

**I. ОБЩАЯ, РЕГИОНАЛЬНАЯ И ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ;
ЛИТОЛОГИЯ**

УДК 552.57 (551.761/ 762)

В.П. Алексеев

**КОНВЕРГЕНТНОСТЬ ПРИЗНАКОВ И ПАРАМЕТРОВ ЮРСКИХ УГЛЕНОСНЫХ ТОЛЩ
КАК СЛЕДСТВИЕ ЭКВИФИНАЛЬНОСТИ В ИСТОРИИ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ**

Истина – это факел, который светит в тумане,
не рассеивая его.

К. Гельвеций

Введение (постановка проблемы)

Системный анализ, базирующийся на *системном* подходе к изучению процессов и объектов, успешно используется во многих областях геологии. Удачное подразделение геологических систем предложено Ю.А. Косыгиным, выделившим их динамические, квазистатические и ретроспективные типы [5]. Их синтез в единую, логически выдержанную общность по своему графическому изображению назван *зет-системой* (рис. 1).



Рис. 1. Зет-система [5] (Д - динамические системы, С - квазистатические системы, Р - ретроспективные системы, С_n - прогнозные модели квазистатических систем, П - практический результат): 1 - сравнение по распространенной аналогии; 2 - построение ретроспективной модели по принципу актуализма; 3 - построение прогнозной модели; 4 - практическая реализация

Эти представления принимаются многими геологами, как наиболее общие и приемлемые для геологических систем любого уровня, распространения и значимости. Располагая достаточно обширными, и что особенно важно, – *однородными* сведениями по ряду специализированных геологических объектов, попытаемся рассмотреть и по возможности дополнить предложенный подход на имеющемся фактическом материале.

Сравнительный анализ: создание однородной базы исходных данных

Сравнительный анализ – главный (осознанно или интуитивно) инструмент геолога. Так, именно в геологии, и прежде всего в осадочной, разработан и получил широкое развитие сравнительно-исторический метод Н.М. Страхова. Однако следует постоянно иметь в виду, что *сравнение*, как “...познавательная операция, лежащая в основе суждений о сходстве или различии объектов; ...имеет смысл только в совокупности “однородных” предметов, образующих класс...”, при этом предметы, сравнимые по одному признаку, могут быть несравнимы по другому” [13].

Очевидно, что сравнительный подход можно и нужно использовать при изучении всех систем – динамических, квазистатических, ретроспективных (см. рис. 1). При этом для ретроспективных

построений следует учитывать два ведущих фактора сравнения: условно назовем их “временной” и “латеральный”. В первом случае одним из определяющих параметров, реконструкция которого производится по косвенно-логическим построениям, является *геологическое время*, лежащее в основе реставрации последовательности геологических событий. Естественно, что проверить на уровне непосредственных наблюдений предлагаемые в подобных исследованиях концепции, схемы, модели невозможно, хотя именно они лежат в основе изучения эволюции геологических процессов. Во втором случае подразумевается, что явления и события, заполняя некоторый отрезок “физического” времени, геологически протекали как бы “мгновенно” (“эмпирическое мгновение” В.И. Вернадского) [5]. Наиболее ярким примером таких ретроспективных систем являются палеогеографические построения. Однако даже для этих реконструкций чаще всего используется неоднородная по своей сути информационная база: разные по детальности описания объекты, отдельные составляющие геологических тел, используемые как “индикаторы”, и т. д.

Коллективом литологов СГИ-УГГГА в течение 30 лет на единой методической основе литолого-фациального (фациально-циклического, по Ю.А. Жемчужникову, Л.Н. Ботвинкиной и др.) анализа изучались терригенные отложения раннемезозойской эпохи торфо(угле)накопления (T₃-J₂). Наиболее детальные работы проводились в Алдано-Чульманском районе Южно-Якутского бассейна, восточной (Приишимской) части Тургайского бассейна, Улугхемском бассейне, Северо-Сосьвинском и Серовском районах восточного склона Урала. По каждому из перечисленных объектов изучены десятки тысяч метров скважин, проанализированы тысячи проб, построены десятки разрезов, карт и др. Кроме того, небольшие по объему работы выполнены на Буланашском (восточный склон Урала), Приозерном и Святогорском (западная часть Тургайского бассейна), Шубаркольском (Центральный Казахстан), Абанском (Канско-Ачинский бассейн) месторождениях и в Майкюбенском бассейне.

