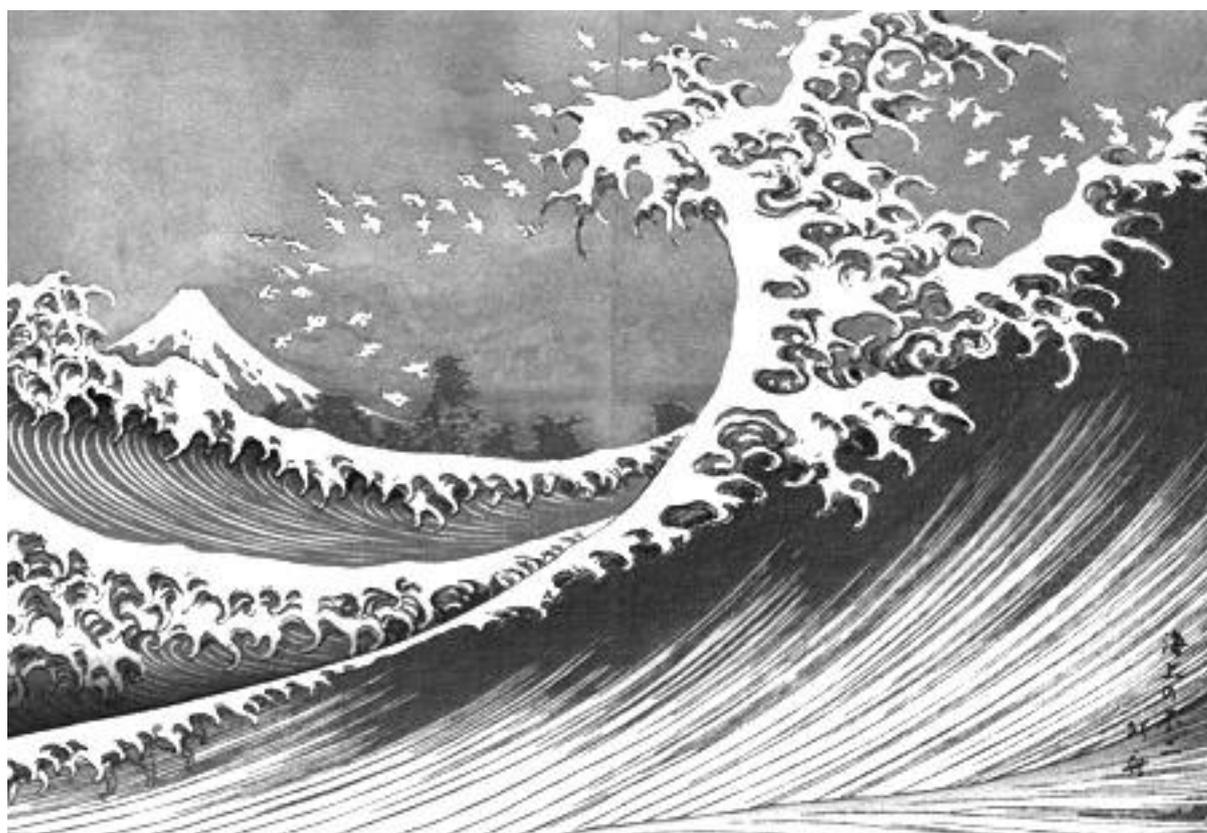


В. П. Алексеев

Нелинейно- Литологические Эссе



Екатеринбург – 2013



Министерство образования и науки
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

В. П. Алексеев

**НЕЛИНЕЙНО-ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ
ЭССЕ**

Научное издание

Екатеринбург – 2013

УДК 530.182 : 552.5

A47

Алексеев В. П. Нелинейно-литологические эссе. Екатеринбург:

A47 Изд-во УГГУ, 2013. 250 с.

ISBN 978-5-8019-0305-7

Начало нового Миллениума характеризуется неизбежным, осознанным и широким внедрением во все сферы знания синергетического мышления, опирающегося на всестороннее изучение нелинейных процессов в открытых системах. Данный процесс, соответствующий смене парадигм и охвативший отдельные направления геологии, до настоящего времени почти не затрагивал учение об осадочных породах. В книге впервые комплексно рассмотрено содержание основных представлений, изучаемых синергетикой, для ключевых понятий литологии. Это сделано в виде отдельных очерков (эссе), связанных единой нитью рассуждений и одинаковым построением излагаемого материала.

Для специалистов в области литологии и геологии горючих ископаемых.

Табл. 22. Илл. 149. Библ. 264 назв.

Рецензенты: доктор геол.-минерал. наук, профессор Российского гос. университета нефти и газа им. И. М. Губкина
В. Г. Кузнецов;

доктор геол.-минерал. наук, доцент Приволжского (Казанского) гос. университета Р. Х. Сунгатуллин;

доктор геол.-минерал. наук, профессор
Национального минерально-сырьевого
университета «Горный» С. Б. Шишлов.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета.

*На лицевой стороне обложке: Кацусика Хокусай «Фудзи, морская волна».
На оборотной стороне обложки: М. К. Эшер «Водовороты».*

УДК 530.182 : 552.5

© Уральский гос.
горный ун-т, 2013

© Алексеев В. П., 2013

ISBN 978-5-8019-0305-7

ПРЕДИСЛОВИЕ

Название предлагаемой работы выглядит нетрадиционно (по меньшей мере в отношении сочетания использованных слов), что требует некоторых пояснений, имеющих вводный характер.

Под *литологией* в России (здесь и далее при этом понимается и б. СССР) принято считать науку об осадочных породах в целом. Частными составляющими этой обширной отрасли знания предстают петрография осадочных пород, седиментология как учение об образовании осадков, учение о цикличности и др. Следует учитывать, что в зарубежных исследованиях определению литологии по сути тождественно понятие *седиментология* (Sedimentology). Будет уместно отметить, что собственно седиментологические работы, с ярко выраженной целевой направленностью, в отечественной геологии берут свое начало со сборника¹. В последующем, в исчерпывающем виде они разобраны в фундаментальной сводке С. И. Романовского, с весьма симптоматичным названием². Несмотря на то, что со времени ее издания прошла уже треть столетия, данная работа сохраняет свою актуальность по всем разобраным в ней базово-фундаментальным позициям. Благодаря этой и многим другим разработкам, седиментологические исследования в б. СССР находились на достаточно высоком уровне (в т. ч. и с учетом исследований Мирового океана). Иначе сложилась их судьба в последние 20 лет, особенно в связи с неуклонным отставанием от «западных» образцов в области как лабораторных, так и натурных исследований, связанных с применением новейших разработок в области техники и технологий.

Возможность если не преодоления этого отставания, то как минимум нивелирования сложившегося разрыва представляет смена парадигмы научного мышления, активно происходящая в те же два последних десятилетия. Эта смена связана с осознанным внедрением во все сферы знания нового мышления, в рамках изучения широко представленных *нелинейных процессов*. При этом на первую роль здесь выходят процессы *самоорганизации*, описываемые в рамках меж (вне-, над-) дисциплинарного *синергетического* подхода. Определению и описанию синергетики (греч. *syn* – вместе + *ergos* – действие, действующий) посвящено большое количество работ, начиная с ее основоположника или «крестного отца» Г. Хакена. В современном понимании данный термин был им озвучен в 1969 г.; книга с соответствующим названием вышла в 1977 г., в русском переводе – уже в 1980 г.³ В широком плане мы полагаем, что под синергетикой рассматривается суммирующий эффект взаимодействия факторов и (или) систем, в условиях нелинейного взаимодействия и широкого проявления процессов самоорганизации. К настоящему времени оформилось *синергетическое мировидение*, охватываю-

¹ Очерки по физической седиментологии / А. И. Животовская, А. И. Айнемер, И. А. Одесский, Э. Я. Яхнин. Л.: Недра, 1964. 261 с.

² Романовский С. И. Седиментологические основы литологии. Л.: Недра, 1977. 408 с.

³ Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980. 404 с.

щее все отрасли знания, включая и геологию – прежде всего геотектонику (геодинамику) и геофизику.

Перечисленным «обозначены» первые два слова из названия предлагаемой книги. Переходя к третьему, укажем, что в течение нескольких лет вынашивания ее замысла рабочим вариантом были «Основы нелинейной литологии (седиментологии)», аналогично работе². Однако, по здравому размышлению, автор понял, что претендовать на подобное исследование он не может по комплексу как объективных, так и субъективных причин. Оставляя такую фундаментальную разработку коллегам и (или) последователям, мы ограничились лишь показом нелинейно-литологических представлений на конкретных примерах литологического, прежде всего седиментологического, содержания. Удобнее всего это было бы сделать в виде очерков, но, поскольку такое название уже «оккупировано» (см.¹), нами выбран вид подачи материала в виде *эссе*. Принципиальное соответствие этой формы излагаемым сведениям просматривается в ее определении⁴. «Эссе (франц. *essai*, англ. *essay* или *assay* – опыт, очерк (! – В. А.), от лат. *exagium* – взвешивание) – жанр критики и публицистики, свободная трактовка какой-либо литературной, философской, эстетической, моральной, социальной проблемы. Обычно противопоставляется систематическому научному рассмотрению вопроса».

Выбор именно такого способа подачи материала, нестандартного уже по своей форме, во многом продиктован и соображениями преемственного характера. В 2006 г. автором была издана работа⁵, привлекавшая некоторое внимание специалистов. Теперь по существу предлагается ее продолжение, где как опубликованный ранее, так и вновь накопленный материал преподносится в новом ракурсе мышления, в русле новой парадигмы. Основная цель изложения материала носит преимущественно методический характер. Рассуждая образно, автор старается не только и не столько преподнести пойманную рыбу, сколько рассказать о том, как сделать удочку, чтобы ее поймать. Иначе, речь преимущественно будет идти об изложении методологии в русле *know-how* (знаю, как) на общих геологических и конкретных литологических примерах.

Автор признателен многим коллегам, с которыми обозначенные в книге вопросы решались в процессе обсуждения, прежде всего Е. С. Ворожеву и С. А. Рылькову. Бесценна помощь Т. С. Мызниковой, которой набраны и оформлены все материалы – от статей и тезисов докладов до представленной книги. Особо и глубоко автор благодарен судьбе за то, что она дала ему возможность в течение нескольких лет обсуждать многие вопросы, включая рассмотренные в книге, с человеком высочайшей эрудиции и пытливого ума д. г. – м. н. Эдуардом Оттовичем Амоном.

⁴ Большая Советская Энциклопедия. Второе изд. 1957. Т. 49. С. 186-187.

⁵ Алексеев В. П. Литологические этюды. Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2006 г. 149 с.

Эссе 1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

К настоящему времени из работ, полностью посвященных синергетике (s. l.*), можно составить обширную библиотеку. Довольно полное представление о проблеме дает книжная серия «Синергетика: от прошлого к будущему», организованная издательской группой УРСС (URSS). Повторять эти издания, многие из которых использованы в предлагаемой работе, даже в предельно сублимированном виде, естественно, нет ни возможности, ни необходимости. Обширные сведения представлены в интернет-ресурсах, среди которых выделяется сайт spkurdyumov.narod.ru.

В значительной степени используя эти и другие материалы, мы при составлении данной работы все же стремились к достижению своей цели, обозначенной в предисловии: изложить видение седиментологических процессов в синергетическом ракурсе. Реализация указанной цели осуществлена в строго выраженном «трехчастном» подходе, который ранее был использован при составлении книги⁵. Он заключался в последовательном изложении следующих позиций:

- представление общих сведений по одному из основных положений в области синергетики (исследований нелинейных самоорганизующихся систем);
- оценка состояния и применимости этого положения в литологии в целом, или s. lato;
- пример геологической (конкретной или s. stricto*) реализации данного положения – как правило, для юрских терригенных отложений Северной Евразии; почти исключительно – осадочного чехла Западно-Сибирской плиты (ЗСП).

Именно в такой последовательности проведем изложение уже первого эссе, имеющего методологическую направленность. Естественно, оно имеет общий характер, принципиально не сводимый к какому-то конкретному положению (см. выше).

1.1. «Три кита» и ключевые понятия синергетики

Название раздела отчасти заимствовано у председателя редколлегии серии «Синергетика: от прошлого к будущему» Г. Г. Малинецкого. В предисловии к работе⁶ им написано следующее. «И саму синергетику все чаще

* Поскольку предлагаемая работа предназначена широкому кругу пользователей, включая студентов, автор в ряде случаев дает пояснения (расшифровку) достаточно распространенных терминов и понятий. Итак:

- s. l. (лат. sensu lato или sensu latiore) – в широком или очень широком смысле;
- s. str. (лат. sensu stricto или sensu strictiore) – в узком или очень узком смысле.

⁶ Князева Е. Н., Курдюмов С. П. Синергетика: Нелинейность времени и ландшафты коэволюции. М.: КомКнига, 2007. 272 с.

мыслят как подход, опирающийся на **трех китов – предметное знание, математическое моделирование и философскую рефлексию**».

Примерно такое же разделение синергетического подхода к изучению разных объектов и предметов представлено в работе В. И. Жилина⁷. Им выделено три уровня (подхода) в описании открытых нелинейных диссипативных систем.

- Фундаментальный (физико-математический), как правило, не пользующийся «синергетической» терминологией.

- Собственно синергетический, присущий исследователям, обладающим достаточной физико-математической подготовкой, но расширяющим свои профессиональные знания на сферы как близких, так и социально-гуманитарных наук.

- Философский, когда синергетика, будучи не всегда обоснована, уже превращается в «религию мира». Несколько отвлекаясь от общей канвы изложения, укажем, что здесь, в частности, просматривается «мостик» к следующему утверждению: «... наука и религия являются двумя способами познания единого мира»^(8, с. 155). Соответственно, на атеистический взгляд автора, остается «рукой подать» до псевдосинергетики, о которой написано в статье В. Б. Губина⁹.

Методологическая основа наших исследований наиболее близка ко второму, собственно синергетическому уровню. При этом сразу оговоримся, что в отличие от выше приведенной характеристики, мы практически не используем собственно математический аппарат, ограничиваясь применением статистической обработки исходных данных.

В подтверждение изложенному приведем развернутую цитату из работы В. Г. Буданова¹⁰, с характерными названиями как работы в целом, так и небольшого подраздела. **«ДВА СЛОВА О МОДЕ НА СИНЕРГЕТИКУ.** Стоит все же подчеркнуть, что понимание синергетики в различных контекстах различно, и сегодня не существует ее общепринятого определения, как, например, не существует строгого определения фрактала. Кроме того, объем и содержание предмета взрывным образом расширяются, вызывая неумеренные восторги неопитов и протесты наиболее строго мыслящих профессионалов, стоявших у «истоков» и сокрушенно следящих за искажением исторической правды, смыслов и ценностей. ... Можно огорчаться по поводу моды на синергетику и ее вольного толкования, но история помнит не одно увлечение подобного рода: моду на кибернетику, **системный анализ** (выделено нами – В. А.), теорию относительности в XX веке. ... Мода, конечно, пройдет, но в

⁷ Жилин В. И. Синергетический сциентизм: критический анализ философско-методологических оснований. М.: КРАСАНД, 2011. 192 с.

⁸ Штеренберг М. И. Синергетика: наука? философия? псевдорелигия? М.: Academia, 2007. 176 с.

⁹ Губин В. Б. Псевдосинергетика – новейшая лженаука // В защиту науки. 2006. Бюлл. № 1. С. 68-73.

¹⁰ Буданов В. Г. Методология синергетики в постнеклассической науке и образовании. М.: Изд-во ЛКИ, 2007. 232 с.

основании культуры будут заложены принципы и язык синергетики, а время рассеет миражи непонимания» (с. 26). Приведенное высказывание содержит удивительную проверку положения, высказанного еще четверть века назад. Давая сравнение с системными исследованиями 50-60-х годов XX столетия, не оправдавших надежд у многих, желавших получить исчерпывающие ответы на конкретные вопросы, Н. Ю. Климонтович указал: «В первые годы существования синергетики описанная ситуация повторилась: и обвинения в тривиальности посылок, в банальности примеров, в натянутости аналогий, и, разумеется, полемически заостренные ответы сторонников синергетики»¹¹, с. 217).

Говоря о синергетике, мы констатируем отчетливую смену парадигмы* в науке вообще – не зря в трудах многих ученых зарубежья уже длительное время говорится о **нелинейной науке**. Предельно емкая и изящная схема, иллюстрирующая эволюцию представлений об окружающем мире, предложена известным философом науки В. С. Стёпиным¹². В целом она отражает смену трех парадигм, имеющих общенаучный характер, и отображена в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Схема эволюции представлений в преломлении изменения глобальных парадигм¹²

Парадигма	Основное содержание, примеры	Обобщенная формула
Классическая	Человек задает вопрос природе (объекту), природа отвечает. Ньютоновская механика	Субъект ↔ Средства ↔ [Объект]
Неклассическая	Человек задает вопрос природе, природа отвечает. Но ответ теперь зависит и от свойств изучаемого объекта, и от способа вопрошания, контекста вопроса**. Теория относительности	Субъект ↔ {Средства ↔ Объект}
Постнеклассическая	Человек задает вопрос природе, природа отвечает. Однако теперь ответ зависит и от свойств объекта, и от способа вопрошания, и от способности понимания вопрошающего субъекта. Синергетическая методология в открытом «диалоге с природой»	(Субъект ↔ Средства ↔ Объект)

* Парадигма (греч. *paradeigma*: пример, модель, образец) – совокупность фундаментальных научных установок, представлений и терминов, принимаемая и разделяемая научным сообществом и объединяющая большинство его членов // ru.wikipedia.org/wiki.

** Впервые на необходимость учета взаимодействия между исследователем и изучаемой системой (в кибернетике) указано У. Р. Эшби в 1947 г.

¹¹ Климонтович Н. Ю. Без формул о синергетике. Минск: Выш. шк., 1986. 223 с.

¹² Степин В. С. Теоретическое знание. М.: Прогресс-Традиция, 2000.

Возвращаясь к теме раздела, укажем, что о синергетике, как новом способе **мировидения**, впервые в отечественной литературе написано в статье¹³ ровно двадцать лет назад. Как уже указано в предисловии к главе, истекшие два десятилетия характеризовались лавинообразным ростом публикаций на синергетическую (s. l.) проблематику. Не имея возможности охватить их все или хотя бы большую часть, «точечно» остановимся на одном подходе, получившем название NBIC-конвергенции*. Термин, названный по первым буквам соответствующих областей (N – нано; B – био; I – инфо; C – когно**), введен в 2002 г. М. Роко и У. Бейнбриджем. На рис. 1.1 показана схема, отражающая природу NBIC-конвергенции.



Рис. 1.1. Карта пересечений новейших технологий¹⁴ (авторская переработка схемы из доклада Mapping the Structure and Evolution of Science (K. Borner, 2006)).

В основу положен метод визуализации, основанный на взаимном цитировании и кластерном анализе. Используются несколько тысяч научных

* Конвергенция (лат. converge – сближаю) – процесс сближения, схождения (в разном смысле). К примеру, в геологии это могут быть: формирование одинаковых объектов в результате различных преобразований; процесс схождения тектонических плит и мн. др.

** Когнитивность (лат. cognitio – познание, изучение, осознание) – термин, используемый в нескольких, довольно сильно друг от друга отличающихся контекстах, обозначающих способность к умственному восприятию и переработке внешней информации // ru.wikipedia.org/wiki.

¹³ Князева Е. Н., Курдюмов С. П. Синергетика как новое мировидение: диалог с И. Пригожиным // Вопросы философии. 1992. № 12. С. 3-20.

¹⁴ Прайд Валерия, Медведев Д. А. Феномен NBIC-конвергенции: Реальность и ожидания // Философские науки. 2008. № 1. С. 97-117.

журналов (черные точки на схеме), где исследовалось более миллиона статей. Связи между близкими журналами – это серые линии на схеме.

