическом отношении) результатов.

Напомню некоторые исходные понятия ОТС Ю.А. Урманцева. Понятие *симметрии*, развитое в кристаллографии, практически без изменений применяется в ОТС. Свойство симметрии (и тесно связанная с ним диссимметрия П. Кюри) довольно широко использовалось при анализе геологических объектов разнообразной природы: складок и дизъюнктивов, их ансамблей, вулканов, барханов и др. *Изомерия* «есть система объектов одного и того же рода, состоящая из объектов-систем, одинаковых по составу – числу и виду – “первичных” элементов, но различных по взаимоотношениям последних» [12]. Понятия поли- и изоморфизма перешли в ОТС со значительными изменениями из кристаллографии [13]. «*Полиморфизм* – это выделенное на основании определенного набора признаков множество объектов, различающихся по числу и (или) отношению “строющих” их элементов» [14].

С понятием изоморфизма уже на самых ранних стадиях изучения этого свойства произошла путаница. Первоначально, по Э. Митчерлиху (1819 г.), изоморфизм означал способность минералов смешанного состава образовывать одинаковые кристаллы. Позднее в минералогии изоморфизм стали определять и как явление, «выражающееся в свойствах, или способности, хим. элементов (атомов) замещать друг друга в к-лах и м-лах... В физ. химии оно заменяется понятием твердый раствор» [15]. Против такого смешения понятий возражали неоднократно геохимики и кристаллографы [16].

Ю.А. Урманцев [17] вводит понятие «*системный изоморфизм*», обозначающее отношение (взаимно-однозначное соответствие между объектами-системами одной и той же системы объектов того же рода), обладающее свойствами рефлексивности и симметричности. С точки зрения теории отношений, это толерантность [18]. Добавление свойства транзитивности позволяет включать в системный изоморфизм эквивалентность, равенство, тождество, что напрямую связывает ОТС с теорией классификаций. Опираясь на приведенные определения, нетрудно видеть, что минералы смешанного состава и твердые растворы – это полиморфические модификации (прерывные и непрерывные ряды, между которыми можно установить отношения изоморфизма).

Ряды полиморфических модификаций минералов могут быть как неизомерийными (плагиоклазы), так и, по-видимому, изомерийными и изомерийно-неизомерийными (амфиболы, пироксены). Выявление изомерии – важнейшая часть системного анализа, а изучение изоморфизмов между изомерийными рядами влечет за собой открытие различий в свойствах изомеров там, где они раньше не замечались (т.е. мы можем получить новые знания о свойствах геологических объектов в тех случаях, когда об этом и не догадывались). С рядами полиморфических модификаций минералов могут быть сопоставлены ряды горных пород: кластические терригенные породы (песчители-пелиты, которые наглядно представлены во флишевых многослоях); пелитовые – хемогенные породы (аргиллит – мергель – известняк); магматические породы нормального ряда (ультраосновные – ультракислые) с ответвлениями в щелочные и другие ряды по каким-либо химическим компонентам, например ряды пироксенит – габбро, горнблендит – роговообманковое габбро и т.д. Пример выявления изоморфизма для платформенных систем на уровне геологических комплексов продемонстрировал В.А. Соловьев [19].

Для геологических систем важную роль играет *тип организации*, у твердых геологических тел непосредственно связанный с их внешней формой (фигурой). По А.А. Богданову [20], в системах централистского типа центр «сильнее» периферии и силой связей удерживает последнюю в рамках единой структуры, обеспечивая целостность системы в среде. В этом случае фигура определяется особенностями структуры вблизи границ системы – как геометрическое место точек обрыва связей или прекращения действия отно-

шений между первичными элементами (фазовая граница, например вода и лед). Организацию централистского типа имеют вулканические постройки (особенно ярко выраженные у вулканических конусов с их периферией) и, видимо, тела, «вырезаемые» в геологическом пространстве поверхностями несогласий. При скелетном типе организации периферия системы «сильнее» центра, она принимает форму жесткой оболочки (раковина и ее обитатель). В этом случае форма системы онтологически жестко задана оболочкой, видимо, полностью отделимой и от системы, и от среды. Таковы дизъюнктивные тела, твердые геологические тела по отношению к жидким и газообразным включениям.