В процессе работ выработана четкая последовательность их выполнения, осуществляемая в пять этапов: установление состава и генезиса пород посредством выделения слоев и определения характеризующих их комплексов признаков – установление закономерностей в чередовании слоев (циклическости) – корреляция разрезов – палеогеографические реконструкции – общая оценка состава, строения и условий образования формаций или их частей, что в целом соответствует общим принципам литолого-фациальных – формационных исследований. Для каждого из этих этапов, а также отдельно – по угольным пластам, являющимся, с одной стороны, составной частью изучаемых толщ, а с другой – имеющих принципиально иной (органогенный) состав, полученные сведения изложены в самостоятельной работе. При этом применены единые принципы изложения материала, а именно:

- характеристика общей методики исследований и конкретных методических приемов, в целом одинаковых для всех объектов;
- приведение полученных результатов по изученным объектам (большой частью иллюстративно-обобщающего характера);
- систематизация всех данных, применительно к описываемому этапу исследований, с построением (изложением) *моделей* процессов и объектов. Именно последний этап показывает значимость таких работ, имеющих ярко выраженный сравнительный характер [1].

Моделирование геологических объектов на основании конвергентности их признаков и параметров

Понятие *конвергенции* подразумевает образование продуктов сходного типа из различных источников и разными путями. В Геологическом словаре (1973) приводится серия примеров, подтверждающих широкое проявление конвергентности в самых разных геологических процессах и выражающихся в сходстве параметров, характеризующих геологические тела. Именно наличие

* Методика литолого-фациальных исследований угленосных отложений. Свердловск, 1986. 63 с. (Препринт / УНЦ АН СССР); Циклическость триас-юрских угленосных отложений азиатской части СССР. Свердловск, 1987. 55 с. (Препринт / УНЦ АН СССР); Методика корреляции угленосных отложений (на примере триас-юрских формаций азиатской части СССР). Свердловск, 1989. 59 с. (Препринт / УрО АН СССР); Палеогеография триас-юрских угленосных отложений азиатской части СССР. Свердловск, 1990. 62 с. (Препринт / УрО АН СССР); Внутриконтинентальные раннемезозойские угленосные формации азиатской части СССР. Свердловск, 1991. 70 с. (Препринт / УрО АН СССР); Угольные пласты триас-юрских отложений азиатской части СНГ. Екатеринбург, 1992. 73 с. (Препринт / УрО АН СССР).

конвергентности, связанное с процессами *самоорганизации* в неравновесных системах [10], обеспечивает возможности, то есть создания моделей, имеющих именно прогнозные функции (C_n на рис. 1).

Для всех пяти этапов проводимых нами работ, в их последовательном выполнении (см. выше) предложено значительное количество моделей, базирующихся на сравнительных данных. Их создание оказалось возможным именно благодаря удивительной конвергенции (схожести) многих параметров, характеризующих состав и строение раннемезозойских угленосных толщ, несмотря на существенно различную их геологическую позицию. Примером наиболее общего характера является концептуальная сводная прогнозная модель строения раннемезозойской угленосной формации (УФ) (рис. 2). В наиболее полном виде она состоит из трех частей, соответствующих трем подформациям: инициальной (1), пролювиально-озерной, практически безугольной; основной (2 + 3), с четко выраженной базальной частью, направленно изменяющейся, полифациальной угленосной (как правило, сложной) и финальной (4), от пролювиально-аллювиальной до пестроцветной, обычно безугольной. Для нас важна регрессионная (предсказывающая) роль предложенной модели, что проверено практически на всех внутриконтинентальных раннемезозойских УФ России.



Рис. 2. Модель строения

раннемезозойской угленосной формации.

Обозначения: 1 – конгломераты и гравелиты, 2 – песчаники, 3 – алевролиты и аргиллиты, 4 – пестроокрашенные породы, 5 – внутриформационные перерывы и несогласия. Справа: 1-4 – подформации

Важность именно *проверки* моделей, не отображенная в зет-системе (см. рис. 1), отчетливо прослеживается в общей последовательности геологического моделирования, которая выглядит следующим образом [6].

1. Построение концептуальной (понятийной) модели в соответствии с поставленной геологической задачей.

2. Выбор переменных и анализ данных, учитываемых в модели. Уточнение модели.

3. Применение уточненной модели для предсказания новых зависимостей, прогнозирования – регрессионная (предсказывающая) функция.