В рассмотренной статье¹⁴ указано, что отличительными особенностями NBIC-конвергенции являются:

- интенсивное взаимодействие между указанными научными и технологическими областями;
- значительный синергетический эффект (! – В. А.);
- широта охвата рассматриваемых предметных областей;
- выявление перспективы качественного роста технологических возможностей индивидуального и общественного развития человека.

В целом не составляет труда провести аналогию между постнеклассической парадигмой В. С. Стёпина (см. табл. 1.1) и NBIC-конвергенцией. На наш взгляд, изложенное является хотя и минимальной, но достаточной проверкой суждений о значимости синергетических представлений на сегодняшнем этапе бурно дифференцирующихся отраслей знания. Дополнительно отметим, что истоки этих представлений лежат в предложении А. А. Богданова, заключающемся в объединении всех человеческих, биологических и физических наук. Его тектология¹⁵ по сути предвосхитила кибернетику Н. Винера и общую теорию систем Л. Берталанфи. В ней предлагалось выделять два универсальных типа систем:

- централистический, для которого характерно наличие центрального, более высокоорганизованного комплекса, по отношению к которому все остальные играют роль периферии;
- скелетный, когда системы образуются за счет организации низших группировок.

Формирование систем осуществляется в соответствии с двумя универсальными организационными критериями:

- формирующий принцип ингрессии;
- регулирующий принцип мирового отбора.

Устойчивое состояние систем наблюдается в сбалансированности противоречий. Его нарушение влечет за собой разрушение системы.

Завершив «парадигмально-конвергенционный» разбор ситуации, вернемся к синергетике, s. 1. В интервью¹⁶, данном ее «отцом-основателем» Г. Хакеном в 1998 г., он так определил **ключевые слова**, раскрывающие суть синергетического мировидения.

1. Исследуемые системы состоят из нескольких или многих одинаковых или разнородных частей, которые находятся во *взаимодействии* друг с другом.

¹⁵ Богданов А. А. Тектология. Всеобщая организационная наука. М.: Экономика, 1989. Кн. 1, 304 с.; Кн. 2. 351 с. (Первые издания в 3-х частях: 1913-1922 гг.; вторые и третьи: 1925-1929 гг.).

¹⁶ Синергетике – 30 лет. Интервью с Г. Хакеном // Вопросы философии. 2000. № 3. С. 53-61. См. также: Князева Е. Н., Курдюмов С. П. Основания синергетики. Человек, конструирующий себя и свое будущее. М.: КомКнига, 2006. С. 179-191.

2. Эти системы являются *нелинейными*.
3. При рассмотрении физических, химических и биологических систем речь идет об *открытых системах*, далеких от теплового равновесия.
4. Эти системы подвержены внутренним и внешним *колебаниям*.
5. Системы могут стать *нестабильными*.
6. Происходят *качественные изменения*.
7. В этих системах обнаруживаются *эмерджентные* новые качества.
8. Возникают *пространственные, временные, пространственно-временные и функциональные структуры*.
9. Структуры могут быть *упорядоченными* или *хаотическими*.
10. Во многих случаях возможна *математизация*.

Из перечисленного отчетливо видна преэминентность синергетики от общей теории систем (ОТС), предложенной Л. фон Берталанфи в 1930-е годы и описанной им в начале 1950-х^{17, 18}. Известный исследователь в области философии и истории науки В. Н. Садовский прямо указывает: «Кардинальный поворот в этом отношении (развитии ОТС. – В. А.) произошел только в последней четверти XX в. Этот второй период развития современных системных исследований еще не завершился. Его главная отличительная особенность состоит в переходе от исследования условий равновесия систем к анализу неравновесных и необратимых состояний сложных и сверхсложных систем»¹⁹. Исходя из этого, вполне можно полагать, что **синергетика – это системный анализ сегодняшнего дня**. В то же время не следует забывать, что в целом системный подход по охвату шире синергетического. Действительно, это без системы нет синергетики. Что же касается ОТС, то ею рассматриваются **все** системы, а не только самоорганизующиеся. «Системный анализ шире синергетического»^(11, с. 217).

Возвращаясь в завершение к «трем китам», вынесенным в заголовок раздела и перечисленным в его начале, отметим, что в перечне из 10 «ключевых слов», приведенном выше, отсутствуют «философская рефлексия» и сравнительно немного места уделено математике. Главный упор сделан именно на нелинейную динамику открытых систем, что по сути и является краеугольным камнем синергетического мировидения (см. Введение). Иначе, это собственно синергетический подход в трактовке В. И. Жилина (см. начало раздела).

Наконец, еще раз подчеркнем особую важность **нелинейности** рассматриваемых процессов (п. 2 в вышеприведенном перечне). Следует, по-

¹⁷ Bertalanffy L. fon. General System Theory // General Systems. 1956. Vol. I.

¹⁸ Bertalanffy L. fon. General System Theory – A Critical Review // General Systems. 1962. Vol. VII. P. 1-20. См. также: Берталанфи Л. фон. Общая теория систем – критический обзор // Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969. С. 28-82.

¹⁹ Садовский В. Н. Людвиг фон Берталанфи и развитие системных идей в XX веке // Системный подход в современной науке. М.: Прогресс-Традиция, 2004. С. 7-36.

видимому, согласиться с Д. И. Трубецковым, который работу²⁰ начал следующим, первым (!) параграфом: «"Нелинейность" – эссе (! – В. А.) Ю. А. Данилова, лучше которого не написать». Практически полный вариант данного эссе приведен в указанной книге²⁰; мы приведем только некоторые абзацы из этого поистине научно-панегирического сочинения. Не стоит забывать, что цитируемые строки написаны ровно 30 лет назад.

«Нелинейность всепроникающа и вездесуща, многолика и неисчерпаемо многообразна. Она повсюду: в большом и в малом, в явлениях быстротечных и длящихся эпохи. Нелинейность – это рождение и аннигиляция элементарных частиц. Красное пятно на Юпитере и оглушительный хлопок пастушьего кнута, биение сердца и всепроникающий луч лазера, теплый свет свечи и нескончаемая изменчивость волн, болезни и исцеление, вызов искусству аналитика и мастерству экспериментатора, надежды и бессилие создателей теорий и тех, кто подвергает их замыслы суровой экспериментальной проверке.

...

Мир линейных функций утомительно однообразен: стоит изучить лишь одну линейную функцию, как вы знаете все наиболее существенное о всех линейных функциях. Не приносит каких-либо неожиданностей и переход к большему количеству измерений. Геометрический образ линейной функции, каков бы ни был ее физический смысл, в зависимости от числа переменных – прямая, плоскость или гиперплоскость. На одинаковые приращения независимой переменной линейная функция беспристрастно откликается одинаковыми приращениями.

...

Мир нелинейных функций, так же как и стоящий за ним мир нелинейных явлений, страшит, покоряет и неотразимо манит своим неисчерпаемым многообразием. Здесь нет места чинному стандарту, здесь безраздельно господствуют изменчивость и буйство форм. Геометрический образ нелинейной функции – кривая на плоскости, искривленная поверхность или гиперповерхность в пространстве трех или большего числа измерений. На одинаковые приращения независимой переменной одна и та же нелинейная функция откликается по-разному, в зависимости от того, какому значению независимой переменной придается приращение. Почти полным безразличием к изменению одних и повышенной чувствительностью к изменениям других значений независимой переменной нелинейные функции разительно контрастируют с линейными»²¹.

²⁰ Трубецков Д. И. Введение в синергетику: Хаос и структуры. 2-е изд. М.: Едиториал УРСС, 2004. 240 с.

²¹ Данилов Ю. А. Нелинейность // Знание-сила. 1982. № 11. С. 34-36.

1.2. Нелинейность и самоорганизация в геологии

Уже из схемы, приведенной на рис. 1.1, отчетливо следует, что отрасль знаний, которую принято называть «Науки о Земле», занимает положение **вне** основного графа междисциплинарных связей. Дополним, что среди таких особенно это относится к геологии, оперирующей весьма трудноосязаемым понятием «геологическое время». Последнее делает невозможным выполнить проверяемый эксперимент, без которого невозможна точная наука.

Не будем вдаваться в рассуждения вроде известного и априорно не имеющего решения вопроса о том, есть ли специфическая геологическая форма движения материи. Этому было посвящено много исследований, в частности, под многозначимым названием «Философские вопросы в геологии». Сразу определим, что полностью разделяем взгляды на то, что в геологии происходит естественная смена классической естественнонаучной парадигмы индуктивно-эмпирического характера на новую, в основе которой лежит (в явной или неявной форме) концепция *самоорганизации*. По сути, возвращаясь к табл. 1.1, мы имеем дело с переходом от гипотетико-дедуктивных и индуктивно-актуалистических построений вида $C \leftrightarrow C_p \leftrightarrow [O]$ к *синергетическим* исследованиям $C \leftrightarrow \{C_p \leftrightarrow O\}$, с потенциальным выходом на конвергентные построения ($C \leftrightarrow C_p \leftrightarrow O$). При этом особо отметим, что «Переход от индуктивной парадигмы к парадигме синергетической – особенность конкретно наук о Земле, дисциплинарная матрица которых была относительно слабо затронута научными революциями начала и середины XX в.»²². Кстати, это мы уже отметили выше, при рассмотрении графа связей на рис. 1.1.

Первая работа, отчетливо акцентированная на синергетику именно в геологических системах, появилась в 1992 г., то есть ровно двадцать лет назад²³. Однако следует иметь в виду, что идеи о широком проявлении самоорганизации в различных геологических процессах привлекали внимание и до этого. Так, еще в 1988 г. А. Э. Конторович предложил рассматривать нефтегазоносный бассейн как саморазвивающуюся открытую систему с присущей ей нелинейностью протекающих процессов²⁴. Укажем, что и автор представленной работы в те же годы писал следующее: «...(приведенные) данные свидетельствуют о повышении концентрации углей наряду с усложнением и повышением уровня организации структуры объектов и особое подтверждение находят при рассмотрении принципов неравновесности, анализируемых И. Пригожиным и др. (1986 и др.). Так, процессы эволюции в закрытых (у нас – направленно закрывающихся) системах ведут к тепловому равновесию (!) – именно эту роль выполняют мощные угольные пласты – своего рода дисси-

²² Егоров Д. Г. Изменение парадигм в современных науках о Земле. М.: Academia, 2004. 184 с.

²³ Летников Ф. А. Синергетика геологических систем. Новосибирск: Наука, 1992. 230 с.

²⁴ Конторович А. Э. Нефтегазоносный бассейн как саморазвивающаяся система // Количественная оценка перспектив нефтегазоносности слабоизученных регионов. М.: Недра, 1988. С. 121-138.

пативные структуры, характеризующие переход от беспорядка к порядку; новое состояние материи, отражающее взаимодействие данной системы с окружающей средой» (²⁵, с. 26).

Накопившийся за истекший 20-летний период материал по «геологической синергетике» хотя и достаточно обширен, но все же мало соизмерим со многими другими отраслями знания и слабо «вмонтирован» в общую картину синергетического мировидения (см. рис. 1.1). Достаточно полное представление о прогрессе, достигнутом за эти два десятилетия, состоянии вопроса и стоящих задачах можно, к примеру, получить из обобщений, выполненных в последние годы^{26, 27}. Особенно следует отметить две фундаментальные сводки по полосчато-железородной формации (ПЖФ) Кольского полуострова^{28, 29}. Не имея возможности и места для разбора этих уникальных монографий, обратимся к их аннотациям, приводимым в авторском варианте. Начнем с первой работы.

«В книге (²⁸ – В. А.) в доступной форме изложены основные понятия теории самоорганизации (синергетики) и даны их наглядные геологические иллюстрации. Рассмотрены основные типы геологических фракталов, показаны способы определения фрактальной размерности, дано представление о мультифракталах применительно к задачам петро- и геофизики, продемонстрирована связь геометрических фракталов с детерминированно-хаотической динамикой природных и технических систем. Отдельный раздел посвящен самоорганизованной критичности и ее следствиям для решения традиционных геологических задач. Особое внимание уделено свойствам детерминированно-хаотических геометрических структур, представляющих собой пример сверхсложной организации минерального вещества. Даны ограничения для геологических реконструкций: палеотектонических, палеомагнитных, геохимических, термодинамических и др. На разнообразных геологических примерах самого разного масштаба (от минерального зерна до литосферы в целом) показано, что геологическая среда самоорганизуется таким образом, чтобы максимально эффективно диссипировать поступающую в нее эндогенную энергию».

²⁵ Алексеев В. П. Внутриконтинентальные раннемезозойские угленосные отложения азиатской части СССР (состав, строение и условия размещения): автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Л., 1990. 32 с.

²⁶ Наймарк А. А. О нелинейных процессах в геологии / Хаин В. Е., Рябухин А. Г. История и методология геологических наук: учебник. М.: Изд-во МГУ, 2004. С. 254-265.

²⁷ Иванов А. В. Моделирование глобальных процессов // Моделирование нелинейной динамики глобальных процессов. М.: Изд-во МГУ, 2010. С. 117-187.

²⁸ Горяинов П. М., Иванюк Г. Ю. Самоорганизация минеральных систем. Синергетические принципы геологических исследований. М.: ГЕОС, 2001. 312 с.

²⁹ Иванюк Г. Ю., Горяинов П. М. и др. Самоорганизация рудных комплексов. Синергетические принципы прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых. М.: ГЕОКАРТ-ГЕОС, 2009. 392 с.

Высказанные соображения не обошлись без критических замечаний, что выглядит абсолютно естественным. Так, в развернутой статье³⁰ приводится ряд возражений, состоящий из семи позиций, которые вкратце могут быть изложены в следующем виде.

1. Нет просто набора признаков (факты), а есть признаки и формы связи внутренние, существенные (генетические) и внешние, несущественные.
2. Для каждой геологической эпохи должны быть созданы свои эталоны, что следует из необратимого развития Земли. При наличии таких эталонов внешние признаки (автоволны, фракталы и пр.) можно использовать, а их отсутствие ведет, как правило, к некорректным результатам.
3. Объективный контроль исследований (что особенно затруднено для древних толщ при отсутствии эталонов) должен по возможности сопровождать все стадии исследований.
4. Выглядит неубедительным стремление решать геологические задачи антиисторическими математическими и физическими методами.
5. Недостаток предложенного подхода кроется в порочной логике мышления – от признаков и форм связей внешних к признакам и связям внутренним, существенным (генетическим).
6. Рецепт по выходу из кризиса состоит не в признании синергетики как универсальной науки будущего, а в переходе «на рельсы» исторического, диалектического мышления.
7. «Новая парадигма ... не только приближает нас к разгадке геологического прошлого Земли, а, наоборот, еще больше дезориентирует в поисках объективных путей решения задач, стоящих перед геологами».

Очевидно, что перечисленные замечания составлены с позиций «классической» парадигмы «Субъект ↔ Средства ↔ [Объект]» (см. табл. 1.1), с подчеркнутой ролью сравнительно-исторического (генетического) подхода. В принципе их можно свести к ключевому, 7-му пункту: нужна ли синергетика? что она может дать нового? – это обозначено и в названии статьи³⁰. Во многом ответ на данный вопрос дан во второй книге²⁹, аннотацию к которой приведем с некоторыми сокращениями.

«В книге (²⁹ – В. А.) приведен детальный анализ с позиций теории самоорганизации двух принципиально различных рудных комплексов: месторождений железистых кварцитов Кольского полуострова и апатито-нефелиновых месторождений Хибинского массива. Показано, что, несмотря на различную природу этих комплексов (метаморфогенную в первом случае и магматогенную во втором), они имеют необычайно большое число общих черт: и железорудные, и апатитовые тела формируют фрактальные штокверки ($D = 2,2-2,7$) в осевых частях фрактальных же ($D = 2,5-2,7$) рудовмещаю-

³⁰ Бергман И. А. Нужна ли геологии парадигма П. М. Горяинова и Г. Ю. Иванюка? // Отечественная геология. 2009. № 2. С. 82-91.

щих комплексов...; контролируют симметричную структурно-вещественную зональность последних; сложены рудами с фрактальной текстурой, определяемой сочетанием фрактальных полосчатости ($D = 0,6-0,9$) и плейчатости ($D = 1,0-1,3$) и связанной с составом и свойствами самих руд и слагающих их минералов; приурочены к приповерхностным частям рудных зон и сопровождаются фрактальными брекчиями, бескорневыми дайками основных пород..., многочисленными телами пегматитов и гидротермалитов, сконцентрированными на границах рудных тел и др. На основании полученных данных разработаны критерии для выделения диссипативных геологических структур и ряд подходов к их исследованию».

Из приведенной аннотации достаточно явно следуют принципиально новые данные, которые не могли быть получены в ключе «классических» геологических исследований, выполняемых в рамках классической же парадигмы. Положительный ответ на вопрос о достоверности полученных данных содержится уже в сравнении сходных результатов по принципиально разным геологическим объектам.

Правомерность широкого применения синергетических представлений в областях, далеких от физико-математических исследований (к примеру, философии, лингвистике, образовании), скептически оценена В. Б. Губиным, относящим такие рассуждения к псевдосинергетике⁹ (см. п. 1.1). Аргументация против неоправданного «жонглирования» синергетическими понятиями сведена к следующему (текст приводится с небольшими изменениями стилистического характера).

«Опасность интенсивного внедрения псевдосинергетики в науки, особенно в общественные, заключается в полном непонимании того, что такое синергетика, в неизбежном назывании применением синергетического подхода простого сопровождения словом «синергетика» различных необоснованных утверждений, выдаваемых за научные, и результирующем отбрасывании нормальных наработок многих методов конкретных наук.

Заявляемые предложения новых, каких-то синергетических подходов часто в действительности оборачиваются, в первую очередь, отбрасыванием прежних, уже апробированных подходов и теорий, прерыванием естественного развития познания и наук и предложением взамен прежнего теперь в лучшем случае пустышек – просто неконкретных предисловий и обещаний, а в худшем – отвлечения внимания от нормальной науки и ее дискредитацией»⁹.

Завершим обозначенную дискуссию (конечно, только в предложенной книге) в своего рода диалоговом режиме. Для этого развернем изложенные ранее представления³¹ в несколько более широком ракурсе (табл. 1.2).

³¹ Алексеев В. П. Использование представлений о нелинейности в нефтегазовой литологии: pro et contra // Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли: Мат-лы V Всерос. литол. совещания. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. Т. 1. С. 13-16.

Синергетика в геологии: «за» и «против»

«За» (pro)	«Против» (contra)
Синергетическое мировидение предоставляет комплексность представлений об объектах и процессах, включая их трансляцию на разные уровни организации геологических тел	«Методы синергетики избыточны там, где нет системы» (¹⁰ , с. 44). Иначе, для рассмотрения самоорганизации необходимо убедиться в наличии системы с определяющим эмерджентным* признаком
Наиболее высока эффективность при переходе на неклассическую парадигму: Субъект ↔ {Средства ↔ Объект} (см. табл. 1.1); потенциально возможен «прорыв» в постнеклассику	Отрыв от классической парадигмы, привычный для геологического мышления (см. приведенные выше замечания И. А. Бергмана ³⁰ , особенно 4-7).
Методология открывает принципиально новые возможности при построении геологических моделей, учитывающих, в частности, широкое проявление конвергентности объектов и процессов (см. п. 1.1; рис. 1.1)	Методология затруднительна для использования при недостаточности исходных данных и (или) малой подготовленности пользователя (субъекта)

* Эмерджентность (лат. *emerge* – возникаю, появляюсь) – свойство целого, несводимое к сумме свойств составляющих. Близкое понятие – «системный эффект». Возможно, будет небезынтесным отметить, что данное явление было определено задолго до появления современного понимания системного анализа. Так, в работе выдающегося отечественного экономиста Н. Д. Кондратьева³² написано следующее (ссылки на разных авторов, имеющиеся в оригинале статьи, нами опущены).