Возможно, со способом организации связано и разрушение (кризис, по А.А. Богданову) системы. Централистская система скорее всего будет разрушаться (при внешних воздействиях, превышающих силу структурных связей) постепенно, а скелетная – по типу взрыва. Так, если вулканическая постройка в целом имеет централистский тип организации и разрушается со временем под действием экзогенных процессов, то ее жерловина может рассматриваться как система скелетного типа (жесткая застывшая оболочка и жидкое магматическое ядро). Попытка освободиться от оболочки вызывает реакцию системы по принципу Ле Шателье: система восстанавливает ее, пока в состоянии это делать; если воздействие превышает некоторый предел, система прекращает существование и переходит в состояние, соответствующее иной системе.

Из систем с иными (не сводящимися к слоистым) типами структур достаточно хорошо исследованы пликативные (складчатые). Для систем со структурами пересечения (дизъюнктивной и инъективной) возникают содержательные сложности [21], которые можно обойти неким формальным путем. Эквивалентность для структуры с отношением пересечения устанавливается только посредством совместного анализа ее и слоистой структуры (по отношению к какому-либо одному уровню последней). Это подчеркивает ведущую роль слоистой структуры в геологических системах. Системы с дизъюнктивными структурами описаны мною ранее [22], задача полного исследования систем с инъективными и иными (контактирование, включение и т.д.) структурами пока не ставилась.

### Динамические системы

В 70–80-е годы динамические системы интенсивно исследовались и в большинстве случаев считались кибернетическими, что для неживой природы методологически неточно (кибернетические системы, по определению Н. Винера и А.А. Богданова [23], – это системы с управлением). Главная особенность таких систем заключается в том, что они *в принципе* доступны непрерывному наблюдению в сравнительно (с человеческой жизнью) небольшие временные интервалы. Вопрос в том, что *действительно ли* непрерывному? Ведь самое главное в исследовании развивающихся (или движущихся) систем – это отождествление объекта с ним самим в разные моменты времени. Особенно это сказывается, если объект в процессе эволюции (или просто в динамике) приобретает разные формы (полиморфизм динамической системы).

С.В. Мейен показал, что реально мы почти никогда не можем вести непрерывное наблюдение меняющейся системы, – в процессе исследования мы связываем различные статические состояния объекта в непрерывную эволюционную последовательность, основываясь на принципе процессуальных реконструкций («принцип Бергсона»). «При актуалистических интерпретациях мы часто забываем, что обращаемся не к протоколам наблюдений над современными процессами, а к сделанным на современном материале ПР (процессуальным реконструкциям. – В.З.). Мы говорим о том, что используем здесь данные динамической геологии, считая ее результаты прямыми наблюдениями, хотя в подавляющем большинстве это – ПР» [24]. Разновидностью процессуальных реконструкций, по-видимому, является эргодическая гипотеза [25] в виде, подобном тому, что был использован для построения диаграммы Герцшпрунга – Рассела в астрономии [26].

А.М. Боровиковым, В.И. Громыко и мною [27] рассмотрены три модели (в качестве кандидатов на роль «идеального объекта» в теории динамических систем), которым присуще явление саморегуляции процесса. Первая («лавина») – модель самоусиливающегося процесса с положительной обратной связью. Вторая («изостазия») – модель самокомпенсирующегося процесса (самоуравновешивающиеся, или авторегулирующиеся, системы) с отрицательной обратной связью. Наиболее сложная модель – третья («гейзер»), характеризующая автоколебательный процесс в самом обобщенном смысле