4. Принятие, изменение или отклонение окончательной модели. Возвращение к соответствующей стадии.

В своих исследованиях мы широко используем проверку, или *верификацию*, с помощью математической статистики. При этом близкий к оптимальному (в литологии) набор статистических методов, по нашему мнению, выглядит следующим образом (в скобках указаны конечные результаты расчетов):

- описательная статистика одномерного числового массива (среднее значение, дисперсия, стандартное отклонение, коэффициенты асимметрии, эксцесса, вариации, тест на нормальность распределения);
- вычисление коэффициентов корреляции между всеми исходными параметрами (матрица коэффициентов корреляции);
- реализация факторного анализа (матрица факторных нагрузок и матрица значений факторов для исходных объектов);
- проведение кластерного анализа (диаграмма, на которой изображены кластеры с соответствующим им уровнем иерархии).

Реализацию такого набора желательно осуществлять *последовательно*, при одной загрузке изначальной информации в виде исходного числового массива.

Для примера приведем результаты многомерного (факторного) анализа, выполненного по двум выборкам: А – скв. 2874, Трошковское месторождение на восточном склоне Урала, нижний карбон; Б – скв. 2069, Кызылталское месторождение Тургайского бассейна, средняя юра. Количество слоев – по 80, в таблице приведены абсолютные значения вкладов в факторы.

Результаты факторного анализа

Признаки		А		Б	
		F ₁	F ₂	F ₁	F ₂
Гранулометрический состав		0,94	0,13	0,84	0,27
Сортированность частиц		0,75	0,50	0,61	0,34
Текстура (тип слоистости)		0,91	0,14	0,82	0,02
Растительный материал	количество	0,48	0,61	0,22	0,89
	степень сохранности	0,69	0,61	0,05	0,92
Фациальный состав		0,45	0,50	0,55	0,09
Показатели, снимаемые с каротажных кривых	КС, Ом·м	0,27	0,75	0,66	0,39
	ГТК-П, имп/мин.	0,46	0,39	0,54	0,28
	ГК, мкр./ч	0,52	0,24	0,61	0,38
Мощность слоя, м		0,23	0,14	0,34	0,30
Вклад		37,72	20,95	34,07	20,75

Суммирование приведенных данных позволяет сделать ряд общих выводов (детальный анализ полученных результатов выходит за рамки статьи).

1. Первый фактор формирования изменчивости системы признаков определяет лишь 1/3 общей дисперсии. Наибольший и примерно одинаковый вклад в него имеют два (!) признака – размерность частиц породы и ее текстура.

2. Значительная часть дисперсии принадлежит второму фактору, в основном определяемому количеством и степенью сохранности растительного материала.

3. Другие показатели имеют второстепенное значение, играя роль “шума”, и играют ведущую роль при формировании иных, существенно менее значимых факторов.

Помимо получения точных количественных данных перечисленные, в частности, заставляют весьма критически относиться к использованию данных по гранулометрическому составу пород как главному показателю в любых геологических реконструкциях. Такое же “право” как минимум имеет и “текстурный анализ” (по Л.Н. Ботвинкиной). В целом же в роли синтетического показателя, характеризующего изменчивость пород, следует использовать характер условий формирования отложений - фацию, определяемую именно по комплексу признаков. Тем самым подтверждается ключевое значение для геологических работ именно ретроспективных систем (см. рис. 1), что детально описано в работе [5].

Другим примером верификации выполняемых нами работ является «наложение» методики литолого-фациального анализа на новый материал по глубокозалегающим отложениям тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района Западно-Сибирского осадочного мегабассейна [3]. Сравнение полученных сведений с моделью строения раннемезозойской угленосной формации (см. рис. 2) позволило даже по небольшому исходному материалу судить о *достаточном* совпадении главных вещественно-структурных позиций, характеризующих предложенную модель. К ним относятся следующие.

Инициальная часть УФ выделяется нами в связи с тем, что, как указано выше, в основании собственно терригенной толщи находились многочисленные впадины, заполненные *перед* вовлечением в процессе осадконакопления всей территории разнородными осадками озерно-пролювиального генезиса. Для изученных отложений тюменской свиты ее характеристика будет дана в следующем разделе.

Основная часть УФ для тюменской свиты характеризуется небольшими разностями в превышениях рельефа, что, в частности, выражено в наборе фаций и соответственно скоростей прогибания и опускания, сопровождающихся вначале накоплением терригенных, наиболее

* Для показа “сквозного” значения комплексных исследований, проводимых независимо от возраста отложений.