«... строение конкретного мира можно представить себе в виде последовательно усложняющихся сфер событий: каждая следующая сфера или ее отрезок представляет из себя своеобразное целое, своеобразную совокупность большого числа элементов, каковыми являются события (вещи, явления) нижестоящих предшествующих сфер.

Так, атомы являются своеобразной совокупностью большого числа корпускул, материя – совокупностью атомов, организм – своеобразной совокупностью клеток, общество – реальной совокупностью людей (*sic!* – сравнить с рис. 1.1. – В. А.). Отсюда ясно, что понятия элемента-части и совокупности-целого относительно. Вместе с тем необходимо особенно подчеркнуть, что *каждая данная совокупность не является простой суммой составляющих ее элементов и не может быть понята из свойств отдельных элементов как таковых* (курсив наш. – В. А.). Каждая совокупность представляет из себя нечто новое, своеобразное, которое лишь в конечном счете могло бы быть сведено к более элементарным явлениям».

Подводя итоги по разделу, вернемся к его началу. Было указано, что первая крупная работа по синергетике геологических систем принадлежит Ф. А. Летникову²³. Весьма интересны его представления, изложенные два-

³² Кондратьев Н. Д. Теория предвидения и методология перспективного планирования. Проблема предвидения // Вопросы конъюнктуры. М., 1926. Т. 2. Вып. 1. С. 1-42. См. также: Кондратьев Н. Д. Избранные сочинения. М.: Экономика. 1993. С. 116-165.

дцать лет спустя. Приведем их посредством цитирования авторской аннотации к небольшой статье³³.

«Рассматриваются особенности геологического развития Земли с позиций синергетики. Отмечается, что Земля является нелинейной открытой самоорганизующейся системой, в процессе развития которой сформировались различные по составу оболочки. В кислородной сфере локально возникают, функционируют и со временем исчезают бескислородные скопления сульфидов, углеводородов и т. д. Дан анализ причин проявления дискретных процессов организации, накладывающихся на самоорганизующуюся систему Земли и связанных с проявлением внешних гравитационных сил триады Солнце – Земля – Луна. Характеризуются тектонические процессы в порядке уменьшения их энергетического потенциала. Отмечается, что эволюция геологических самоорганизующихся систем – это процесс возникновения принципиально иных подсистем с новыми качествами, с совсем иными свойствами и параметрами существования, что значительно осложняет анализ их «родственных» связей. Рекомендуются применение для целей прогноза методов и подходов одной из областей синергетики – парадигмы динамического хаоса».

Из приведенного, на наш взгляд, отчетливо следует высокая «организующая» роль синергетического мышления или мировидения, охватывающего все стороны многоаспектного геологического знания.

1.3. Нелинейная литология и структура представленной работы

Приведенные выше сведения позволяют полагать, что в геологии наиболее рационален синергетический подход как своеобразно-«промежуточный» между собственно синергетическим и философским (см. начало раздела), больше соответствующий неклассической парадигме (см. табл. 1.1). Выше мы отметили, что наиболее успешно идеи синергетики использованы в геотектонике и сейсморазведке²⁷; реализованы при изучении ПЖФ Кольского полуострова^{28, 29} (см. раздел 1.2).

Специальные работы по синергетике в литологии, т. е. касающиеся процессов самоорганизации в осадочных толщах, нам неизвестны. Скорее всего, это легко объяснимо обычным снобизмом «классических» геологов в отношении таковых. Как бы то ни было, попробуем восполнить существующую лауну, в основном базируясь на авторских работах последнего десятилетия. Прежде всего, это относится к серии изданий³⁴⁻³⁸, в каждом из ко-

³³ Летников Ф. А. Синергетические аспекты геологического развития Земли // Известия ТПУ. 2011. Т. 319. № 1. С. 6-11.

³⁴ Угленасыщенность, петрографический состав и метаморфизм углей тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. 158 с.

³⁵ Состав и генезис отложений тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 209 с.

торых приведены примеры использования синергетического подхода для характеристики геологических объектов и (или) процессов. В них мы опирались на детальные исследования некоторых объектов обширного Западно-Сибирского осадочного мегабассейна (ЗСОМБ); в первую очередь – Шаимского нефтегазоносного района (НГР), Приуральской нефтегазоносной области (НГО). Меньшие по объему, но также детальные работы выполнены по Красноленинскому НГР и «точечные» – по ряду месторождений Широкого Приобья (Сургутский и Нижневартовский НГР). Все эти районы показаны на карте Западно-Сибирского НГБ (рис. 1.2), а их стратиграфическое положение можно найти на сводной колонке (рис. 1.3), к которой мы будем в дальнейшем обращаться при необходимости.

Именно осадочные породы представляют собой, по нашему мнению, наиболее «благодарный» материал для постановки любых исследований, в том числе и синергетического характера. Этому имеется несколько объяснений. *Во-первых*, данные отложения занимают до 75 % территории суши, со средней толщиной осадочного чехла на континенте 4,2 км, достигающей в отдельных впадинах 20-30 км. Кстати, попутно отметим, что с ними связано и до 95 % полезных ископаемых, в том числе практически все, относимые к горючим. *Во-вторых*, им присуща четкая иерархичность* строения, что является важнейшим условием для постановки системных → синергетических исследований (см. табл. 1.2). *В-третьих*, именно для осадочных отложений применим историко-генетический или сравнительно-исторический подход, являющийся краеугольным камнем «классической» геологической парадигмы.

Оставляя за скобками как бы «заданное» историей Земли широкое распространение осадочных толщ, обратимся к их двум другим ведущим характеристикам, отмеченным выше. В табл. 1.3 приводятся сведения об *иерархическом* строении основной части земной оболочки, изучаемой геологией. Сразу отметим, что, по мнению большинства геологов, формационный уровень (5-й ранг в табл. 1.3) складывается непосредственно горнопородным (3-й ранг там же). Тем самым наличие самостоятельного циклического или надгорнопородного уровня (4-й ранг там же) игнорируется, причем обычно без объяснения причин. Ну а то, что именно слоистые (s. l.) толщи наиболее подходят для реализации синергетического подхода, продемонстрировано работами по ПЖФ^{28, 29}, на что показано выше.

* Иерархия (греч. hieros – священный, arche – правление) – порядок подчиненности низших звеньев высшим, организация их в структуру типа дерево. Ситуативно подчиненность может возникать по горизонтальному принципу, это качество гибкости системы управления // ru.wikipedia.org/wiki.

³⁶ Строение и корреляция отложений тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. 227 с.

³⁷ Стратиграфия и палеогеография мезозойско-кайнозойского осадочного чехла Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. 257 с.

³⁸ Состав, строение и условия формирования коллекторов группы ВК восточной части Красноленинского нефтяного месторождения (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 325 с.

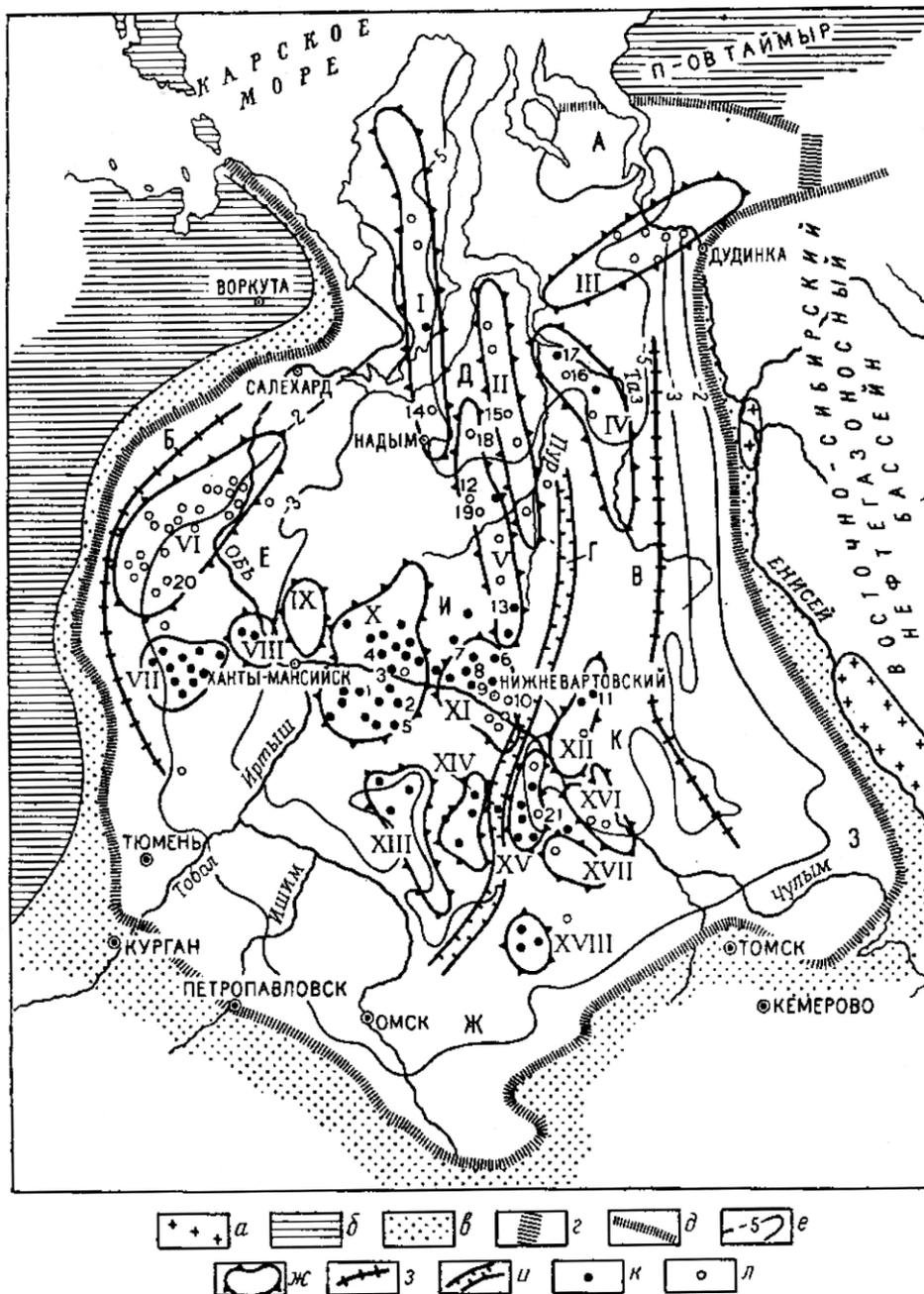


Рис. 1.2. Западно-Сибирский нефтегазоносный бассейн³⁹:

a – выходы на поверхность пород байкальской складчатости; *б* – выходы герцинского фундамента бассейна на поверхность; *в* – аконсервационная зона; *г* – Янгодо-Горбитское межбассейновое поднятие; *д* – границы бассейна; *е* – изолинии глубин фундамента в км; *ж* – своды, валы; *з* – прогибы; *и* – надразломные желоба; месторождения: *к* – нефтяные и газонефтяные, *л* – газовые и конденсатногазовые.

Своды, валы: I – Медвежье-Ямальский; II – Уренгойский; III – Мессояхско-Рассохинский; IV – Тазовский; V – Юбилейно-Варьеганский; VI – Северо-Сосьвинский; VII – Шаимский; VIII – Красноленинский; IX – Ляминский; X – Сургутский; XI – Нижневартовский; XII – Александровский; XIII – Верхнедемьянский; XIV – Каймысовский; XV – Средневазюганский; XVI – Сенькино-Сильгинский; XVII – Пудинский; XVIII – Межовский. *Впадины, прогибы*: А – Усть-Енисейская; Б – Ляминский; В – Касский; Г – Колтогорско-Пурский. *Синеклизы*: Д – Обско-Тазовская; Е – Мансийская; Ж – Омская; З – Чулымо-Енисейская. *Антеклизы*: И – Хантейская; К – Вахская.

Месторождения: 1 – Правдинское; 2 – Мамонтовское; 3 – Усть-Балыкское; 4 – Быстринское; 5 – Южно-Балыкское; 6 – Самотлорское; 7 – Северо-Покурское; 8 – Ватинское; 9 – Мегионское; 10 – Вартовско-Соснинское; 11 – Охтеурьевское; 12 – Губкинское; 13 – Варьеганское; 14 – Медвежье; 15 – Уренгойское; 16 – Заполярное; 17 – Тазовское; 18 – Юбилейное; 19 – Комсомольское; 20 – Пунгинское; 21 – Мыльджинское

³⁹ Бека К., Высоцкий И. Геология нефти и газа. М.: Недра, 1976. 592 с.

ВОЗРАСТ, млн лет	ЭПАТЕМА (сра)	СИСТЕМА (период)	ОТДЕЛ (эпоха)	ЯРУС (век)	ПОДЯРУС	НАДГОРИЗОНТ	ГОРИЗОНТ	СВИТА						ИНДЕКС СЕИМСИЧЕСКИХ ГРАНИЦ	СЕМНО-КОМПЛЕКС	СЕМНО-ФОРМАЦИЯ	ГЛУБИНА, м	ЛИТОЛОГИЯ	НЕФТЕГАЗО-НОСНОСТЬ	НЕФТЕГАЗО-КОМПЛЕКСЫ
								ФЛОПОВСКАЯ НГО	СРЕДНЕВОСКАЯ НГО	КАИМЫНОВСКАЯ НГО	ВАСЮГАНСКАЯ НГО	ПАДУГЛИНСКАЯ НГО	ТУРТАССКАЯ							
25	КАИНОЗОИСКАЯ, КЗ	ПАЛЕОГЕНОВАЯ, Р	ЛИХОЦЕН ПРОЦЕН	ХАТТСКИЙ РОПЕЛЬСКИЙ	P_2^h P_2^f		ЖУРАВЬСКИЙ НОВОМИХАЙЛОВСКИЙ АТЛЫМСКИЙ	ТУРТАССКАЯ НОВОМИХАЙЛОВСКАЯ АТЛЫМСКАЯ	ТУРТАССКАЯ ЧЕРТАЛИНСКАЯ АТЛЫМСКАЯ	ТУРТАССКАЯ ЧЕРТАЛИНСКАЯ АТЛЫМСКАЯ	КАРЛИКОВСКАЯ	ϵ_2	НЕРАСОВСКИЙ			50-150				
35,5			ОЛИГОЦЕНОВЫЙ	ПРИАБОНСКИЙ БАРТОНСКИЙ	P_3^p P_3^b		ТАВДИНСКИЙ	ТАВДИНСКАЯ	ЮРКОВСКАЯ			ϵ_1	НАЗЫВАЕВСКИЙ	ВЕРХНЯЯ		350-400				
50,5			ПАЛЕОЦЕН	ЛЮТЕТСКИЙ ИПРСКИЙ ТАНЕТСКИЙ ЗЕЛАНДСКИЙ ДАТСКИЙ	P_4^l P_4^i P_4^t P_4^z P_4^d		ЛЮЛИНВОРСКИЙ ТАЛИЦКИЙ	ЛЮЛИНВОРСКАЯ ТАЛИЦКАЯ	ТАЛИЦКАЯ	ТАЛИЦКАЯ		ϵ κ		СРЕДНЯЯ НИЖНЯЯ		450-650				
65				МААСТРИХТ	K_{4t}		ГАНЬКИНСКИЙ	ГАНЬКИНСКАЯ	ГАНЬКИНСКАЯ	ПАРЯВЬСКАЯ ТАЛИЦКАЯ		ζ_1 ζ		ВЕРХНЯЯ		700-850			ТУРОН-СЕНОМАНСКИЙ	
70				КАМΠΑН	K_{2cp}		СЛАВГОРОДСКИЙ	СЛАВГОРОДСКАЯ	СЛАВГОРОДСКАЯ	СЛАВГОРОДСКАЯ						800-850				
75				САНТОН	K_{2s}		ИПАТОВСКИЙ	БЕРЕВОВСКАЯ	БЕРЕВОВСКАЯ	ИПАТОВСКАЯ	ИПАТОВСКАЯ					900-950				
80,5				КОНЬЯК	K_{2k}											1000-1050				
85,5				ТУРОН	K_f		КУЗНЕЦОВСКИЙ	КУЗНЕЦОВСКАЯ	КУЗНЕЦОВСКАЯ			Γ_1 Γ				1100-1200				
90,5				СЕНОМАН	K_{2c}		УВАТСКИЙ	УВАТСКАЯ	УВАТСКАЯ	УВАТСКАЯ	УВАТСКАЯ	M_2				1250-1300			АТТ-СЕНОМАНСКИЙ	
95,5				АЛЬБЕ	K_{1a}		ХАНТЫ-МАРИЙСКИЙ	ХАНТЫ-МАРИЙСКАЯ	ХАНТЫ-МАРИЙСКАЯ	ХАНТЫ-МАРИЙСКАЯ	УВАТСКАЯ	M_1				1300-1450				
105	МЗ	ОВАЯ, К		АТТ	K_{1a}		ВИКУЛОВСКИЙ	ВИКУЛОВСКАЯ	ВИКУЛОВСКАЯ	ВИКУЛОВСКАЯ	ВИКУЛОВСКАЯ	M				1500-1650				

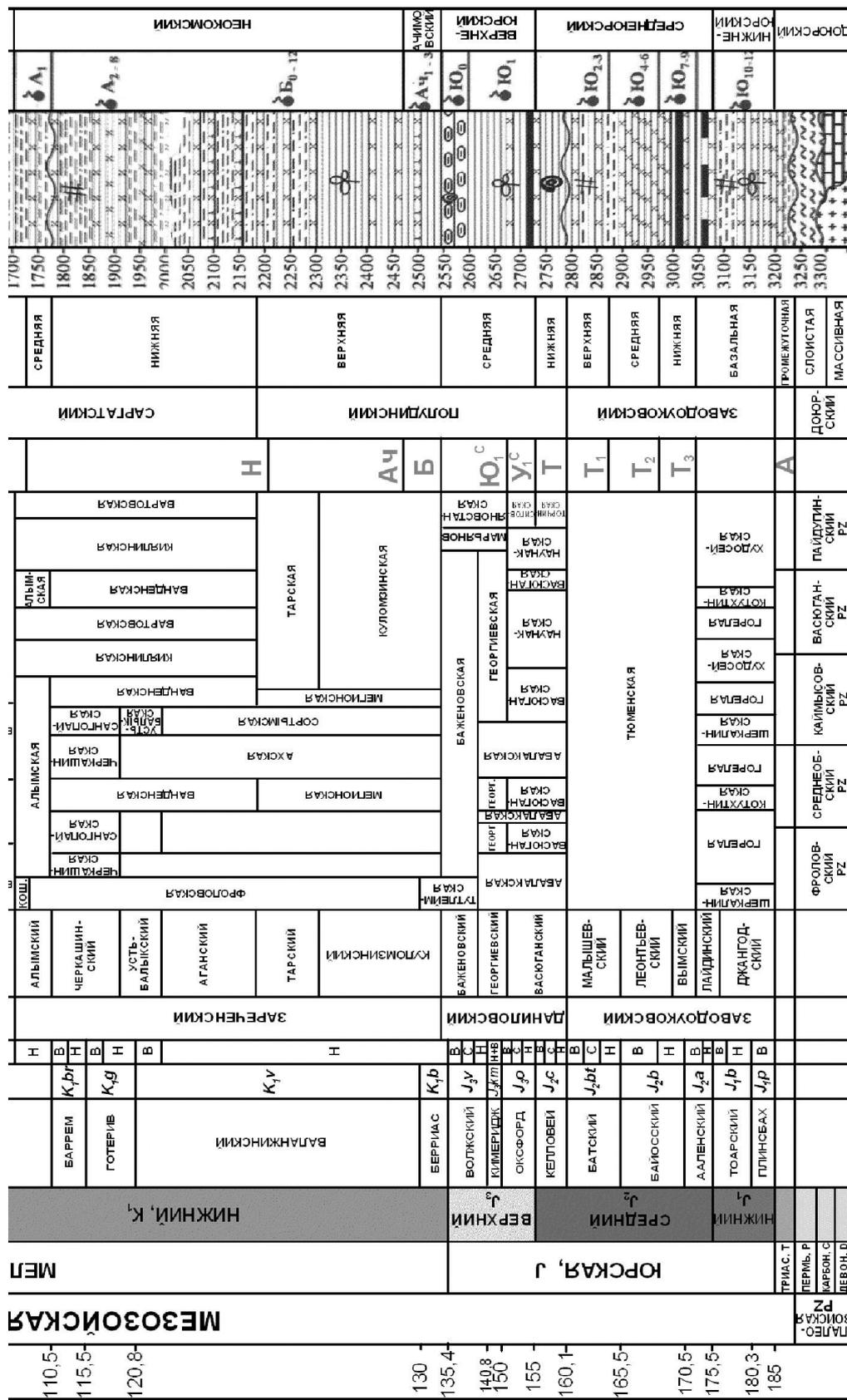


Рис. 1.3. Формационно-стратиграфический разрез Ханты-Мансийского и Томского Приобья⁴⁰

⁴⁰ Глебов А. Ф. Геолого-математическое моделирование нефтяного резервуара: от сейсмоки до флюидодинамики. М.: Научный мир, 2006. 344 с.