ле. Здесь имеет место отрицательная обратная связь с некоторым запаздыванием (инерцией), что влечет за собой перекомпенсацию отклонений. Из-за этого возникают отклонения обратного знака, которые вновь компенсируются той же или другой обратной связью, инерция связей снова приводит к перекомпенсации и т.д. Так как положительные и отрицательные отклонения сменяют друг друга, происходит автоколебание. Существуют импульсные автоколебательные системы, в которых самоуправление производится поочередно положительной и отрицательной обратными связями; можно считать, что в таких системах действует еще одна отрицательная дискретная обратная связь, но более высокого ранга, которая управляет первыми двумя связями, а не самим процессом. Очевидно, что в модели импульсной автоколебательной системы поочередно реализуются модели «лавиного» и «изостатического» типов.

Модель импульсной автоколебательной системы теоретически и экспериментально исследована А.В. Лукьяновым [28] на примере импульсного осадконакопления. «...В большинстве случаев геологи либо только констатируют и детально описывают поразительную ритмику в развитии геологических процессов, либо пытаются объяснить ее возникновение периодическими изменениями внешних условий. Попытки обнаружить собственные колебания в геологических процессах и выяснить их причину встречаются не так уж часто» [29]). Наибольший интерес для системно-теоретического анализа представляют наблюдения над природным объектом – ледником [30].

Ледник, существующий в нормальных условиях, т.е. если отсутствует как прогрессирующее потепление (тогда ледник тает и постепенно исчезает), так и прогрессирующее похолодание (тогда он растет), очевидно, представляет собой импульсную автоколебательную систему. Геологи далеко не всегда вспоминают, что ледник – горнопородное тело, правда довольно специфическое. Оно сложено мономинеральной горной породой – льдом. Такое тело чрезвычайно удобно для анализа динамических систем, так как практически все процессы его образования, формирования структуры и формы, эволюции, усложнения, разрушения, перехода в иные формы существования доступны действительно *непрерывному* натурному наблюдению, в том числе с использованием различных приборов (т.е. здесь не требуется осуществлять процессуальные реконструкции).



Формирование ледника как горно-породного тела начинается с конденсации водяного пара в атмосфере. Капельки воды замерзают и превращаются в снежинки, которые опускаются на поверхность. Снег, уплотняясь, превращается в фирн, а затем в собственно ледниковый лед. Весь этот процесс совершенно аналогичен формированию тела, скажем известняка или кремнистой породы (выпадение осадка из раствора – литификация – катагенез). Очевидно, если считать, что капелька воды сконденсировалась не сама по себе, а на какой-либо примесной частице в атмосфере, то процесс формирования ледника может рассматриваться и как аналог формирования терригенной породы в водоеме. Выпадение на поверхность ледника не снега, а дождя вызывает частичное растворение и смерзание кристалликов льда, – это явный аналог процесса формирования в осадочной породе карбонатного или кремнистого цемента. Кроме того, ледник зачастую питается за счет лавин (аналог импульсной седиментации).

В теле ледника лед претерпевает метаморфизм. «В нижних частях ледника, как и в тектонических покровах... начинается пластическая деформация и течение материала. В условиях течения под давлением происходит деформация отдельных кристаллов льда, общая перекристаллизация льда и преобразование крупнокристаллической гранобластовой структуры в мелкокристаллическую. При этом образуются структуры с зернами сложной формы, как бы врастающие друг в друга, а затем – ориентировано-зернистые структуры с сильно вытянутыми и уплощенными кристаллами льда. Одновременно во льду появляются узкие зонки внутрислойного скольжения с еще более мелкозернистой структурой. Оптическая ориентировка кристаллов льда становится однообразной. Все кристаллы вытягиваются в направлении течения ледника. В придонной части ледников развиваются тонкополосчатые гнейсовидные текстуры, будинаж, разлинзование и другие формы пластической деформации. Структурные преобразования льда в толще ледников в общем идентичны изменениям структуры кварцевых пород, составляющим прогрессивные ряды преобразования кварцевых песчаников при катагенезе... Тектонические структуры в ледниках, а также текстуры и структуры льда, возникающие в различных условиях стресса, сходны со стрессовыми текстурами и структурами в горных породах, образовавшихся в соответствующих тектонических условиях, и могут сравниваться с ними даже в мелких деталях» [31].