“скоростных” осадков – в основном потокового механизма, а затем при выравнивании рельефа, контролировавшихся прибрежно-мелководным механизмом седиментации. Чаще всего данная часть выражена двумя горизонтами, или подформациями. Все перечисленное в полной мере характерно для тюменской свиты: уже в единичных изученных нами полных ее разрезах отчетливо фиксируется двучленное строение. При этом для нижней части толщи присущ именно аллювиально-озерный, а для верхней – прибрежно-бассейновый палеоландшафты осадконакопления. Строение тюменской свиты характеризуется многопорядковой цикличностью. При этом средние мощности литоциклов (ЛЦ) первых трех порядков совершенно соответствуют таковым, установленным для иных раннемезозойских толщ (5-17, 25-40; около 100 м). Наблюдающиеся в ряде случаев сокращения мощности – как отдельных ЛЦ, так и тюменской свиты в целом, объясняются не изменением скоростей осадконакопления (она была стабильной), а длительностью межслоевых перерывов (диаستم). Дополнительно укажем, что это подтверждает весьма значимое положение о том, что, “поскольку один из признаков самоорганизующихся систем – периодизация явлений, то в качестве обобщающего критерия можно рассматривать периодичность как меру самоорганизации” [7].

Наконец, *финальная* часть УФ нами ранее фиксировалась в двух вариантах: а) переход в пестро(красно)цветные отложения и б) формирование терригенных отложений новой формации, характеризующейся иными свойствами и практически безугольной (см. рис. 2). Именно второй вариант четко проявлен для Западной Сибири, в условиях обширной верхнеюрской трансгрессии (абалакская и даниловская свиты в Шаимском районе).

Достижение эквифинальности в развитии геологических систем: закономерность или артефакт?

Принцип эквифинальности (лат. *aequus* – равный), выдвинутый при изучении открытых биологических систем Л. фон Берталанфи (Bertalanffy, 1962), означает “...способность достигать конечного состояния независимо от нарушений начальных условий системы” [10] или же при различных начальных условиях (что в общем-то не одно и то же). Как видно, подобное развитие системы противопоставлено широкому проявлению бифуркации и, по всей вероятности, может иметь место в том случае, когда целое определяет (детерминирует) поведение своих частей.

В настоящее время причины проявления эквифинальности не установлены: неясно, какие именно параметры обуславливают это свойство, чем оно обеспечено и пр. В то же время его широкое проявление в геологических телах и процессах находят подтверждение в разработке идей о самоорганизации, автомодельности и пр. (см. выше). Работ такого характера пока не очень много и в большей степени они относятся к изучению цикличности в геологических процессах. Рассматривая проблему в целом, М.А. Садовским [11 и др.] определена иерархическая последовательность для отдельностей разного масштаба – от мельчайших песчинок до континентальных плит – в виде геометрической прогрессии с показателем $K = 3,5 \pm 0,9$. По его мнению, существование такого “статистического” постоянства K свидетельствует об *автомодельности* процессов образования отдельностей, об их подобии и независимости от масштаба, физико-химических свойств и способов формирования. По-видимому, данное явление, в той или иной мере отмеченное многими другими исследователями (достаточно упомянуть поиски “золотого сечения”), заслуживает пристального внимания и дальнейшего изучения. По крайней мере, иерархическое вложение друг в друга литоциклов нескольких порядков, установленное нами для всех без исключения раннемезозойских угленосных толщ, полностью соответствует приводимым выше данным. Существующее в природе явление разномасштабной делимости и *самоподобия* обобщается в рамках концепции *фракталов*: “Диссипативная структура обладает свойством делимости, т. е. она сложена ячеистыми образованиями, проявляющимися от гига– до наномасштабов...” [9].

Вопросами *саморегулирования* на примере формирования болотных экосистем занимался А.С. Тараканов [12]. Им показано, что в противовес многим постулатам о “хрупкости” процессов торфонакопления, торфяные болота – одни из наиболее устойчивых экосистем континентального осадкообразования. При превышении же некоторого “порогового” значения мощности накопившегося торфа они приобретают весьма значительный запас прочности. Высказанные суждения находят прямое подтверждение самим фактом наличия во многих угленосных толщах сверхмощных угольных залежей, со временем их формирования в сотни тысяч лет. Их накопление, а тем более переход в ископаемое состояние без указанных А.С. Таракановым факторов саморегуляции маловероятны.