В этой же табл. 1.3 приведено примерное соответствие исследований с четкой *генетической* (фациальной) направленностью основным уровням организации геологических тел. Тем самым применяемые нами изначально историко-геологические построения позволяют «снять» соответствующие замечания, изложенные в статье И. А. Бергмана³⁰ (см. п. 1.2). При этом взгляд на генетические и не только реконструкции через «очки» синергетического мировидения позволяет по-новому увидеть некоторые, казалось бы, совершенно тривиальные аспекты.

Таблица 1.3

Ранговая шкала структурных единиц Земли (с использованием ранжирования уровней по О. А. Вотаху⁴¹)

Уровни		Объекты (структурные единицы)	Эмерджентное свойство (целого, не сводимого к сумме частных)	Метод изучения (анализ)
группа	ранг			
Формационная	6	Формационные комплексы		
	5	Геоформации	Единство палеогеографических условий и геотектонической обстановки	Формационный (ФА)
	4	Наборы (комплексы) пород: циклы	Направленность смены типов пород (фаций)	Фациально-циклический (ФЦА)
Минеральная	3	Фации	Ландшафт (сочетание факторов)	Литолого-фациальный (ЛФА)
		Породы	Устойчивое сочетание минералов	
	2	Минералы		

Так, рассматривая морфологию того или иного геологического тела как знание, учение о его форме (греч. *morphe* – форма и *logos* – наука, знание), следует различать три ее составные элемента: морфометрию как изучение размера форм (греч. *metron* – мера); морфографию как описание форм (греч. *grapho* – пишу) и морфогенезис как изучение происхождения форм (греч. *genesis* – происхождение). Такое понимание впервые, применительно к рудным залежам, четко сформулировано Д. А. Зенковым⁴². К этому дополним, что морфометрическую и морфографическую характеристики можно объединить понятием морфоструктуры (лат. *structure* – строение). Взаимоотношение перечисленных элементов в модельном виде показано на рис. 1.4.

⁴¹ Вотах О. А. Структура вещества Земли. Новосибирск: Наука, 1991. 224 с.

⁴² Зенков Д. А. Морфологический анализ оруденения с точки зрения разведки // Мат-лы по методике разведки полезных ископаемых. М.: Госгеолтехиздат, 1962. С. 97-104.

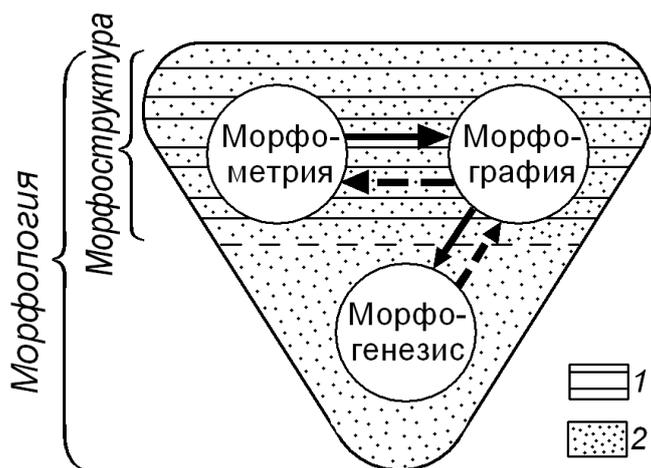


Рис. 1.4. Морфология как учение о форме геологических тел: ее составляющие и взаимоотношения между ними⁴³:

1 – морфоструктура; 2 – морфология в целом

Не вызывает сомнения, что в начале познания любых геологических тел лежит их измерение, метризация. Измерения служат основой для графопостроений, а на базе последних во многом формируются представления о генезисе. Дополним к этому, что в роли графопостроений могут выступать и статистические расчеты некоторого массива исходных данных. Они в своем конечном виде представлены теми же графиками (поля факторов, кластеры и т. п.), позволяющими судить о *внутренних* причинах разделения тех или иных объектов, в соответствии с условиями их формирования. Перечисленное содержит ответ на первое замечание И. А. Бергмана³⁰ (см. п. 1.2), но оставляет «незакрытым» пятое – о недостатке подхода, заключающегося в переходе от внешних признаков и форм связей к внутренним (генетическим) – см. там же. Действительно, с позиций классической парадигмы «Субъект ↔ Средства ↔ [Объект]» (см. табл. 1.1), анализ внешних признаков не дает принципиального решения о генезисе объекта. Иначе обстоит дело в парадигме неклассической «Субъект ↔ {Средства ↔ Объект}», когда ответ зависит и от свойств объекта и от *способа вопрошания, контекста вопроса* (см. табл. 1.1). Именно этот путь заложен в методологии фациальных исследований школы Ю. А. Жемчужникова, которую мы используем в своих работах⁵.

Возвращаясь к рис. 1.4, отметим, что пути прямой последовательности познания изучаемых объектов показаны сплошными стрелками. Возможна и обратная последовательность (пунктирные стрелки) – к примеру, когда сама процедура построения тех или иных чертежей определяет детальность (точность) метризации исходных данных. Отдельно укажем, что любая «метрия» объектов в принципе не может дать достаточно объективного представления об их генезисе. Этим и объясняется отсутствие стрелок между соответствующими составляющими на рис. 1.4; подчеркивается увеличение роли фациальных исследований при смене парадигм (см. выше). Кстати, последнее четко подмечено нефтегазовой литологией последнего десятилетия, где на-

⁴³ Алексеев В. П., Дубяго И. Д., Рефат С. М. Морфометрия как ключ к морфогенезису // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. Вып. 13. С. 146-157.

блюдается повышенное внимание к литолого-фациальным исследованиям. К этому мы будем не раз с удовлетворением обращаться ниже.

Наконец, в завершение как раздела, так и главы в целом, обоснуем выбор структуры представленной работы, с учетом того, что жанр эссе не претендует на «систематическое научное рассмотрение вопроса» (см. Предисловие). В то же время будет естественной наша нацеленность на возможно более системное изложение материала. Сразу отметим, что к этому же мы стремились при написании «Литологических этюдов»⁵.

В табл. 1.4 приведены структуры (оглавления) трех изданий, уже своими названиями претендующих на широкий охват синергетической парадигмы. При этом две первые работы – Г. Г. Малинецкого и сборник «Путь в синергетику» – относятся ко второму из «трех китов» (см. п. 1.1), а именно математическому моделированию. Непосредственно первый «кит», в виде предметного знания характеризует монография П. М. Горяинова и Г. Ю. Иванюка, анонсированная выше. Третий «кит», представляемый философской рефлексией, нами не рассматривается.

Уже беглое рассмотрение структур (оглавлений) двух первых работ^{44, 45} показывает их сходство и различие одновременно. С одной стороны, основные или фундаментальные понятия синергетики – бифуркация, аттракторы, колебания, самоорганизация – рассмотрены во всех изданиях без исключения. С другой – порядок их рассмотрения весьма различен. Что же касается третьей²⁸, то при том же начальном рассмотрении ключевых позиций и понятий синергетики (во II главе: см. табл. 1.4), в последующих основной упор сделан на решение конкретных геологических задач, применительно к специфическому геологическому объекту. Еще в большей степени это относится ко второй книге указанных авторов²⁹, что рассмотрено нами выше.

Итак, суммируем два исходных посыла: 1) необязательность строгого систематического изложения материала; 2) желательность соблюдения некоторой последовательности в его изложении. Последнее, как следует из табл. 1.4, соблюдается в обобщающих работах методологического характера. Исходя из перечисленного, мы и построили структуру или каркас предлагаемого издания, которая приведена в правой части табл. 1.4. Как видно из нее, наше первое эссе соответствует первым же главам всех приведенных работ. Второе во многом соотносится с главой 5 работы Г. Г. Малинецкого и лекцией 8 работы «Путь в синергетику». Третье эссе адекватно четвертым (главе и лекции) из перечисленных работ; четвертое – соответственно, главе 6 и лекции 7. Основы пятого эссе заложены в главах 7, 8 работы⁴⁴ и, по сути, не приводятся в лекциях⁴⁵. Что же касается шестого эссе предлагаемой работы, то оно имеет специфический характер и более близко к главам VI-VII «геолого-синергетической монографии» П. М. Горяинова и Г. Ю. Иванюка (см. табл. 1.4).

Таблица 1.4

Сравнение структуры (оглавлений) работ, посвященных синергетике

Малинецкий Г. Г. Математические основы синергетики ⁴⁴	Путь в синергетику ⁴⁵	Горяинов П. М., Иванюк Г. Ю. Самоорганизация минеральных систем ²⁸	Представленная работа
Глава 1. Математическое моделирование в современном мире и нелинейные явления	Лекция 1. Что такое «синергетика»?	Глава I. Научная парадигма геологии и ее отношение к «новой парадигме посткризисного естествознания»	Эссе 1. Постановка проблемы
Глава 2. Линейные математические модели	Лекция 2. Моделирование – универсальный инструмент синергетики	Глава II. Словарь синергетики	Эссе 2. От бифуркации к фрактальности
Глава 3. Простейшие нелинейные модели	Лекция 3. Математические понятия, без которых не обойтись	Глава III. Фрактальные геологические среды	Эссе 3. Самоорганизация – основа для моделирования
Глава 4. Аттракторы уравнения $\dot{x}=V(x)$	Лекция 4. Динамическая система	Глава IV. Являются ли «хаотические комплексы» хаотическими?	Эссе 4. Инварианты: подходы и пути познания
Глава 5. Элементы теории бифуркаций	Лекция 5. Колебания	Глава V. Детерминированный хаос и самоорганизованная критичность	Эссе 5. Общие закономерности как инвариантные решения частных процессов (событий)
Глава 6. Математические модели теории катастроф	Лекция 6. Волны	Глава VI. Системные ограничения для геологических реконструкций	
Глава 7. Простейшие системы с дискретным временем	Лекция 7. Примеры процессов самоорганизации в различных системах	Глава VII. Самоорганизация тектоносферы при перколяции эндогенной энергии	Эссе 6. Конвергенция и эквифинальность
Глава 8. Автоколебания и предельные циклы	Лекция 8. Бифуркации		
Глава 9. Топологические методы в исследовании нелинейных систем	Лекция 9. Клеточные автоматы		
Глава 10. Нейронные сети	Лекция 10. Динамический хаос		

⁴⁴ Малинецкий Г. Г. Математические основы синергетики. Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. М.: КомКнига, 2005. 312 с.

⁴⁵ Путь в синергетику. Экскурсы в десяти лекциях. М.: КомКнига, 2005. 304 с.

Эссе 2. ОТ БИФУРКАЦИИ К ФРАКТАЛЬНОСТИ

В качестве преамбулы к главе приведем общую классификацию нелинейных систем, характеризующихся проявлением «порядка из хаоса» (рис. 2.1). Показанная для диссипативных* систем последовательность заверяет принятое помещение предлагаемого эссе первым по порядку из собственно содержательных. Тем самым это ближе к порядку изложения сведений в работе Г. Г. Малинецкого⁴⁴, нежели в издании «Путь в синергетику»⁴⁵ (см. табл. 1.4).



Рис. 2.1. Классификация систем, которые проявляют детерминированный хаос (в дальнейшем рассматриваются только диссипативные системы) (⁴⁶, с. 15).

В принципе в земных условиях все исследуемые системы являются диссипативными, при неизбежном наличии сил сопротивления. Поэтому для обеспечения их жизнедеятельности необходим постоянный или эпизодический приток энергии извне, компенсирующий ее потерю при реализации процесса.

2.1. Теория катастроф как основа биниальной парадигмы; фракталы и кластеры

С незапамятных времен происходящие события принято разделять на противоположности (например, Инь – Ян; черное – белое; да – нет). Весьма подробно этот вопрос освещен в интересной работе А. Д. Арманда⁴⁷, имеющей ярко выраженный философско-публицистический характер. Наиболее систематично такой подход реализован в т. н. **биниальной парадигме**, в те-

* Диссипация (лат. *dissipatio* – рассеивание) – переход части энергии упорядоченных процессов в энергию неупорядоченных процессов, в конечном итоге – в тепло. Диссипативная система – это открытая система (рассматриваемая синергетикой. – В. А.), которая оперирует вдали от термодинамического равновесия (на рис. 2.1 – консервативные системы. – В. А.) // ru.wikipedia.org/wiki.

⁴⁶ Шустер Г. Детерминированный хаос: Введение. М.: Мир, 1988. 253 с.

⁴⁷ Арманд А. Д. Два в одном: закон дополнительности. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 360 с.

чение 20 лет активно развиваемой профессором Тюменского гос. нефтегазового университета Ю. С. Папиным⁴⁸. *Биниология* (от лат. *binī* – пара), в его понимании, представляет собой общую парадигму естествознания, характеризующую парную организацию материи, когда в структуре целого ярко выражены две противоположные друг другу части, с наличием третьего звена, ярко угнетенного и занимающего промежуточное состояние по отношению к основным частям. В период с 1996 по 2011 гг. проведено 8 конференций по данной проблеме, шесть из которых (1999, 2001, 2002, 2004, 2007 и 2011 гг.) имели весьма значимое название «Биниология, симметрология и синергетика в естественных науках». Прочитируем примечательное определение, приведенное в статье⁴⁹.

«Синергетика, как известно, рассматривает вопросы самоорганизации и саморазвития материи, в чем не отличается от эволюции (? – В. А.). Признавая бифуркацию (раздвоение) как основной путь самоорганизации материи, синергетика тем самым признает парность в ее строении, хотя прямо об этой закономерности не говорится в работах основоположников данной парадигмы (Пригожин, Стенгерс, 1986; Хакен, 1985; Хакен, 1991)».

Действительно, из изложенного не следует «прямой» увязки декларируемой биниологической парадигмы с синергетикой *s. l.* В то же время, она существует в более частном виде – парность или противоположность сущностей (явлений, процессов и т. д.). Наиболее ярко это проявляется в **бифуркациях**, описываемых теорией катастроф. В работе В. И. Арнольда, ставшей классическим изданием по данному вопросу, дается следующее определение. «Слово «бифуркация» означает раздвоение (* – В. А.) и употребляется в широком смысле для обозначения всевозможных качественных перестроек или метаморфоз различных объектов при изменении параметров, от которых они зависят»⁵⁰, с. 8).

Наиболее наглядно процесс бифуркации показан на рис. 2.2. В верхней части рисунка (а) приведено дихотомическое «раздвоение» протекающего процесса в некоторой точке, обозначенной как точка бифуркации. В нижней части рисунка (б) изображено явление *затягивания потери устойчивости* при бифуркации динамических систем. Оно заключается в том, что после того как некий «...параметр прошел через бифуркационное значение, соответствующее рождению цикла, т. е. мягкому возникновению автоколебаний, система остается в окрестности потерявшего устойчивость состояния равновесия еще некоторое время, за которое параметр успевает измениться на конечную величину. И лишь затем система скачком переходит на родившийся в

* Бифуркация (лат. *bis* – дважды, *furca* – вилы с двумя зубьями) – разделение, разветвление чего-либо в двух направлениях // БСЭ, 2-е изд., т. 5. С. 264.

⁴⁸ Папин Ю. С. Феномен парности в природе. Тюмень: ТюмГНГУ, 2007. 246 с.

⁴⁹ Папин Ю. С. Дихотомия – основа биниальной парадигмы естествознания // Междунар. науч. конгр. – 2004 «Фундаментальные проблемы естествознания и техники». – http://www.shaping.ru/congress/2004_rus_text.asp.

⁵⁰ Арнольд В. И. Теория катастроф. М.: Наука, 1990. 128 с.

момент бифуркации автоколебательный режим, так что потеря устойчивости кажется жесткой» (⁵⁰, с. 27).

В качестве наглядной иллюстрации сказанного приведем два примера, обычно используемых в популярных изданиях по психологии. Рис. 2.3, определяя неустойчивость образа, предусматривает резкое, скачкообразное изменение восприятия изображения: молодая женщина или пожилая леди? На рис. 2.4 сменой картинок иллюстрируется *запаздывание* восприятия. Переход от лица мужчины к девушке (и наоборот) происходит не посередине ряда, а примерно после шести этапов из восьми.

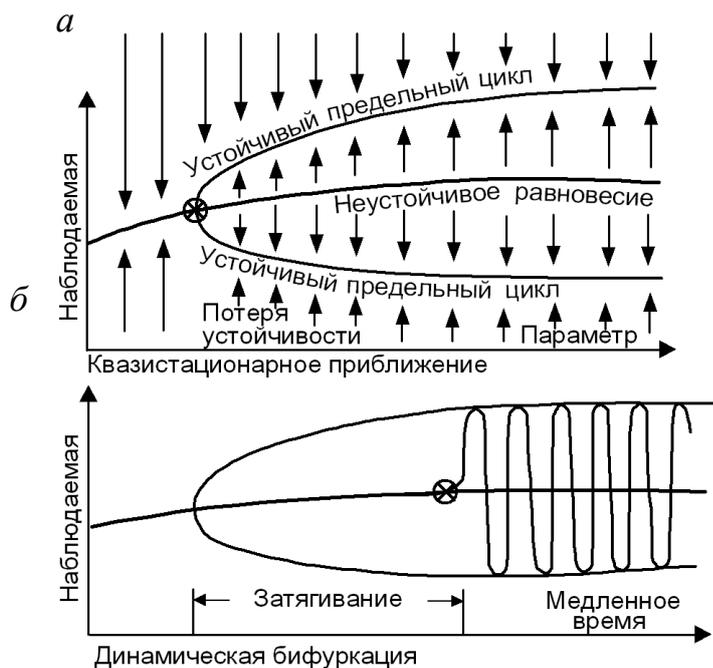


Рис. 2.2 Бифуркация (а) и затягивание процесса устойчивости (б) (⁵⁰, с. 28). Крестиком обозначены точки бифуркации

Рис. 2.3. Неоднозначность смысла (иллюстрация бифуркации): молодая женщина или пожилая леди?