Движение ледника – это два разных процесса: вязкопластичное течение и глыбовое скольжение (в последнем случае ледник движется как твердое тело). Таким образом, движение ледника может рассматриваться как динамическая модель двух типов движения геологических тел иного состава: как вязкопластичное течение геологических тел, твердых в статическом состоянии (очень медленный процесс – ползучесть, проявляющийся лишь в масштабах «геологического времени» или под нагрузкой), и как движение нормальных твердых тел (скольжение тела как целого, аналог поддвиго- и надвигообразования). Под воздействием внешних и внутренних причин от языка ледника могут отламываться глыбы и при определенных условиях захороняться в осадках иного состава, – это модель образования олистостромы. Наконец, в теле ледника в процессе движения возникают наложенные структуры: дизъюнктивные и пликативные [32].

Ледник можно представить двояко: во-первых, как совокупность элементов, объединенных обратными связями (область питания, тело ледника, область разгрузки); во-вторых, что является обычным для горных пород представлением, через петрографическую структуру и текстуру. Это бесконечная совокупность статических систем (мгновенных срезов), которые плавно, через трансформацию структуры, перетекают друг в друга: ледник испытывает непрерывную смену полиморфических модификаций. В данном случае полиморфизм неизомерийный, так как лед – мономинеральная порода. В полиминеральных же породах, очевидно, будет проявляться изомерийный и изомерийно-неизомерийный полиморфизм.

Итак, ледник как динамическая система аналогичен, как минимум, еще одной системе осадочных пород (кварцевых песчаников). Таким образом, мы получили систему объектов-систем того же самого рода; дальнейшая задача – поиск других подобных систем. Поскольку между системами одного и того же рода возможны изоморфные соответствия, исследование наиболее доступной из них позволяет переносить знания о ее свойствах на все другие объекты.

### Ретроспективные системы

Ранее [33] я кратко рассматривал ретроспективные модели и отмечал, что *палеостатические*, *палеокинематические* и *палеодинамические* модели – это те же модели настоящего, только «опрокину-

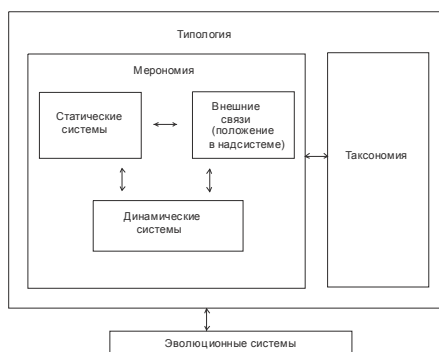
тые» в прошлое. *Генетические* модели были разделены на начальное-, причинно- и условно-генетические. Трудности их исследования известны. Главное – то, что наиболее интересные в научном и прикладном аспекте модели генезиса не имеют современных оригиналов.

Для *исторических* моделей основным является представление их в виде хроносистем [34] с выявлением соответствующих свойств: хроносимметрии, хроноизомерии, хронополиморфизма. *Эволюционные* модели можно исследовать безотносительно к структуре времени, имея лишь последовательность этапов развития. По С.В. Мейену, формы существования индивида (системы или первичного элемента), или фазы его изменчивости, позволяют осуществлять процессуальные реконструкции потому, что некоторые свойства непосредственно удерживаются и сохраняются в структуре (темпофиксация), или хотя и отделяются (темпосепарация), но могут быть собраны и по ним может быть реставрирован онтогенез индивида. Однако многие компоненты утрачиваются безвозвратно (темподесиненция), что делает реконструкцию проблематичной [35].