Приведенные сведения позволяют судить, что проявления эквивиальности должны широко проявляться в геологических процессах и объектах. В рамках проверки (верификации) такого суждения приведем некоторые обобщающие результаты изучения той же тюменской свиты Шаимского района. На рис. 3 в предельно схематизированном модельном виде представлена история формирования тюменской свиты в пределах Шаимского нефтегазоносного района (ее соответствие с общей моделью строения раннемезозойских УФ описано выше). Захватывая при продвижении с северо-востока на юго-запад все новые территории, свита (точнее – формация) *сохраняет* свое типичное строение (см. рис. 2), что отчетливо выражается в повсеместном развитии инициальной части (как бы нажатие своего рода “спускового крючка” перед собственно “выстрелом” характеризующим основную седиментацию).

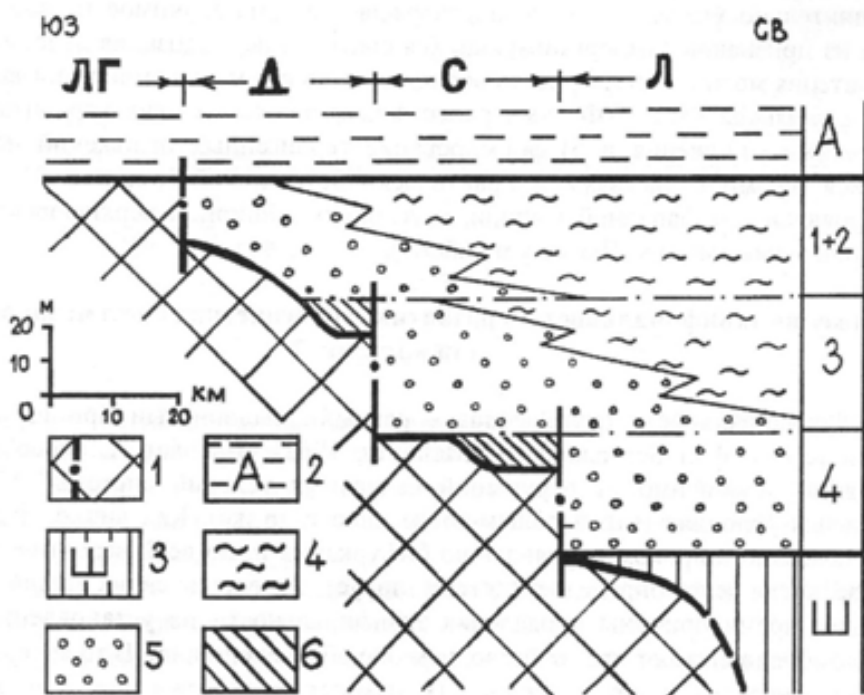


Рис. 3. Генерализованная модель истории формирования отложений тюменской свиты Шаимского НГР:

1 – породы фундамента осадочного чехла, расчлененные на блоки (группы блоков); 2 – перекрывающие трансгрессивные морские верхнеюрские отложения абалакской и даниловской свит; 3 – подстилающие ниже(средне)юрские отложения шеркалинской свиты; 4 – отложения прибрежно-бассейнового мелководья; 5 – континентальные, преимущественно озерно-аллювиальные отложения; 6 – озерно-пролювиальные отложения.

Вверху – типы разрезов: ЛГ – “лысых гор”, Д – даниловский, С – сыморьяхский, Л – ловинский.

Справа цифрами – литоциклы II порядка

Первый этап формирования отложений тюменской свиты (литоцикл 4) реализовывался в пределах отдельных блоков на севере и северо-востоке Шаимского НГР (тип Л на рис. 3). В качестве инициальной части тюменской формации здесь можно рассматривать радомскую пачку глинистых пород, венчающую разрез шеркалинской свиты (см. рис. 3).

Во время *второго* этапа осадконакопление захватило обширную территорию на севере Шаимского НГР (литоцикл 3, тип С на рис. 3). Вовлечение в процесс аккумуляции происходило в режиме *ингрессии*, т. е. при наступлении приемных водоемов на сушу с равнинным низменным рельефом, без угловых несогласий. Именно этим объясняется и слабая выраженность базального горизонта, характерного для многих УФ (см. рис. 2). Особо отметим, что вовлечение большей части территории в фазу аккумуляции имело место при предварительном заполнении ранее подготовленных “ванн”. Они и фиксируются инициальной частью УФ озерно-пролювиального состава, соответствующей верхней части предыдущего этапа осадконакопления (см. рис. 3).