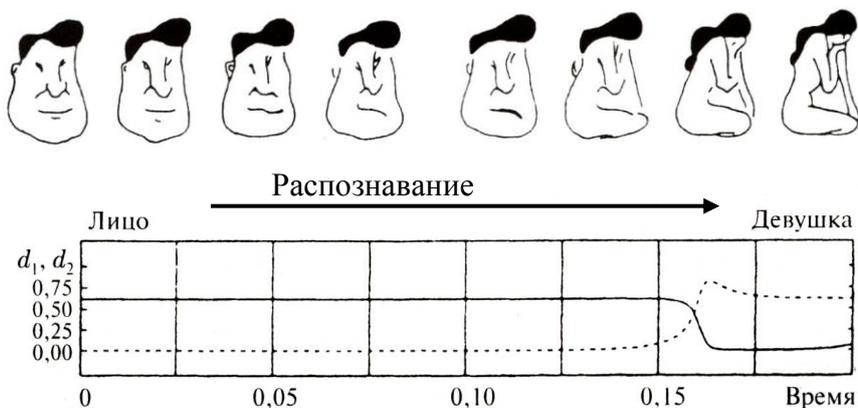


Рис. 2.4. Затягивание в процессе распознавания картинки синергетическим компьютером (⁵¹, с. 276; с небольшими изменениями). Пунктир соответствует восприятию «девушка»; сплошная линия — «лицо»

⁵¹ Майнцер К. Сложносистемное мышление: Материя, разум, человечество. Новый синтез. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 464 с.

Не преминем отметить, что описанное явление затягивания полностью отвечает тому «третьему звену», о котором упоминается в самом определении биниологии (см. начало раздела). Отсюда остается сделать один шаг до признания триниальности или тринитарности объектов или процессов*. Отметим кстати, что в упомянутой в начале раздела работе А. Д. Арманда⁴⁷ роль третьего звена отводится синтезу противоположностей, осуществляемому через некоторую константу по образцу $X + Y = \text{const}$ или $X \times Y = \text{const}$. Многосторонне рассматривая бинарность явлений и процессов, А. Д. Арманд констатирует: «Модель **треугольного мира** (выделено нами. – В. А.), которой на протяжении веков руководствовалось человечество в своей практике, скорее всего отвечает некоторой реалии, иначе она давно была бы выброшена и забыта» (⁴⁷, с. 8). Большое внимание трюиственности познаваемых явлений и процессов уделено Р. Г. Баранцевым⁵². По его мнению, «Третий элемент оказался необходимым для решения бинарных противоречий как мера их компромисса, как третейский судья, как условия существования». Приведем некоторые триады, относящиеся к процессу познания явлений и событий (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Триады Р. Г. Баранцева⁵²: **а** – общая познавательная; **б** – «математическая»; **в** – «объектная»

Оставив дальнейшие рассуждения о бинарности и (или) тринитарности (тернарности) процессов и объектов для последующего рассмотрения, вернемся к оценке переходов между различными состояниями. В частности, немаловажный интерес имеют представления о простых типах активных сред, изложенные в учебном пособии⁵³. На рис. 2.6 показаны три типа простейших активных элементов: бистабильные, возбудимые и автоколебательные.

Бистабильный (или триггерный) элемент обладает двумя стационарными состояниями (1 и 2), в каждом из которых он может находиться неограниченно долго (см. рис. 2.6, а). Внешние воздействия могут приводить к переходам из одного состояния в другое. Чтобы вызвать переход, интенсивность воздействия должна превысить некоторый пороговый уровень.

* Тринитаризм – это учение о троичности целого, названное по латинскому оригиналу TRINITAS // www.trinitas.ru

⁵² Баранцев Р. Г. Синергетика в современном естествознании. М.: Едиториал УРСС, 2003. 144 с.

⁵³ Лоскутов А. Ю., Михайлов А. С. Введение в синергетику: учеб. руководство. М.: Наука, 1990. 272 с.

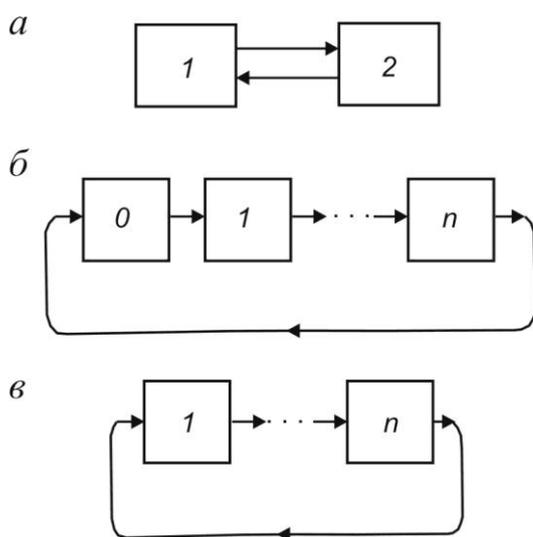


Рис. 2.6. Схемы переходов в элементах⁵³: а – бистабильном; б – возбудимом; в - автоколебательном

Возбудимый (или мультивибраторный) элемент имеет единственное выделенное состояние покоя, устойчивое по отношению к достаточно слабым внешним воздействиям. Однако такой элемент отличается от пассивного по своей реакции на воздействия, превышающие пороговый уровень. В ответ на такое достаточно интенсивное внешнее воздействие в элементе возникает вспышка активности: он совершает определенную последовательность активных переходов и лишь затем возвращается к исходному состоянию покоя (см. рис. 2.6, б).

Автоколебательный элемент работает подобно «вечному двигателю». Он автономно совершает циклические переходы через некоторую группу состояний (см. рис. 2.6, в). Внешние воздействия способны лишь замедлить или ускорить это циклическое движение, но не приостановить его.

Пока остановимся на показе этих переходов, дабы вернуться к ним в последующем. Теперь обратимся к явлению, обозначенному в триаде, показанной на рис. 2.5, в. С наиболее широких позиций масштабная делимость объектов в последние десятилетия описывается в геометрических образах **фрактальной размерности**. Понятие фрактал (лат. fractus – дробный) ввел в науку Бенуа Мандельброт⁵⁴, который в работе⁵⁵ написал так: «Что касается слова фрактал, то я придумал его в один памятный вечер, зимой 1975 года, взяв за основу очень конкретное латинское прилагательное «fractus», обозначающее форму камня после очень сильного удара» (с. 244).

В основе представлений о фракталах лежит деление отрезка линии, площади, объема на любое число N равных частей. Таким образом, каждую

⁵⁴ Mandelbrot B. B. The Fractal Geometry of Nature. New York: W. H. Freeman, 1982. Рус. перевод: Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. М.: ИКИ, 2002. 655 с.

Примечание. Автор данной работы указал на следующее. «Несмотря на ее размер, я склонен определить ее жанр как **научное эссе** (выделено нами. – В. А.), так как изложенный в ней материал представляет только мою точку зрения и ни в коем случае не претендует на всеохватывающую полноту. Кроме того, как и во многих других эссе, в ней немало отступлений и интерлюдий».

⁵⁵ Мандельброт Б. Б. Фракталы и хаос. Множество Мандельброта и другие чудеса. М; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2009. 392 с.

новую полученную часть можно считать копией целого, уменьшенной в $1/r$ раз. При этом, естественно, $N \times r = 1$. Размерность подобия, которую принято обозначать как D , будет определяться следующим образом: $D = \log N / \log(1/r)$. Очевидно, что у «простых» геометрических фигур топологическая (евклидова) размерность будет определяться количеством координат (рис. 2.7).

Известно множество примеров фрактальных объектов, описанных в большом количестве изданий. На рис. 2.8 приведено Канторово множество, описанное Г. Кантором в 1883 г. Некоторый единичный начальный отрезок (1) делится на три равные части, с «выбрасыванием» на стадии (2) средней трети. На следующей стадии (3) «сохранившиеся» отрезки также делятся на три, с «выбрасыванием» средних частей. То, что остается в итоге, представляет собой фрактальное множество Кантора, часто называемое *Канторовой пылью*. При этом $D = \log 2 / \log 3 \approx 0,6309\dots$ Построенное множество является регулярным, но оно может быть и случайным. Его отличие заключается в том, что после разбиения начального отрезка на части, выбрасывается любая из них, а не только средняя (см. рис. 2.8, б).

Рис. 2.7. Связь размерности и коэффициента подобия

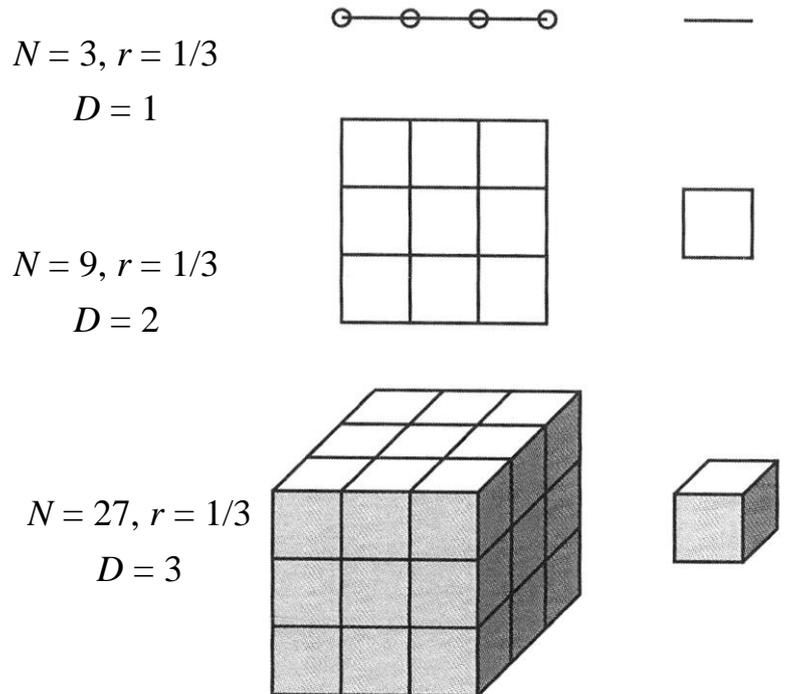
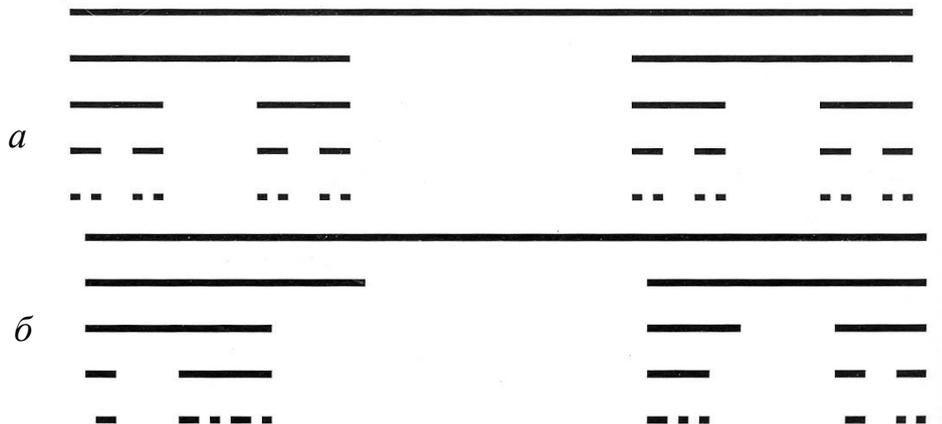


Рис. 2.8. Построение множества Кантора: а – регулярного; б – случайного



Другим классическим фракталом является снежинка Коха (рис. 2.9), предложенная Г. фон Кохом в 1904 г. Так же, как и для множества Кантора, стороны равностороннего треугольника последовательно разбиваются на три части. «Вынимаемая» центральная заменяется на два отрезка с длиной $1/3$. Поскольку количество отрезков $N = 4$, а длина каждого $r = 1/3$, то $D = \log 4 / \log 3 = 1,2618\dots$ Пример «случайной» снежинки, когда достраивание треугольников проводится как внутрь, так и наружу, приведен на рис. 2.9, б.

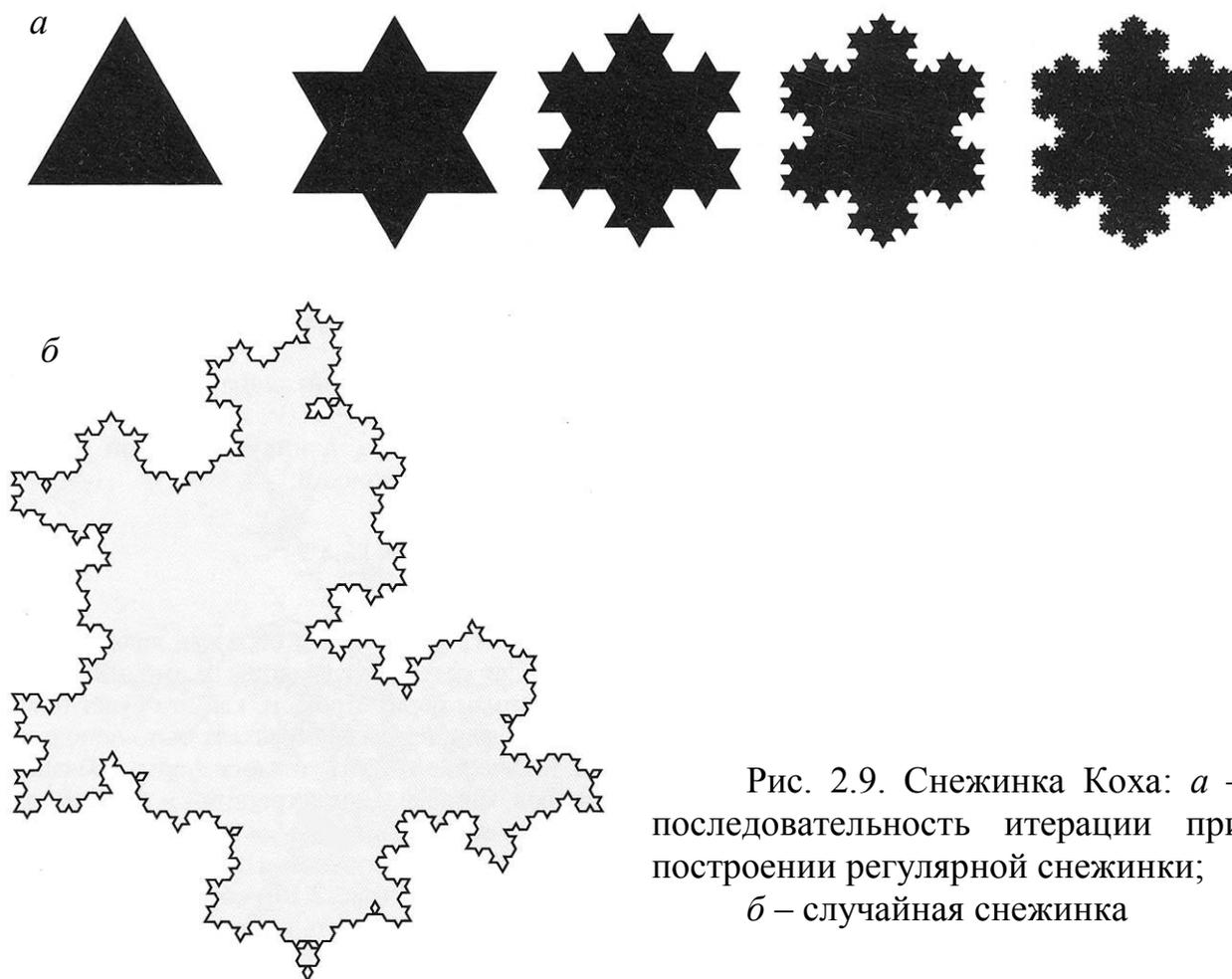


Рис. 2.9. Снежинка Коха: *a* – последовательность итерации при построении регулярной снежинки; *б* – случайная снежинка

В дальнейшем Б. Мандельбротом введено понятие **мультифрактала**, представление о котором дает наиболее простой – биномиальный процесс (рис. 2.10). Принципиально он нацелен на изучение некоторого нерегулярного компонента в относительно неоднородной среде. Поскольку описание данного вопроса явно выходит за рамки представленной книги, адресуем заинтересовавшегося читателя к анонсированным ранее работам^{28,29}. Одновременно покажем, как приведенный выше пример (см. рис. 2.10), смыкается с представлениями о бинальности – бифуркации (рис. 2.11).

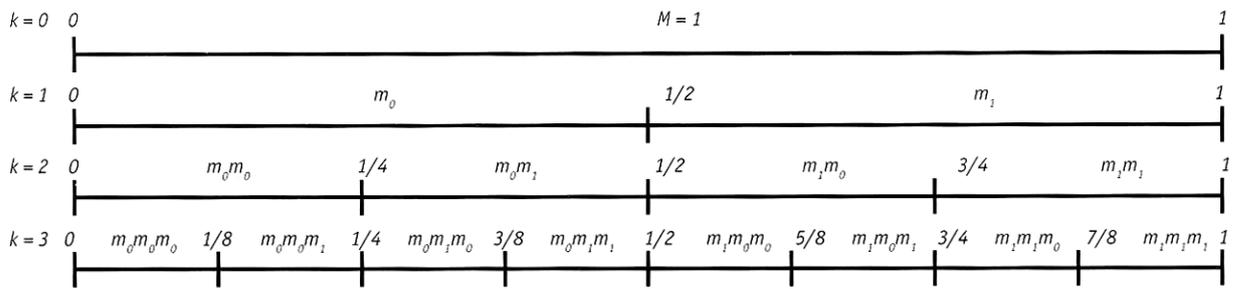


Рис. 2.10. Биномиальный мультипликативный процесс

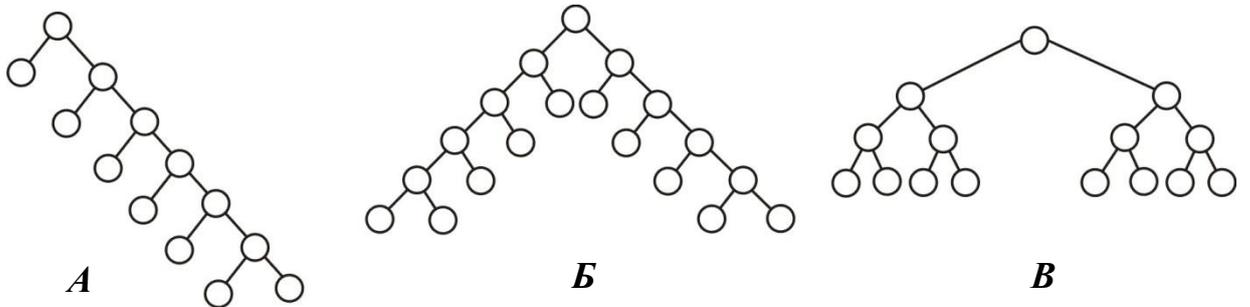


Рис. 2.11. Фрактальный характер классификационных бинальных схем⁽⁴⁹⁾, с. 189): *A* – асимметричная; *B* – дисимметричная; *B* – симметричная

Отчетливо видно, что простой биномиальный мультифрактал соответствует симметричной бинальной схеме *B* на рис. 2.11.

В завершение раздела приведем предельно сжатую информацию о **кластерном анализе**^{*}. Он реализуется в алгоритме объединения некоторого множества объектов посредством древовидной кластеризации, на основании некоторой меры сходства или, иначе, расстояния между объектами. На первом этапе объединяются наиболее близкие объекты, а затем, при понижении некоторого порога, все более дальние (рис. 2.12). На последнем этапе все объекты объединяются вместе.