При исторических реконструкциях собственное время объектов «вкладывается» в некое внешнее (обычно физическое) время. При этом последовательности событий сравниваются друг с другом (принцип гомотаксальности) и между ними устанавливается системный изоморфизм, что позволяет более полно реконструировать прошлое [36]. При реконструкции далекого прошлого проявляется методологическая трудность [37], связанная с определением одновременности для разноместных событий, когда пользуются только радиологическими датировками («абсолютный» возраст). По-видимому, для докембрия единственный метод для определения общей «точки отсчета» времени – палеомагнитный.

Основные методологические достижения в анализе моделей прошлого, в том числе и в системном представлении, принадлежат С.В. Мейену [38]. Он писал: «...ИР (историческая реконструкция. – В.З.) опирается на четыре общих и пять частных принципов. *Изолированное приложение любого из принципов невозможно: все принципы так или иначе связаны друг с другом* (выделено мною – В.З.)». Общенаучные принципы – это принципы: 1) типологических экстраполяций; 2) процессуальных реконструкций (Бергсона); 3) мероно-таксономического несоответствия (Урманцева); 4) множественных рабочих гипотез (Чемберлина). «На основании (1) и (2) с уче-

том (3) выдвигаются рабочие гипотезы о последовательности темпофиксаций и темпосепараций и о свойствах, подвергшихся темпосиненции» [39]. Принципы, специфические для ИР, – это принципы: 5) соответствия возраста и типологической (таксономической+мерономической) специфики объекта; 6) типологической и номенклатурной самостоятельности ископаемых объектов; 7) мерономизации таксономии и таксономизации меторономии ископаемых объектов. Для реконструкции дат используются: 8) принцип Стенона (суперпозиции следов); 9) принцип Гексли (гомотаксальности). Также для этой цели применяется принцип хронологической взаимозаменяемости признаков, являющийся частным случаем принципа типологической экстраполяции [40].



Схема, заимствованная из работы С.В. Мейена [41] с заменой терминологии, иллюстрирует этапы построения эволюционных системных моделей и соотношение между содержанием этапов

Без использования принципов (1) и (2) можно восстанавливать временные последовательности событий, но без них невозможно представить эволюцию объекта. Разновидностью типологических экстраполяций является актуализм. Анализируя совместное использование принципов ИР в процессе построения моделей прошлого, я отмечал [42], что наиболее надежные реконструкции получаются с использованием униформизма. В этом случае типологическая экстраполяция осуществляется путем формирования классов эквивалентности. В случае же использования актуализма (в точном смысле слова) мы вынуждены опираться на типологическую экстраполяцию

с классами толерантности. Ясно, что оставаясь в рамках типологии, основанной только на классах толерантности, вряд ли можно осуществлять какие-либо процессуальные реконструкции, – сначала необходимо *постулировать* у объектов единого таксона существование каких-либо отношений, обладающих свойством транзитивности, т.е. превратить толерантность в эквивалентность. Это в очередной раз подчеркивает вероятностный характер всех наших заключений о прошлом.

\*\*\*

М.А. Розов, рассматривая природу теоретического знания, отметил: «Эйнштейн писал: “Метод теории относительности весьма схож с методом термодинамики, поскольку последняя представляет собой не что иное, как последовательный ответ на вопрос “Какими должны быть законы природы, чтобы нельзя было построить вечный двигатель”». Обратите внимание на следующее. Невозможность вечного двигателя первого и второго рода – это принципы термодинамики, это то, что она постулирует. Вопрос ставится так: какой должна быть природа, чтобы отвечать этим принципам?» [43].

Современная методология науки предлагает нам посмотреть на мир сквозь призму системности. Геологии грех не воспользоваться багажом, уже наработанным в других отраслях знания. Это позволит применять уже сформулированные законы и смотреть, насколько Мир отвечает им. Завтра появятся другие «правила игры», но ведь полученное знание никуда не денется!