Принципиально тот же механизм присущ и *третьему* этапу (литоциклы 1 и 2; тип Д на рис. 3). При этом для всего разреза тюменской свиты (формации) наблюдается смена палеоландшафтов, с

продвижением бассейновых условий с северо-востока на юго-запад. Такая смена палеоландшафтов и обеспечивает фаціальную двучленность строения тюменской формации, описанную нами выше.

Перечисленным дается хорошая проверка (положительная верификация) модели строения раннемезозойской УФ, поскольку, как видно из перечисленного, она «работает» для разноудаленных блоков, на весьма обширной территории.

Как было указано выше, в настоящее время нет ответа на многие вопросы, касающиеся проявления эквивиальности: какие именно причины в конкретных системах обеспечивают это свойство; как и чем оно обусловлено и пр. Наиболее близко к решению этих и других вопросов среди естественнонаучных дисциплин стоит биология. Г.Е. Михайловский так отвечает на главный вопрос о причинах, приводящих к эквивиальности: она, будучи "...противоположной как бифуркации, так и переходу к термодинамическому равновесию (поскольку финальное состояние не только не равновесно, но, как правило, значительно дальше от равновесия, чем любое из исходных), может быть обеспечена лишь в том случае, когда *целое детерминирует поведение своих частей*" [8] (курсив наш. – В.А.). Для еще более полного понимания сущности процесса приведем развернутую цитату из работы [4]: "Несмотря на то, что в теории систем большое внимание уделяется динамике перехода из одного состояния системы в другое, обсуждается проблема эквивиальности, механизм организации процесса, условия его возникновения не обсуждаются... Для исследования механизма процессобразования мы привлекли понятие алгоритма. *Алгоритм*, в широком смысле слова, рассматривается как последовательность детерминированных гетерогенных процедур... Применение теории алгоритмов позволило нам дополнить системные представления и выделить роль активатора в биосистеме. Блок является носителем гетерогенной процедуры, элементом системного процесса. *Активатор*, под действием которого устанавливаются специализированные взаимодействия, является алгоритмирующим фактором, организатором системного процесса. Возникновение алгоритма обеспечивает и поддерживает готовность организации к восприятию сигнала, который "запускает" последовательность блоков-процедур. Возникает процесс, заканчивающийся результатом, не присущим ни одному из участвующих в его образовании блоков. Это системный результат, складывающийся на основе предыдущего функционирования, системного активатора, входного сигнала и работы блоков". Возвращаясь к предыдущему разделу, еще раз сошлемся на работу Ф.А. Летникова. "Важное значение для понимания путей эволюции *нелинейных* систем имеет определение критериев устойчивости, ибо даже небольшое изменение одного из параметров может привести к бифуркации и переходу системы в совершенно иное качественное состояние. Устойчивость любой природной системы определяется ее реакцией на внешние, в том числе и волновые, воздействия. Волны возбуждения, возникающие во внешней среде вокруг любой диссипативной системы, могут материализоваться в конкретную автоколебательную структуру" [7] (курсив везде наш. – В.А.).

Для приведенных толщ довольно очевидно напрашивается мысль о рассмотрении в качестве активатора *тектонического режима* областей осадконакопления, но не предшествующего, а сингенетичного формированию структур [2]. Тогда характеристика областей юрского угленакопления в пределах блочных участков земной коры (фракталов) удивительно удачно укладывается в систему понятий орогенеза и дейтероорогенеза (по К.В. Боголепову и др.), запуск системы в действие осуществляется накоплением инициальной части формации, а ее алгоритм функционирования предложен в виде модели, изображенной на рис. 2. Как видно, модель «работает» в автономном режиме, что и проверено на материале тюменской свиты. Таким образом, разноплановая проверка предлагаемых моделей позволяет судить о том, что ни они, ни обеспечивающее их явление эквивиальности артефактами не являются.