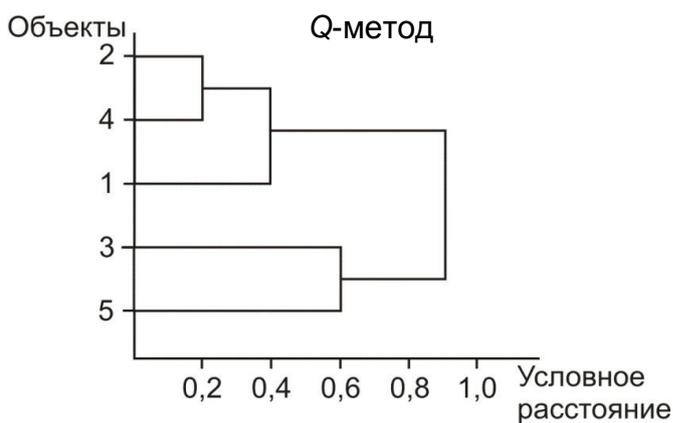
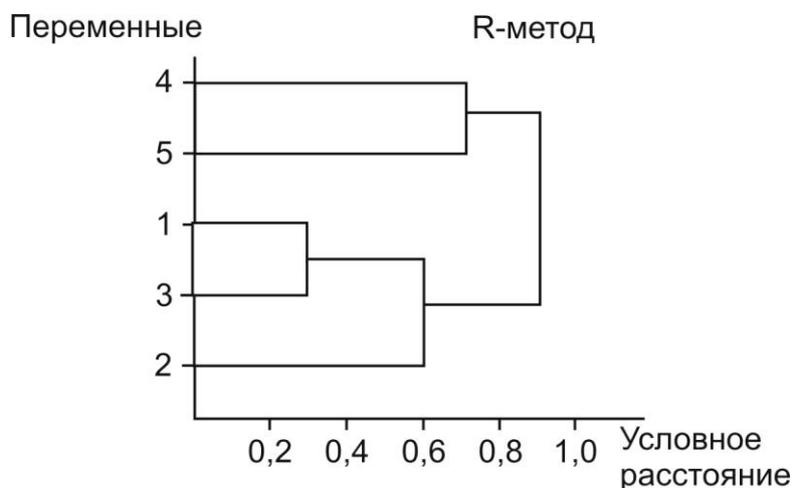


Рис. 2.12. Кластерная дендрограмма для пяти исходных объектов, характеризующихся исходным набором признаков. Наиболее близки объекты 2 и 4, на некотором этапе к ним присоединяется объект 1. Другую группу представляют объекты 3 и 5. Эти группы почти антагоничны, поскольку объединение всей системы объектов происходит только при завершении процедуры расчетов (условное расстояние $\rightarrow 1,0$)

* Кластер (англ. cluster – скопление) – объединение нескольких однородных элементов, которое может рассматриваться как самостоятельная единица, обладающая определенными свойствами. Соответственно, кластерный анализ (англ. Data clustering) – задача разбиения заданной выборки объектов (ситуаций) на подмножества, называемые кластерами, так, чтобы каждый кластер состоял из схожих объектов, а объекты разных кластеров существенно отличались // ru.wikipedia.org.

Оценка взаимосвязи между объектами в их совокупности представляется как Q -модификация факторного анализа. Взаимосвязь между переменными анализируется его R -модификацией (рис. 2.13).



2.2. Делимость объектов в геологии: биниальность и (или) тринитаризм

Уже в пионерных работах по геологической синергетике Ф. А. Летникова (см. п. 1.2), указано на следующее: «Характерной особенностью многих геологических систем, относимых к разряду нелинейных и развивающихся в длительном временном интервале, является то, что при плавном изменении параметров состояния, например T и P , в них могут возникать новые устойчивые стационарные состояния. Свойственное нелинейным системам зарождение новых состояний, или их **бифуркация**, как нельзя лучше проявляется в **геологических процессах** и характерно для **динамических** или сильно гетерогенных систем. В таком случае проявление в системе неустойчивостей приводит к тому, что после силового воздействия на систему или за счет протекающих в ней процессов она переходит в **иное устойчивое состояние** – на другую траекторию движения в фазовом пространстве» (⁵⁶; выделено везде нами. – В. А.).

В предыдущем разделе мы кратко охарактеризовали «биниальную парадигму» Ю. С. Папина. Очевидно, что явление бифуркации и определяет «всюдную» парность объектов. Напомним, что фрактальная размерность характеризуемых «гладких» **плоскостей** рассматриваемых объектов равна 2 (см. рис. 2.5). Пример реализации такого процесса приведен на рис. 2.14.

Биниальная парадигма предусматривает и наличие третьего (хотя и «угнетенного») звена: см. начало п. 2.1. То, что третья составляющая в процессе существования, развития той или иной системы «имеет право» на су-

⁵⁶ Летников Ф. А. К проблеме синергетики геологических систем // Геология и геофизика, 1993. Т. 34, № 1. С. 34-56.

ществование, выше мы уже отмечали (см. рис. 2.5). Теперь проиллюстрируем перечисленное на геологических примерах.



Рис. 2.14. Дистратония угленосных отложений Кузбасса на трех уровнях (более мелкие 4-6 уровни принципиально повторяют подобное двучленное строение) (⁴⁹, с. 55)

Вначале приведем пример бифуркации векторов намагниченности зерен магнетита из железистых кварцитов полосчатой железорудной формации (ПЖФ) Кольского полуострова (рис. 2.15)²⁸. Не вдаваясь в описание самой методики исследования, констатируем, что процесс бифуркации полностью соответствует изображенному на рис. 2.2, *a*. Еще более интересна «переходная тримодальность», изображенная на рис. 2.16. Здесь по мере разворота векторов намагниченности начальный максимум (пунктирные точки для нулевого значения) уменьшается постепенно, с формированием двух новых состояний (максимумы на -45 и $+45$). Тем самым **наличие тримодальных распределений характеризует развитие бифуркации во времени.**

Рис. 2.15. Вероятностное выражение бифуркации векторов намагниченности магнетита. При переходе через критическое значение λ_c вероятностная функция из одномодальной формы с резким максимумом переходит сначала в плоское (до равномерного) распределение, а затем – в бимодальное распределение (²⁸, с. 52)

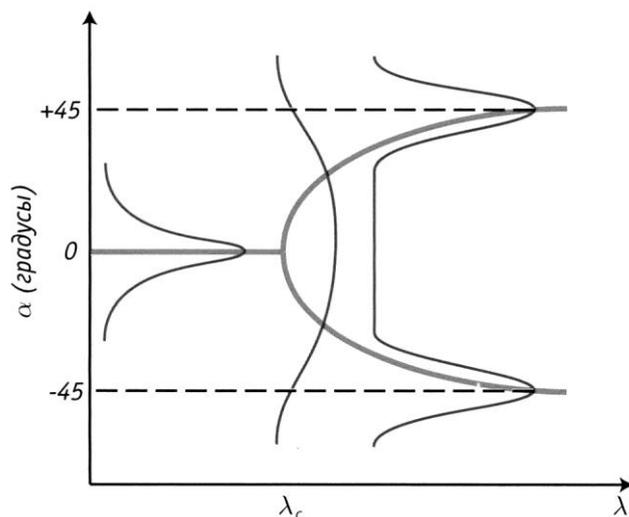
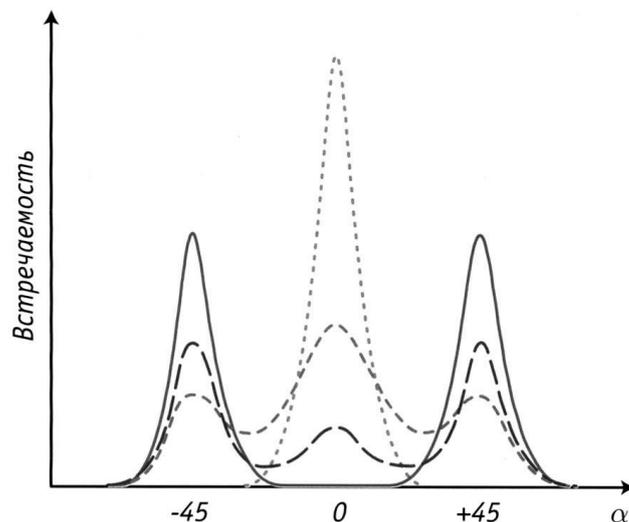


Рис. 2.16. Переходная «тримодальность» в распределении векторов намагниченности магнетита (²⁸, с. 52)



Аналогичное с принципиальных позиций явление было рассмотрено Л. Н. Ботвинкиной при изучении цикличности в осадочных толщах. На рис. 2.17 показан полный цикл седиментации, состоящий из двух основных частей – регрессивной и трансгрессивной. В регрессивном ряду смена условий (обстановок) осадконакопления происходит в направлении от морских (или вообще бассейновых, водных) условий осадконакопления до прибрежных, а потом наземных, континентальных. В трансгрессивной части реализуется обратный процесс. Это отображено в верхней части рис. 2.17, *а*. В то же время зачастую переходы между этими двумя частями бывают как бы растянуты во времени, что связывается с медленным изменением процесса смены обстановок. В результате появляются средние нейтральные части циклов (рис. 2.17, *б*). Таких частей может быть две: одна завершает развитие регрессивного, а вторая – трансгрессивного ряда обстановок.

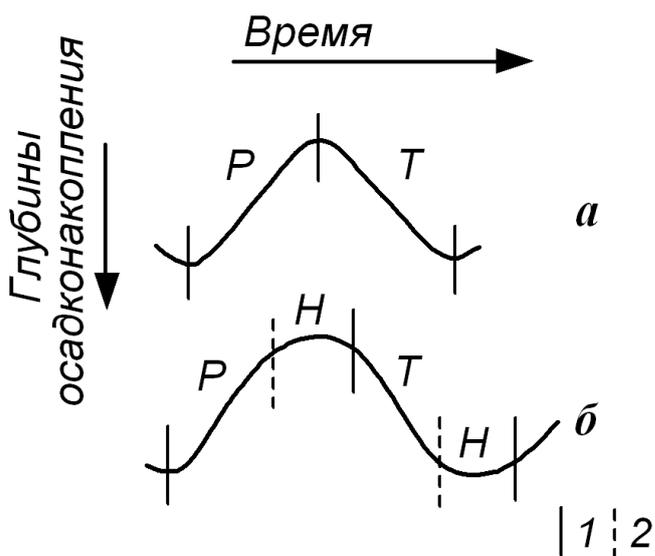


Рис. 2.17. Кривые, отражающие изменение условий седиментации с течением времени (⁵⁷, с. 140):

а – простой цикл (с относительно быстрым переходом от регрессии (р) к трансгрессии (т);

б – цикл с «растянутыми» нейтральными (н) частями, завершающими регрессивную и трансгрессивную части цикла; 1 – границы цикла; 2 – границы частей цикла

⁵⁷ Ботвинкина Л. Н., Алексеев В. П. Цикличность осадочных толщ и методика ее изучения. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. 336 с.

Сами циклы также обычно характеризуются асимметрией, что показано на рис. 2.18. Какая-то их часть обычно преобладает, и это позволяет устанавливать цикличность более высокого порядка. Для угленосных отложений среднего карбона Донецкого бассейна это показано на рис. 2.19.

Рис. 2.18. Кривая, показывающая соотношение регрессивного (р), нейтрального (н) и трансгрессивного (т) циклов (⁵⁷, с. 140):

a – начало и конец циклов *p* и *t* формируются на разных глубинах; *b* – начало и конец всех циклов формируются на одной глубине. Стрелки показывают изменение глубин осадко-накопления

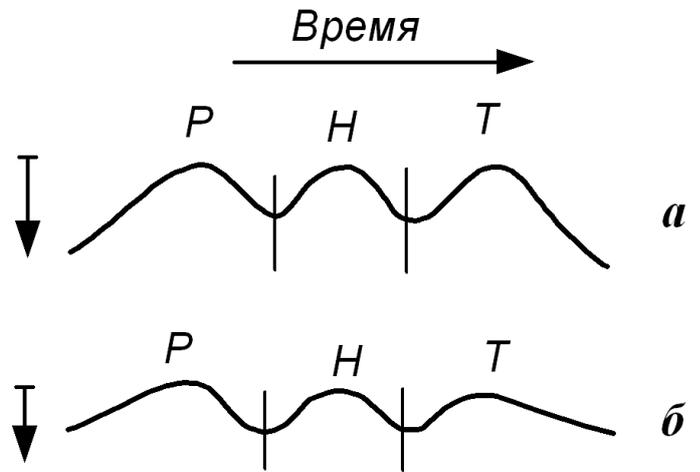
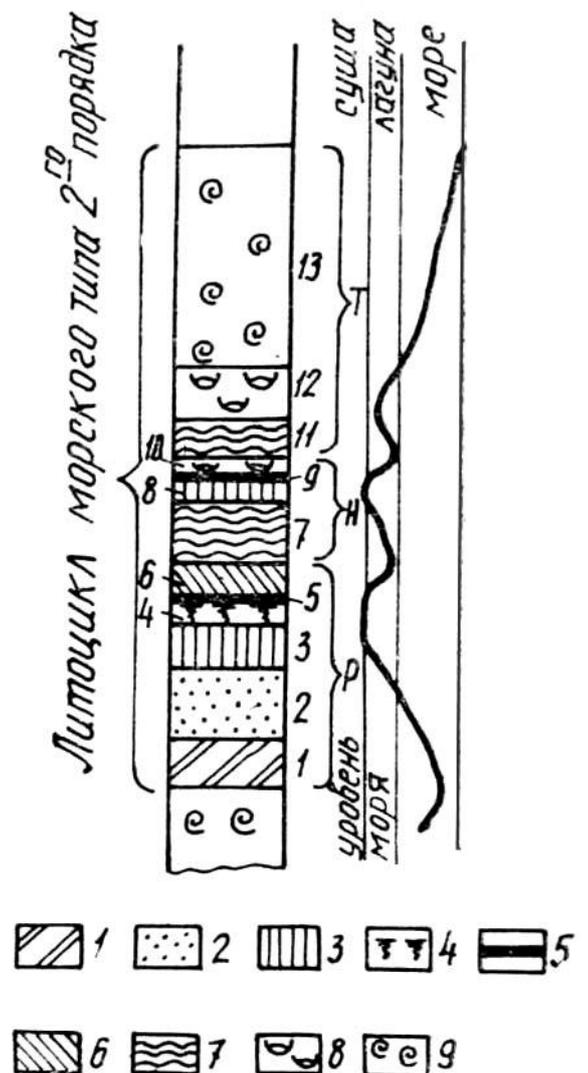


Рис. 2.19. Схематический разрез соподчинения циклов двух порядков – фигурные скобки (⁵⁷, с. 167):

отложения: 1 – морские зоны течений; 2 – баровые; 3 – подпочвы; 4 – почвы; 5 – торфяных болот (угольные пласты); 6 – лагунные затишья; 7 – лагунные зоны волнений; 8 – лагунные затишья с фауной; 9 – морские с фауной открытого моря.

Цифры на рисунке – номера слоев, справа – кривая цикличности



Перечисленное позволяет нам подойти к ответу на вопрос, вынесенный в заголовок раздела: биниальность или тринитаризм преобладают в геологических процессах и чем следует руководствоваться при изучении геологических объектов. Обращаясь к вопросам фрактальности, повторим, что размерность гладкой линии равна 1, гладкой поверхности – 2 и куба – 3 (см. рис. 2.7). Соответственно, ломаные линии, поверхности и объемы будут давать промежуточные значения между этими числами, что и было показано для множества Кантора и снежинки Коха (см. рис. 2.8, 2.9). Здесь же легко провести сравнение с сейсмическими работами вида $2D$ и $3D$. Получается, что многое зависит от *ракурса* рассмотрения того или иного объекта, процесса. Если он имеет «плоскостной» вид, то больше работает биниальность, с фрактальной размерностью $1 < D \leq 2$. Если же мы имеем дело с объемом, то чаще его целесообразно изучать в тринитарном аспекте, поскольку $2 < D \leq 3$.

Использованию фрактальности в геологии по сути посвящена основная часть работы Г. Ю. Иванюка, П. М. Горяинова и др.²⁹ (см. п. 1.2). В качестве примера приведем сравнение брекчии железистых кварцитов с самоподобием обломков в масштабе не менее пяти порядков, с одним из классических фракталов – «салфеткой Аполлония» (рис. 2.20). Построение последнего начинается с трех касающихся окружностей произвольного диаметра, между которыми заключается треугольник. В него вписывается окружность диаметра d – тем самым формируются три треугольника меньшего размера. Далее эта операция повторяется. Фрактальная размерность «салфетки» составляет 1,24. Фрактальная размерность фрагментированных *пород*, по данным ряда авторов, варьирует от 1,9 до 2,9, в среднем составляя величину 2,5²⁸. На рис. 2.20, в показана зависимость увеличения числа фрагментов, площадь которых S , мм, меняется по степенному закону. Фрактальная размерность данной структуры составляет 2,2.

Фрактальность для объектов, изучаемых в геологии нефти и газа, рассмотрена в ряде публикаций Н. П. Запывалова, Г. И. Смирнова и др.^{58,59}. В частности, небезынтересно отметить, что фрактальная размерность для песчанников ими определена в диапазоне $1,9 \leq D \leq 2,55$.

Среди большого количества примеров использования кластерного анализа в геологии остановимся на его применении при анализе кривых геофизических исследований скважин (ГИС), проанализированном в статье⁶⁰. Изучены неогеновые отложения дашавской свиты Предкарпатского прогиба, залегающие на глубине 575-920 м (Комаровское газовое месторождение). На полученной дендрограмме (рис. 2.21), построенной по результатам кластер-анализа, выявляются две основные группы методов. К первой относятся

⁵⁸ Запывалов Н. П., Смирнов Г. И. О фрактальной структуре нефтегазовых месторождений // ДАН. 1995. Т. 341, № 1. С. 110-112.

⁵⁹ Запывалов Н. П., Смирнов Г. И., Харитонов В. И. Фракталы и наноструктуры в нефтегазовой геологии и геофизике. Новосибирск: Гео, 2009. 131 с.