## Примечания

1. См.: *Косыгин Ю.А., Соловьев В.А.* Статические, динамические и ретроспективные системы в геологических исследованиях // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1969. – № 6. – С. 9–17.

2. См.: *Системный подход в геологии: теоретические и прикладные аспекты.* Тез докл. Всесоюз. конф. – М.: МИНГ, 1983.; 1986. – Ч. 1–3; 1989.

3. См.: *Богданов А.А.* Тектология: Всеобщая организационная наука. – М.: Экономика, 1989. – Кн. 1, 2; *Бергаланфи Л., фон.* Общая теория систем – обзор проблем и результатов // Системные исследования. Ежегодник 1969. – М.: Наука, 1969.

4. См.: *Урманцев Ю.А.* Биологическое время // Пространство, время, движение. – М.: Наука, 1971; *Он же.* Симметрия природы и природа симметрии: философские и естественно-научные аспекты. – М.: Мысль, 1974; *Он же.* Что может дать биологу представление объекта как системы в системе объектов того же рода? // Журн. общ. биол. – 1978. – Т. 39. – № 5.

5. См.: *Системные исследования.* Ежегодник 1969.

6. См.: *Урманцев Ю.А.* Биологическое время; *Он же.* Симметрия природы и природа симметрии...

7. См.: *Забродин В.Ю., Соловьев В.А.* Структура геологического мира и ее отражение в классификации геологических наук // *Вопр. философии.* – 1983. – № 4. – С. 68–75.

8. См.: *Богданов А.А.* Тектология...

9. Оставляю в стороне проблему системного представления геологического пространства в целом (см.: *Забродин В.Ю., Соловьев В.А.* Структура геологического мира...).

10. См.: *Мейен С.В.* Введение в теорию стратиграфии. – М., 1974. Деп. в ВИНТИ, № 1749–74; *Соловьев В.А.* Тектоника континентов: Систематизация понятий и упорядочение терминологии. – Хабаровск: Кн. изд-во, 1975.

11. См.: *Карагодин Ю.Н.* Седиментационная излученность. – М.: Недра, 1980; *Карагодин Ю.Н., Симанов А.Л.* Кризис в стратиграфии: методологические и теоретические основания (вариант реализации теоретико-методологических разработок) Ч. I // *Философия науки.* – 2004. – № 4 (23); *Они же.* Кризис в стратиграфии: методологические и теоретические основания (вариант реализации теоретико-методологических разработок) Ч. II // Там же. – 2005. – № 3 (26); *Они же.* Кризис в стратиграфии: методологические и теоретические основания (вариант реализации теоретико-методологических разработок) Ч. III // Там же. – 2006. – № 4 (31).

12. См.: *Система.* Симметрия. Гармония. – М.: Мысль, 1988. – С. 68–69.

13. См.: *Геологический словарь.* – М.: Недра, 1973. – Т. 1, 2.

14. *Система.* Симметрия. Гармония. – С. 80.

15. *Геологический словарь.* – Т. 1. – С. 280.

16. См.: *Лебедев В.И.* Орбитальные размеры атомов – новая система радиусов – и закономерности, определяющие межатомные расстояния и изоморфизм // *Вестн. ЛГУ.* Сер. 6. – 1967. – № 1. – С. 43–61; *Шафрановский И.И.* История развития учения об изоморфизме // Там же. – С. 62–69.

17. См.: *Урманцев Ю.А.* Симметрия природы // *Система.* Симметрия. Гармония. – С. 86–87.

18. См.: *Шрейдер Ю.А.* Равенство, сходство, порядок. – М.: Наука, 1971.

19. См.: *Соловьев В.А.* Тектоника континентов...

20. См.: *Богданов А.А.* Тектология...

21. См.: *Усманов Ф.А.* Основы математического анализа геологических структур. – Ташкент: Фан, 1977; *Забродин В.Ю.* Системный анализ дизъюнктивов. – М.: Наука, 1981.

22. См.: *Забродин В.Ю.* Системный анализ дизъюнктивов.