Зет-система: детализация структурных взаимоотношений (вместо заключения)

Практическая реализация выполняемых в рамках общего системного подхода исследований заключается прежде всего в построении и использовании моделей, имеющих прогнозный характер (см. рис. 1). В очень небольшой степени мы рассмотрели их на примерах, касающихся юрских угольных толщ. При этом наиболее важным является принцип верификации моделей, что служит единственным критерием надежности построений. Признание эквивиальности в проявлении геологических процессов, приводящих к конвергентности признаков и параметров геологических тел, может послужить основой для дальнейших исследований в этом направлении, и главное – выявлению

основного параметра (фактора), приводящего в действие такой механизм саморегуляции. Перечисленное нами схематично изображено на рис. 4, дополняющим зет-систему Ю.А. Косыгина. Как следует из такой схемы, эквифинальность играет роль "приводного ремня", выводящего зет-систему в целом на исходные квазистатические системы (известные либо новые геологические тела), но уже на более высоком уровне их познания.

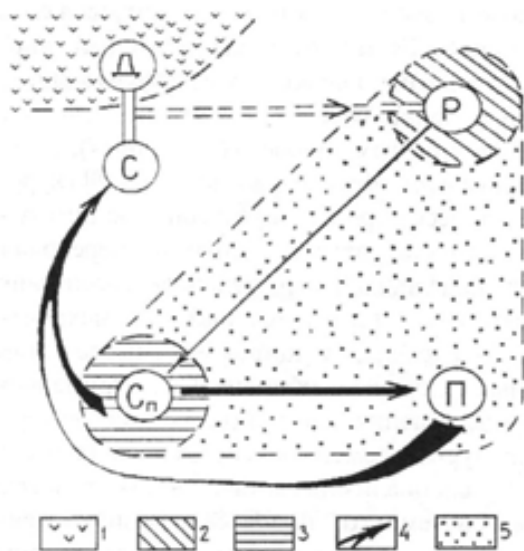


Рис. 4. Дополнения к зет-системе Ю.А. Косыгина (см. рис. 1) по изложенным в статье материалам:

1 – "снятие" или сведение к минимуму эволюции геологических процессов во времени посредством сравнительного анализа разновозрастных объектов; 2 – проведение генетических реконструкций посредством высокоразрешающей методики литолого-фациального анализа; 3 – использование принципов и наличия конвергентности как необходимой основы для построения прогнозных моделей; 4 – верификация моделей с их выводом на новый уровень познания (следующий виток спирали, или в нашем случае – зет-системы); 5 – "поле" влияния эквифинальности

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев В.П. Об использовании сравнительного анализа при изучении угленосных отложений // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГИ, 1993. Вып. 3. С. 46-52.
2. Алексеев В.П. К вопросу о геотектонической природе некоторых триас-юрских угленосных впадин Урало-Монгольского пояса // Рифты литосферы...: Тез. докл. Междунар. науч. конф. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2002. С. 90-92.
3. Алексеев В.П., Русский В.И., Федоров Ю.Н., Газалеев С.С., Печеркин М.Ф., Свечников Л.И. Значимость и разрешающая способность литолого-фациального анализа при изучении терригенных отложений: проверка гипотезы // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГТА, 2003. Вып. 13. С. 55-66.
4. Веселаго И.А., Левина М.З. К вопросу о соотношении структуры и функции в биосистеме // Электронный журнал "Исследовано в России": 014 / 000207. С. 199-208.
5. Косыгин Ю.А. Тектоника. М.: Недра, 1983. 536 с.
6. Крамбейн У., Кауфмен М., Мак-Кеммон Р. Модели геологических процессов. М.: Мир, 1973. 150 с.
7. Летников Ф.А. Синергетика геологических систем. Новосибирск: Наука, 1992. 230 с.
8. Михайловский Г.Е. Биологическое время, его организация, иерархия и представление с помощью комплексных величин // Конструкции времени в естествознании: на пути к пониманию феномена времени. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 112-134.
9. Петров О.В., Мовчан И.Б. Самоподобие и размерность в диссипативном структурировании Земли // Региональная геология и металлогения. 2003. № 19. С. 33-47.
10. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986. 432 с.
11. Садовский М.А. Автомодельность геодинамических процессов // Вестник АН СССР. 1986. № 8. С. 3-11.
12. Тараканов А.С. Современное торфонакопление и вопросы генезиса мощных угольных пластов // Научные основы прогнозирования мощных угольных пластов. Л.: Недра, 1985. С. 6-25.
13. Философский энциклопедический словарь. М.: Сов. энц., 1983. 810 с.