⁶⁰ Карпенко А. Н., Онищук О. М. Морфологические характеристики кривых каротажа в аспекте решения прикладных геолого-геофизических задач // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. Київ, 2008

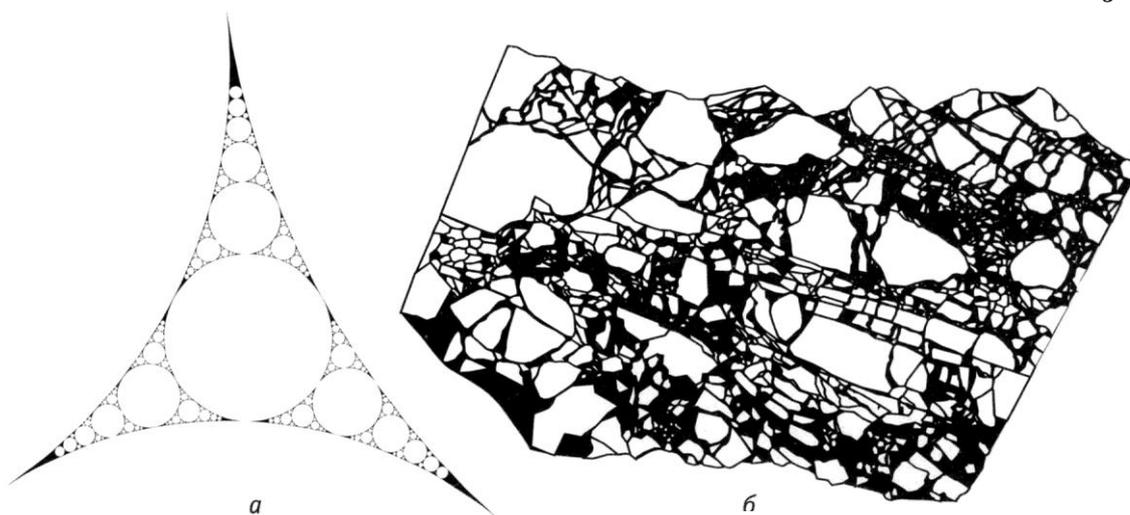


Рис. 2.20. Фрагмент салфетки Аполлония (а), объемная брекчия железистых кварцитов Кировогорского месторождения (б) и зависимость числа фрагментов железистого кварцита, площадь которых превышает S мм, от величины S (в). Наклон этой зависимости определяет фрактальную размерность брекчии $D=2,2^{29}$

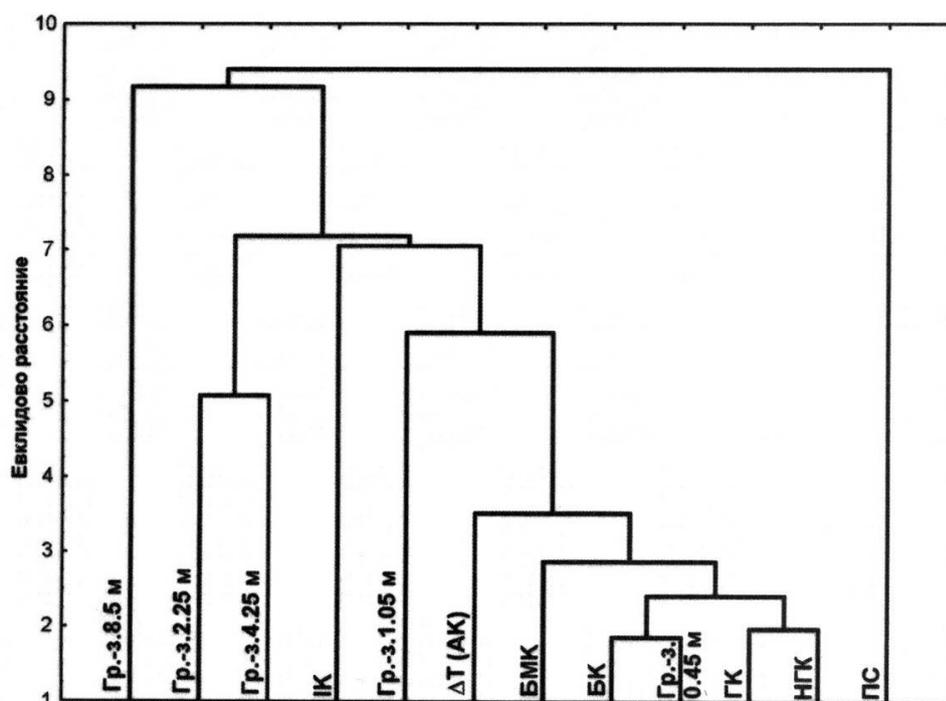
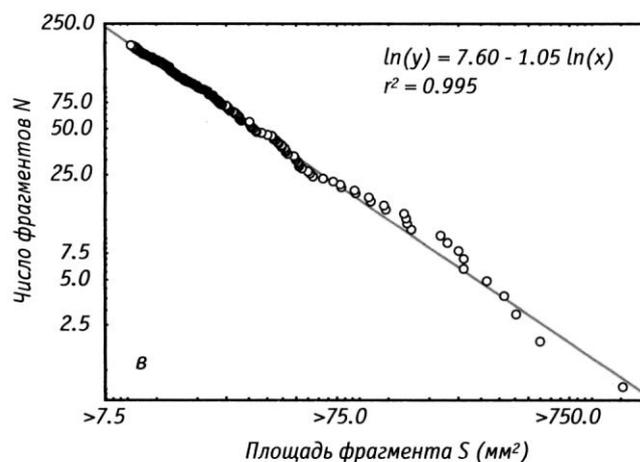


Рис. 2.21. Дендрограмма, построенная по результатам кластерного анализа рассчитанных значений кажущихся периодов по данным методов ГИС в разрезе дашавской свиты⁶⁰

методы (геофизические параметры), по кривым которых можно выделить микрослоистую квазипериодическую составляющую. Это – кривые кажущегося сопротивления 0,45 м градиент-зонда, БК, БМК, ГК и НГК. Отмеченная группа методов на практике используется для оценки эффективных толщин тонких прослоев при проведении интерпретации данных ГИС в открытом стволе скважины. Градиент-зонды больших размеров, метод индукционного каротажа позволяют выявлять аномалии и определенную периодичность иного порядка на геофизических кривых. Здесь высокочастотная составляющая, связанная с микрослоистостью, имеет второстепенное, подчиненное значение.

Наконец, остановимся еще на одном моменте, кратко охарактеризованном в конце п. 2.1. Это касается взаимосвязи фрактальной геометрии и кластерного анализа. В часто упоминаемой нами работе П. М. Горяинова и Г. Ю. Иванюка²⁸ есть специальный раздел «Перколяционные* кластеры». Отсылая заинтересовавшегося читателя к данной работе, процитируем следующее: «... фрактальная размерность перколяционного кластера ... полностью определяется размером решетки (через которую происходит протекание. – В. А.) и равна 1,89 для двумерных и 2,54 для трехмерных решеток» (с. 88). Примеры компьютерных моделей 2-мерных перколяционных кластеров приведены на рис. 2.22.

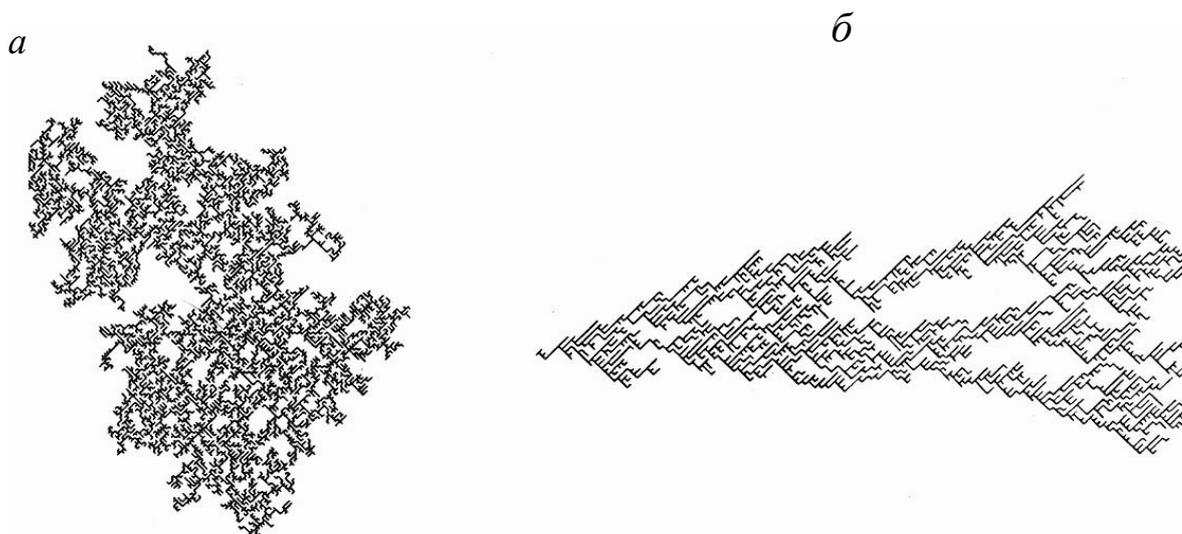


Рис. 2.22. Изотропный (а) и анизотропный (б) перколяционный кластеры. Численные модели⁶¹.

Поскольку, как и все фракталы, перколяционные кластеры самоподобны, всегда можно отыскать разные по размеру участки горных пород и в горных породах, не отличимые по структуре.

* Перколяция (лат. percolare – просачиваться, протекать) – явление протекания или непротекания жидкостей через пористые материалы // ru.wikipedia.org.

⁶¹ Frey E., Tauber U. C., Schwabl F. Crossover from isotropic to direct percolation // Phys. Rev. E. 1994. Vol. 49, № 6. P. 5058-5065.

2.3. Бифуркации и фрактальность в литологии

В начале данного раздела сразу оговорим, что его название носит отчасти условный характер. Собственно о фрактальной геометрии в том классическом виде, что был частично показан в предыдущих разделах, речи вести практически не будет. Однако понятие *делимости* является ведущим при рассмотрении всех приводимых в разделе примеров. Поэтому мы посчитали возможным использовать понятие «фрактал» в самом широком понимании данного слова. Думается, что некоторое право на такой подход дает определение самого автора термина, связавшего его с разбиванием **камня** (см. выше).

Гранулометрические шкалы и размерность песчаников

Ведущим классификационным признаком для терригенных пород, представляющих более 2/3 осадочных толщ, является размер слагающих их частиц. Размерность частиц измеряется в единицах длины, с использованием разных шкал (табл. 2.1). В России бóльшим распространением пользуется обычная «десятичная» шкала, с делением наиболее распространенных пород на гравелит (1,0 мм) песчаник (0,1 мм) алевролит (0,01 мм) аргиллит. В последние годы граница песчаник/алевролит часто проводится по 0,05 мм, с выделением тонкозернистых песчаников (0,05-0,1 мм)⁶²; см. табл. 2.1).

В то же время в мире наибольшим распространением пользуется логарифмическая шкала с основанием 2, предложенная У. Адденом в 1898 г., преобразованная С. К. Уэнтвортом в 1922 г. и в современном виде – У. Крамбейном в 1934 г. Она обычно называется шкалой ϕ («фи»), а показатель Φ , характеризующий размерность частиц, определяется как $\Phi = -\log_2 S$, где S – размер зерен в мм (см. табл. 2.1).

Не вдаваясь в более детальное рассмотрение данного вопроса – это сделано в ряде работ^{2, 63} – отметим полное совпадение принципа бинального деления объектов именно для шкалы ϕ . В данном случае это последовательное деление соответствует дихотомии, изображенной на рис. 2.11, А. Одновременно подчеркнем ее формальное (внешнее) сходство с изображением мультифрактала, приведенного на рис. 2.10. В любом случае именно логично-последовательное деление исследуемых частиц надвое выглядит более логичным, нежели то двух-, то пятикратное деление фракций в достаточно искусственной «десятичной» шкале (см. табл. 2.1).

⁶² Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов. СПб.: Недра, 1998. 352 с.

⁶³ Шванов В. Н. Песчаные породы и методы их изучения. Л.: Недра, 1969. 248 с.

Таблица 2.1

Классификация песчаных и алевритовых пород

Подразделения (принятые)		Размер частиц (Ф)		Подразделения (рекомендуемые)	Вариант подразделений	
		мм	Ф-шкала			
Гравелит (гравий)	1.0	2.00	- 1.0	Гравелит		
		1.68	- 0.75	Грубозернистый		
		1.41	- 0.5			
		1.19	- 0.25			
Песчаник (песок)	кз	1.00	0.0	Песчаник		
		0.84	0.25			
		0.71	0.5			
	0.5	0.59	0.75			Крупнозернистый
		0.50	1.0			
		0.42	1.25			
	сз	0.35	1.5			Среднезернистый
		0.30	1.75			
		0.25	2.0			
	мз	0.210	2.25			Мелкозернистый
		0.177	2.5			
		0.149	2.75			
0.125		3.0				
0.10		3.25				
0.088		3.5				
Алевролит (алевроит)	кз	0.074	3.75	Алевролит		
		0.0625	4.0			
		0.053	4.25			
	0.05	0.044	4.50		Крупнозернистый	
		0.037	4.75			
		0.031	5.0			
	0.01	0.0156	6.0		Мелкозернистый	
		0.0078	7.0			
Аргиллит (глина)		0.0039	8.0	Аргиллит		

Примечание. кз – крупнозернистый, сз – среднезернистый, мз – мелкозернистый, тз – тонкозернистый.

Рассматривая классификации терригенных пород, упомянем еще об одной, весьма интересной и важной их особенности. Еще в 1964 г. Р. Вольфом при оценке большого числа гранулометрических анализов по разным выборкам установлен *дефицит* фракций на некоторых рубежах (рис. 2.23). Для нас наибольший интерес представляет «недостаток» фракций с размером 0,03-0,06, в среднем 0,05 мм, ярко подчеркивающий отделение частиц псаммитовой размерности от алевритовых. Генетически это обусловлено разными причинами: разрушением первичных минералов (в более тонких фракциях

практически нет окатанных зерен); сальтационным способом перемещения более крупных частиц; совместным проявлением указанных и возможно иных причин. Следующий дефицит присущ зернам и обломкам размером 1-4, в среднем 2 мм. Тем самым размерность песчаных зерен укладывается в *пять* градаций (см. табл. 2.1). Небезынтересно сравнить это со сведениями о пяти-порядковом подобии брекчии железистых кварцитов (см. выше: пояснения к рис. 2.20).

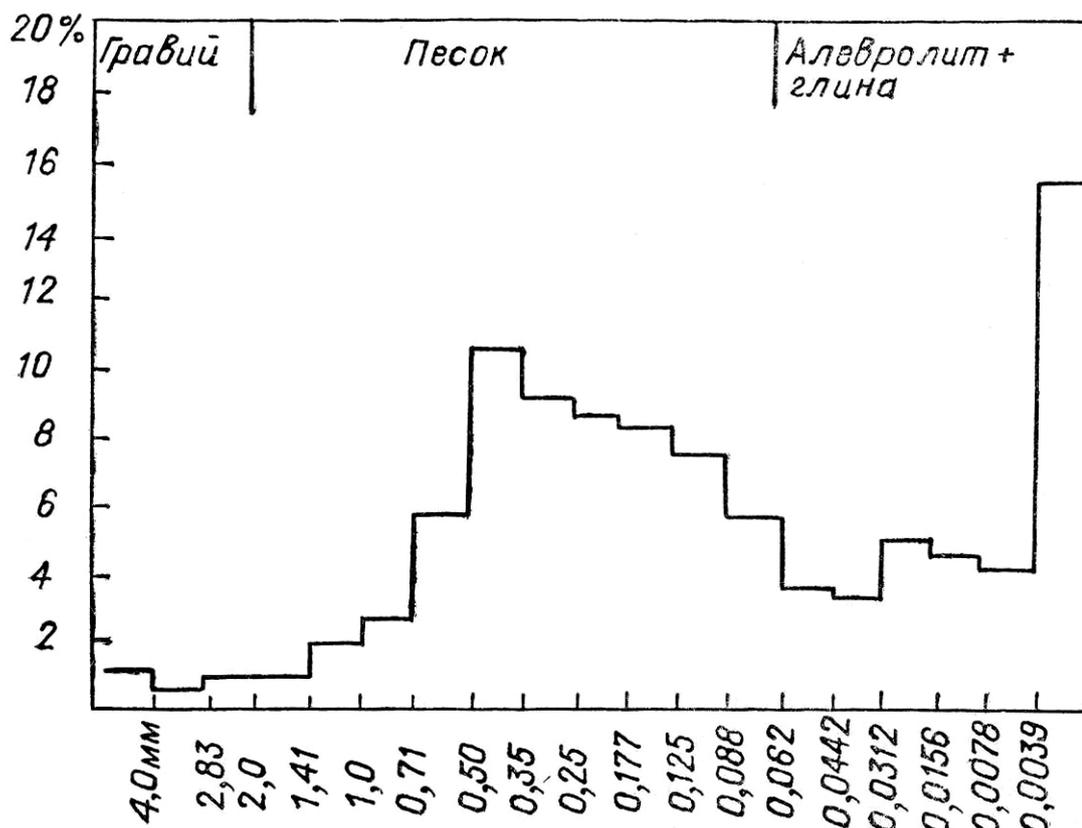


Рис. 2.23. Гистограмма, составленная Р. Вольфом по данным 930 гранулометрических анализов². Устойчивый дефицит на рубеже ~ 0,05 мм

Внутриформационные конгломераты⁶⁴ (ВК)

Обширный спектр обломочных или кластических (clasts – обломки) отложений представляет собой продукты, образовавшиеся в результате механической дифференциации первично дезинтегрированных исходных пород, вне зависимости от состава и возраста таковых. Сама дифференциация происходит преимущественно под влиянием силы тяжести (s. l.), с огромным диапазоном скоростей переноса и абразии обломочного материала. Такой прямой путь формирования обломочных или иначе терригенных пород мо-

⁶⁴ Алексеев В. П. Внутриформационные конгломераты – специфика и значимость // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Четвертое Всерос. сов. С.-Пб.: ООО «Изд-во ЛЕМА». С. 20-22.

жет нарушаться *возвратной* переработкой отложившегося и закрепившегося в разрезе материала. Особенно наглядно это овеществлено в виде *внутриформационных конгломератов* (intraformational conglomerates). Последние обычно представлены темноокрашенными ахроматическими обломками тонкозернистых пород, «плавающими» в разном (часто хорошо) сортированной светлоокрашенной песчаной основе (матриксе). Хотя эти отложения и довольно экзотичны, они привлекают к себе внимание именно ярко выраженной дуалистичностью слагающего их материала.

Общая схема (модель) переноса, сопровождающегося дроблением, истиранием материала и его конседиментационным переотложением, в предельно упрощенном виде приведена в нижней части рис. 2.24. Здесь показано, как первично образующийся собственно *конгломерат* (conglomeratus – собранный, скопившийся), обозначенный на фиг. 1, при переносе на некоторое расстояние l_1 и истирании обломков трансформируется в песок и соответственно песчаник (фиг. 2), а при последующем переносе на расстояние l_2 – в глину (аргиллит): фиг. 3. Этот механизм охватывает некоторое время t_c (см. рис. 2.24), сугубо индивидуальное для каждого наблюдаемого геологического тела. Нас интересует процесс *переотложения* сформированной и уплотненной тонкозернистой (алевроаргиллитовой) породы, при ее взламывании потоком, влекущим достаточно хорошо сортированный песчаный материал. Это происходит очень быстро – в геологическом отношении мгновенно или импульсно (время $t_{и}$ на рисунке), после эпигенетического (s. l.) уплотнения породы в относительно небольшой, но все же значимый промежуток времени $t_э$.

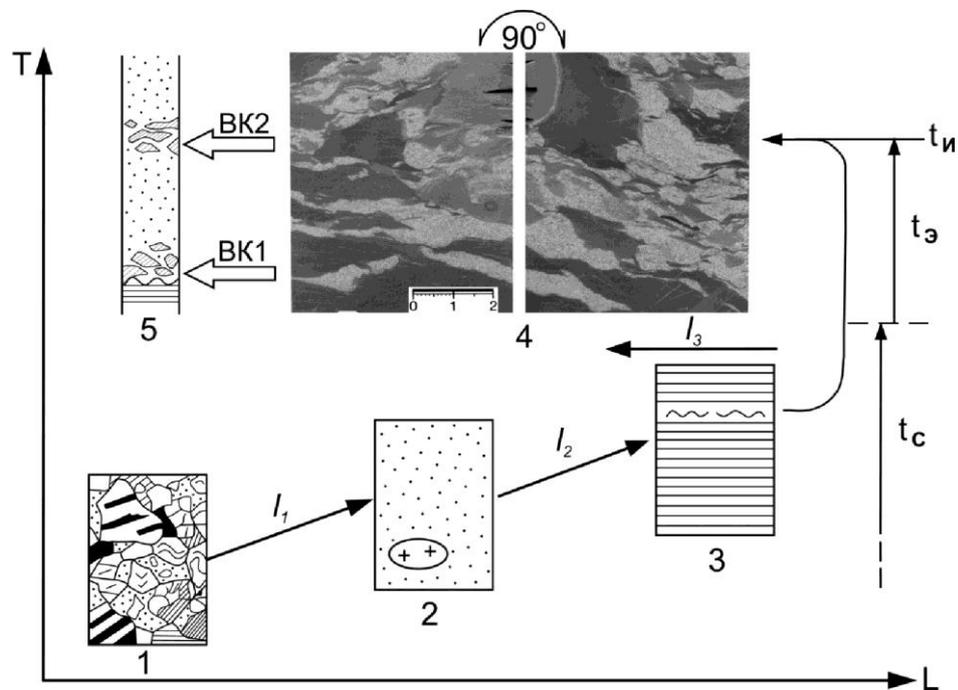


Рис. 2.24. Модель переноса и переотложения осадочного материала: L – расстояние транспортировки; T – геологическое время. Пояснения в тексте

Перечисленное наглядно отображено на фиг. 4 (см. рис. 2.24), представляющей сканированное изображение образца, отобранного из керна, сделанное для двух взаимно перпендикулярных распилов. Вполне очевиден недавний перенос обломков, в основном имеющих остроугольную форму, на расстояние l_3 . Это подчеркивается и некоторым различием в окатанности обломков двух типов – серого, более крупнозернистого алевритового состава и темно-серых, почти черных алевроаргиллитов (бóльшая часть). Матрикс породы представлен весьма однородным и достаточно хорошо сортированным мелкозернистым песчаником.