23. См.: *Винер Н.* Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине. – 2-е изд. – М.: Сов. радио, 1968. – С. 102–111.

24. *Мейен С.В.* Нетривиальная биология (заметки о...) // *Журн. общ. биол.* – 1990. – Т. 51, № 1. – С. 10.

25. См.: *Винер Н.* Кибернетика...

26. См.: *Забродин В.Ю.* Системный анализ дизъюнктивов.

27. См.: *Боровиков А.М., Громин В.И., Забродин В.Ю.* Построение теоретической модели в геологии // *Проблемы методологии науки.* – Новосибирск: Наука, 1985.

28. См.: *Лукьянов А.В.* Собственные колебания в моделях геологических автоколебательных систем // *Экспериментальная тектоника в теоретической и прикладной геологии.* – М.: Наука, 1985; *Он же.* Эксперимент в тектонике // *Экспериментальная тектоника: Методы, результаты, перспективы.* – М.: Наука, 1989. – С. 9–30.

29. Лукьянов А.В. Собственные колебания... – С. 111.
30. См.: Лукьянов А.В. Эксперимент в тектонике; Лукьянова В.Т., Лукьянов А.В. О соотношении катагенеза, метаморфизма и стрессовых преобразований в горных породах // Изучение тектонических деформаций. – М.: ГИН, 1987.
31. Лукьянова В.Т., Лукьянов А.В. О соотношении... – С. 102–103.
32. См.: Лукьянова В.Т., Лукьянов А.В. О соотношении...; Долгушин Г.Д., Осипова Г.Б. Ледники. – М.: Мысль, 1989.
33. См.: Забродин В.Ю. Системный анализ дизъюнктивов.
34. См.: Урманцев Ю.А. Биологическое время; Урманцев Ю.А., Трусов Ю.П. О свойствах времени // Вопр. философии. – 1961. – № 5. – С. 58–70; Забродин В.Ю. Системный анализ дизъюнктивов; Он же. Время-длительность и время-последовательность // Развитие учения о времени в геологии. – Киев: Наук. думка, 1982. – С. 150–168.
35. См.: Мейен С.В. Специфика историзма и логика познания прошлого в геологии // Развитие учения о времени в геологии. – С. 7.
36. См.: Параев В.В., Молчанов В.И., Еганов Э.А. О философии геологии // Философия науки. – 2003. – № 1 (16).
37. См.: Косыгин Ю.А., Горелова Н.Г., Салин Ю.С., Соловьев В.А. Соотношение физического и геологического времени // Методология геологических исследований. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. – С. 167–177.
38. См.: Мейен С.В. Нетривиальная биология...; Он же. Специфика историзма...; и др.
39. См.: Мейен С.В. Специфика историзма... – С. 378.
40. Там же. – С. 378–379.
41. См.: Мейен С.В. Нетривиальная биология...
42. См.: Забродин В.Ю. Некоторые особенности исторических реконструкций в геологии // Идея развития в геологии: вещественный и структурный аспекты. – Новосибирск: Наука, 1990.
43. Розов М.А. Классификация и теория как системы знания // На пути к теории классификации. – Новосибирск: НГУ, 1995. – С. – 112–113.

Институт тектоники  
и геофизики ДВО РАН  
г. Хабаровск  
[VZabrodin@rambler.ru](mailto:VZabrodin@rambler.ru)

### **Zabrodin, V.Yu. Geological systems (methodological aspects of research)**

The paper analyses methodological principles used in research of geological objects presented as static, dynamic and retrospective systems. The author points out shortcomings of current approaches. In further research, he suggests to involve propositions of the general system theory by Yu.A. Urmantsev and S.V. Meyen's principles of of S.V. Meyen's historical reconstructions. He also suggests to construct a fundamental theoretical model of self-oscillating (autoregulated) system in geology resting upon the ideal glacier.

**Keywords:** geology, system, methodology, principle, model