Уже на ранних стадиях изучения ВК отмечалось, что их происхождение могло быть различным. У. Твенхофел, ссылаясь на еще более ранние работы разных авторов, писал, что *интраформационные конгломераты* «... образуются при раздроблении частью уже отвердевшей подошвы и скоплении обломков в новом пласте, почти одновременном по происхождению с образующимися обломками. Известны также конгломераты, получившиеся при морских условиях, когда частично отвердевшие материалы отрывались при сильном волнении и снова отлагались»⁶⁵, с. 203). В Геологическом словаре⁶⁶ приведено несколько перефразированное определение, сводящееся к тому, что *конгломерат внутриформационный* – это «...осадочная горная порода, состоящая из галек (или окатышей) и цемента. Залегает в виде прослоев в отложениях единой осадочной формации, иногда без отчетливых признаков размыва и перерыва. Образуется под влиянием: а) размыва течениями и волнениями в той или иной степени консолидированных прослоев отложений, с выходом или без выхода их из-под уровня моря; б) периодического поступления порций обломочного материала в бассейн с близлежащей суши. В первом случае форма галек, коэффициент окатанности и пр. не свидетельствуют о протяженности и длительности их переноса»⁶⁶, т. 1, с. 350).

Из приведенных определений достаточно явственно следуют два основных механизма формирования ВК. Один из них (ВК1 на рис. 2.24) – это доставка обломков тонкозернистых пород после перебива близлежащих отложений достаточно активными наложенными потоками, *внешними* по отношению к области седиментации (первый тип в определении У. Твенхофела и тип «б» – в Геологическом словаре). Второй (ВК2) – это *перемыв* «отвердевших» или «консолидированных» пород морскими волнениями *in situ*, т. е. в близбереговой обстановке (второй тип у У. Твенхофела и тип «а» – в Геологическом словаре). Отдельно укажем, что для первого (ВК1) неправомерно употребление термина «базальный конгломерат»; это в частности следует из сравнения с фиг. 1 рис. 2.24.

Легкая визуализация рассматриваемых объектов определяет их использование в разных целях: при стратификации, корреляции, палеогеографических построениях и т. п. Как правило, они имеют локальный характер, но известны и геологические объекты с широким проявлением ВК. Один из них –

⁶⁵ Твенхофел У. Х. Учение об образовании осадков. М.-Л.: ОНТИ, 1936. 916 с.

⁶⁶ Геологический словарь. М.: Недра, 1973. Т. 1. 485 с.; Т. 2. 456 с.

это т. н. «аномальные» разрезы баженовской свиты Западно-Сибирского осадочного мегабассейна, или АРБ. Сущность вопроса заключается в том, что широко известную баженовскую свиту позднеюрского возраста, к кровле которой приурочен один из основных отражающих сейсмических горизонтов «Б», наиболее *привычно* наблюдать в виде легко различаемых битуминозных алевроаргиллитов или баженитов. Поэтому нахождение *внутри* них песчаников, соответственно, трактуется как «аномальность» разреза (АР). Фиг. 4 на рис. 2.24 представляет как раз образец керна из АРБ, выявленном на Ключевом месторождении Широтного Приобья.

В литературе, посвященной АРБ, генезис песчаников чаще всего связывают с турбидитами – либо оползневого типа («сейсмотурбидиты»), либо классическими мутьевыми потоками высокой плотности⁶⁷. Не видя достаточных оснований для этого, мы полагаем, что данные песчаники сформировались в условиях подводных течений, ведущим диагностическим признаком которых является хорошая и средняя сортировка влекомого материала⁶⁸. При открытошельфовом парагенезе с краями аванделът, контуритами и иловыми отложениями дальней зоны осадки данного типа весьма часто подвергаются син(диа)генетическим тектоническим деформациям. По нашему мнению, именно с ними в значительной степени и связано формирование АРБ. Как раз широко распространенное здесь сочетание остроугольных совершенно неокатанных обломков баженитов, переотложенных почти *in situ*^{*}, с *хорошей* сортировкой песчаного матрикса (совершенно несвойственной турбидитам), свидетельствует в пользу ламинарно-течениевого генезиса отложений.

Существенным подтверждением данному взгляду служит приведенный в п. 2.2 пример для салфетки Аполлония с анализом брекчии из ПЖФ (см. рис. 2.20). Для этого примера применимо утверждение, приведенное в статье⁶⁹ и цитируемое нами по работе²⁸. «В принципе известно, что вероятность разрушения неоднородной среды возрастает при взаимодействии обломков одинакового размера. Это определено тем, что вероятность раздавливания более крупным обломком более мелкого (и тем более – наоборот) много ниже, чем вероятность разрушения близких по размеру обломков. Поэтому чаще всего близкие по размеру обломки взаиморазрушаются, и одинаковые фрагменты в «нормальной» породе совместно не встречаются». Абсолютно очевидно, что это полностью применимо к фиг. 1 на рис. 2.24 («салфетка

* *in situ* (лат.) – на месте

⁶⁷ Алексеев В. П., Манзина А. И., Медведева Т. Ю., Сметанин А. Б., Толмачев Е. О. Некоторые штрихи к реконструкции условий формирования аномального разреза баженовской свиты // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: изд-во УГГУ, 2007. Вып. I (17). С. 135-147.

⁶⁸ Алексеев В. П., Сметанин А. Б., Манзина А. И., Медведева Т. Ю. К вопросу о генезисе «аномальных» разрезов баженовской свиты // Состояние, тенденции и проблемы развития нефтегазового потенциала Западной Сибири (Матер. Междунар. акад. конф). Тюмень, 2008. С. 152-159.

⁶⁹ Sammis C. G., Osborne R., Anderson J. L., Banerdt M., White P. Self-similar cataclasis in the formation fault gänge // PAGEOPH. 1986. Vol. 124. P. 53-78.

Аполлония») и, напротив, неприменимо к фиг. 4, иллюстрирующей АРБ.

Дополним, что приведенные рассуждения верифицируются материалами А. В. Ежовой, которая для сходных по составу и генезису пород заключила следующее.

- «Формирование внутриформационных брекчий (псевдобрекчий) обусловлено подводно-оползневым явлением. Глинистый состав обломков в песчаниках обусловил увеличение значений на гамма-каротажных диаграммах»⁷⁰.

- «Базальные конгломераты, залегающие в виде прослоев и линз среди песчаников, указывают на периоды повышения гидроактивности переноса осадков, а приуроченные к подошвам циклитов – на начало новых седиментационных циклитов при усилении тектонической активности в областях сноса обломочного материала. ... Внутриформационные конгломераты, содержащие в качестве обломков и окатышей глины, глинисто-алевритовые слоистые породы, образуются при размыве и переотложении нижележащих пород, указывают на начало седиментационных циклов или нарушения последовательности осадконакопления»⁷¹.

В завершение этого достаточно локального, но одновременно и важного вопроса, отвлечемся на терминологию. К сожалению, приходится констатировать, что термин «внутриформационный конгломерат» не вполне удачен, что подчеркивается нередким выпадением первого слова из данного определения и, соответственно, возникающих двусмысленностей. К примеру, это произошло при составлении уникального Атласа⁷², в котором описываемые породы названы просто «конгломератами», да еще и «цементированным песчаником». В этом плане главную генетическую роль обломков в песчаном матриксе было бы хорошо подчеркнуть использованием термина *класт* (clasts): см. вначале. Однако он довольно прочно оккупирован исследователями вулканогенных и карбонатных пород, причем в различных вариантах (литокласты, интракласты, экзокласты, аллокласты и проч.). В создавшейся ситуации возьмем на себя смелость предложить вернуться к термину **пуддинг** (англ. pudding). Под ним первоначально понималась «... плотная осадочная порода, состоящая из преобладающей относительно тонкозернистой (вплоть до скрытокристаллической) массы, в которой беспорядочно распределены немногочисленные гальки. Малоупотребительный термин» (⁶⁶, т. 2, с. 157). В принципе здесь речь идет о включении обломков яшм яркого «сливового» цвета и размерности в белые кварциты, то есть о принципиально ином типе пород. Однако именно «малоупотребительность термина» (см. выше)

⁷⁰ Ежова А. В. Состав, условия накопления и геофизическая характеристика брекчий Нюрольского осадочного бассейна (Томская область) // Известия ТПУ. 2011. Т. 319, № 1. С. 96-101.

⁷¹ Ежова А. В. Особенности строения и геофизическая характеристика юрских конгломератов восточной части Нюрольской впадины // Там же. С. 101-108.

⁷² Атлас «Геологическое строение и нефтегазоносность неокомского комплекса Ханты-Мансийского автономного округа – Югры». Тюмень: ГП НАЦ РН им. В. И. Шпилемана, 2007. 191 с.

позволяет высказать предложение о его «реокупации», и закреплении за рассматриваемыми породами определения «пуддинговый песчаник» (puddingsandstone). Кстати, в первоначальном варианте для них использовалось определение puddingstone, или пуддинговый конгломерат (!), так что предлагаемое название не должно иметь двузначного толкования. Дополнительно отметим, что при изучении формы и окатанности обломков (тем более разных генераций) целесообразно использовать определения soft-clasts и hard-clasts (мягкий и жесткий; аналогично широко применяемым soft-ground и hard-ground: мягкое и жесткое дно).

Наконец, воспользуемся и возможностью проверки изложенных данных. Известный геолог-угольщик Г. А. Иванов в монографии⁷³ написал следующее: «Основной особенностью пуддинговой текстуры является наличие в более или менее грубозернистой песчаной породе разнообразных по форме, величине и расположению включений какого-либо одного (глинистого или алевроитового) состава. Особенно характерно, что среди них наряду с хорошо окатанными встречаются совершенно неправильной и остроугольной формы включения с явным изгибанием при отложении их острых окончаний. Последнее не оставляет сомнений в том, что при захоронении этих включений в песчаном осадке они были в мягком, слабодиагенезированном состоянии и захватывались потоком, несшим песчаный материал в виде окатышей и обрывков самой неправильной и остроугольной формы и различных размеров. ... породы с пуддинговой текстурой характерны для дельтовых (курсив наш. – В. А.) отложений, где «подводные» и достаточно активные еще русловые потоки, выносящие песчаный материал в зоны глинистых или алевроитовых не литифицированных еще осадков, размывают последние на отдельные остроугольные хлопья и окатыши. В таком состоянии и идет одновременная садка песчаного материала и включений мелкозернистого состава, образуя породу с пуддинговой текстурой» (⁷³, с. 33).

Бимодальность в строении ритмитов и литоритмов

Именно осадочные породы представляют весьма интересный объект в виде тончайшего переслаивания двух пород, резко различающихся по окраске (что особенно хорошо для прямого наблюдения), размерности, составу и иным параметрам. Для их обозначения В. Н. Швановым⁷⁴ использован термин *ламинит* (лат. lamina – слюек). Л. Н. Ботвинкина⁷⁵ предложила такой тип породы называть *ритмитом*. Наиболее часто подобная ритмичность связана с *сезонными* колебаниями, что описано в работе⁷⁶.

⁷³ Иванов Г. А. Угленосные формации. Л.: Наука, 1967. 407 с.

⁷⁴ Шванов В. Н. Структурно-вещественный состав осадочных формаций (начала литмографии). СПб.: Недра, 1992. 230 с.

⁷⁵ Ботвинкина Л. Н. Ритмит – особый текстурный тип породы смешанного состава // Литология и полезные ископаемые. 1966. № 5. С. 3-16.

⁷⁶ Жемчужников Ю. А. Сезонная слоистость и периодичность осадконакопления. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 72 с. (Труды ГИН АН СССР. Вып. 86).

Такая слоистость для озерных толщ, где она больше изучена, охарактеризована нами, в частности, в работе³⁴. На рис. 2.25 и 2.26 приводится образец керна, с последовательным увеличением, показывающим длительность формирования слоев и их серий. При этом верхние границы пачек слоев бимодального состава (светлое – темное) четко зафиксированы *корневыми* остатками растений, произраставшими *in situ*. Интересно и важно, что серии слоев состоят из 11 пачек (см. рис. 2.26), что соответствует периоду солнечной активности.

Другой генетический тип ритмита связан не только и не столько с сезонными, сколько с приливо-отливными процессами. Механизм формирования таких, отчетливо бимодальных пород показан на рис. 2.27 и 2.28. «В образцах» на рис. 2.29 показан простой бимодальный ритмит, а на рис. 2.30 – более сложный, полимодальный.

Специфичность механизма осадконакопления в условиях приливо-отливных течений подчеркивается двумя взаимосвязанными явлениями противоположного значения, описанными в работе⁷⁷, с. 113, 114). 1. Седиментационное запаздывание, когда при наибольшем (приливном) уровне воды взвесь при осаждении успевает переместиться ближе к берегу. 2. Эрозионное запаздывание, когда пелитовый материал, осажженный ближе к берегу, не размывается отступающей (отливной) водой планационно. Здесь срабатывает закон или правило Хьюльстрема, заключающийся в том, что после некоторого порогового значения для переноса более тонких частиц требуется большая энергия потока (дабы разрушать возрастающие силы сцепления). В это же время сносимый с прибереговой зоны материал концентрируется в каналах или бороздах отлива. Пример такого канала приведен на развертке образца (рис. 2.31).

Из приведенного отчетливо напрашивается параллель с процессом затягивания, показанным на рис. 2.2.

Обширностью изложенных в этом разделе сведений мы во многом стремились проиллюстрировать один из вариантов показанных выше схем переходов в элементах (см. рис. 2.6). Действительно, легко заметить, что большинство приведенных примеров укладываются в схему «в», соответствующую **автоколебательному элементу**. Как уже было отмечено выше, «внешние воздействия способны лишь замедлить или ускорить это циклическое (лучше: ритмическое. – В. А.) движение, но не приостановить его»⁵³. Флуктуации «внутреннего» характера вроде запаздывания некоторых процессов лишь усложняют функционирование элемента, не нарушая его общей реализации (см. рис. 2.31).

⁷⁷ Седиментология: пер. с польск. М.: Недра, 1976. 646 с.

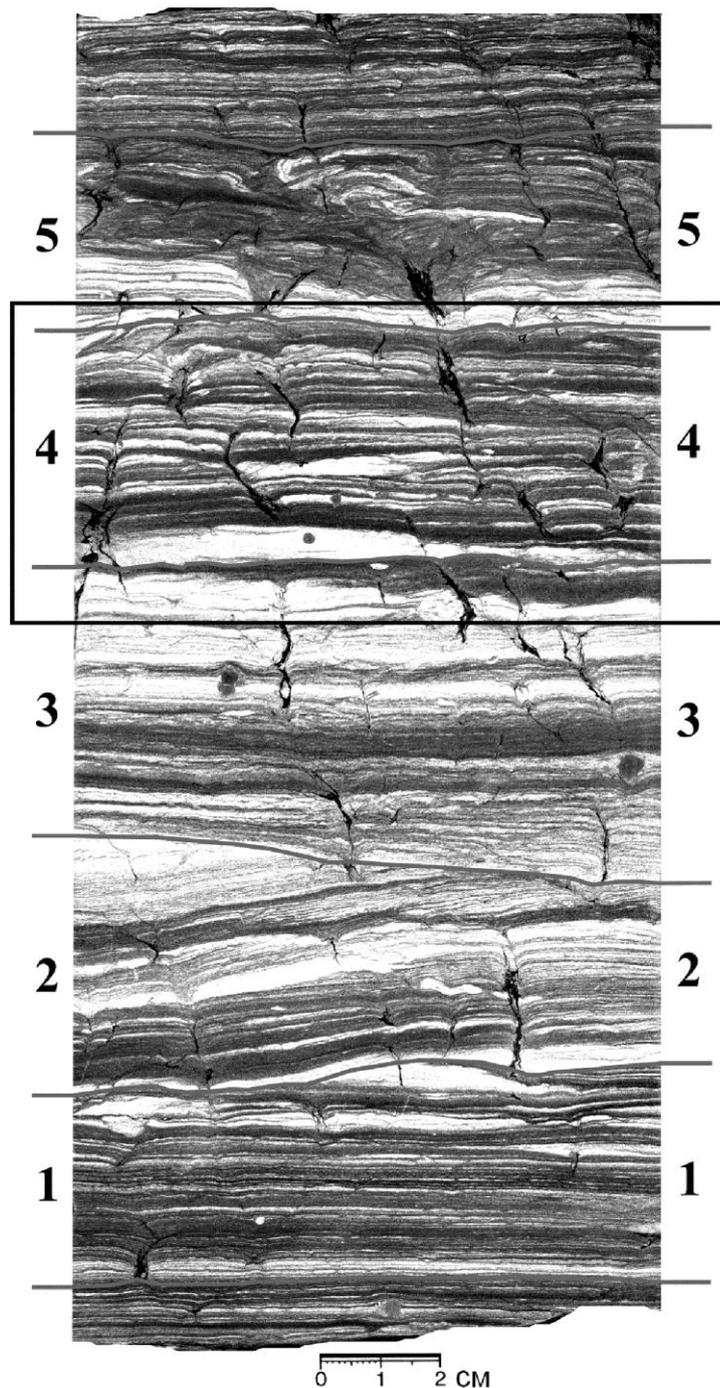
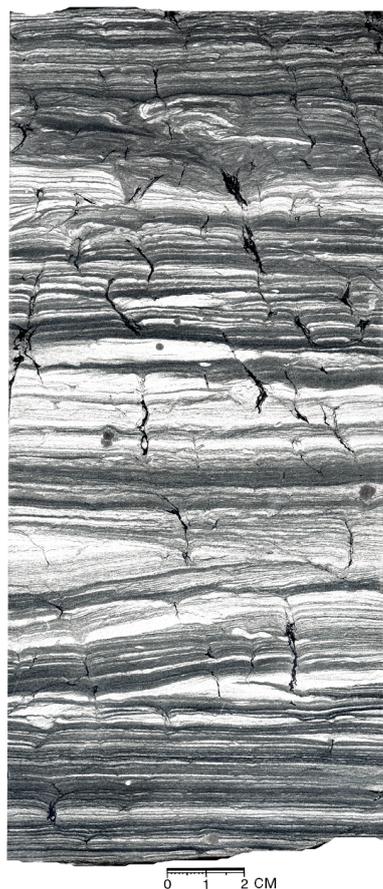


Рис. 2.25. Тонкое пере-
слаивание мелкозернистого
(темноокрашенные слойки) и
крупнозернистого (светлоокра-
шенные слойки) алевролитов, с
преобладанием первого в верх-
ней и нижней, второго – в цен-
тральной части образца. Сорти-
ровка материала хорошая. Об-
разец пронизан корневыми остат-
ками кустарниковой (?) рас-
тительности. Фация песчаных и
глинисто-алевролитовых осадков
полуизолированного малоподвижного мелко-
водья крупных озер. Тюменская свита, Шаимский НГР.

Вверху – общий вид; справа – выделение серий пологоволнистой слоистости толщиной 3-5 см (1-5). Верхние серии налегают на предыдущие с локальными несогласиями, под углом до $5-10^\circ$ (границы 1 и 2, 2 и 3-й серий), фиксирующими изменения в наклоне поверхности седиментации

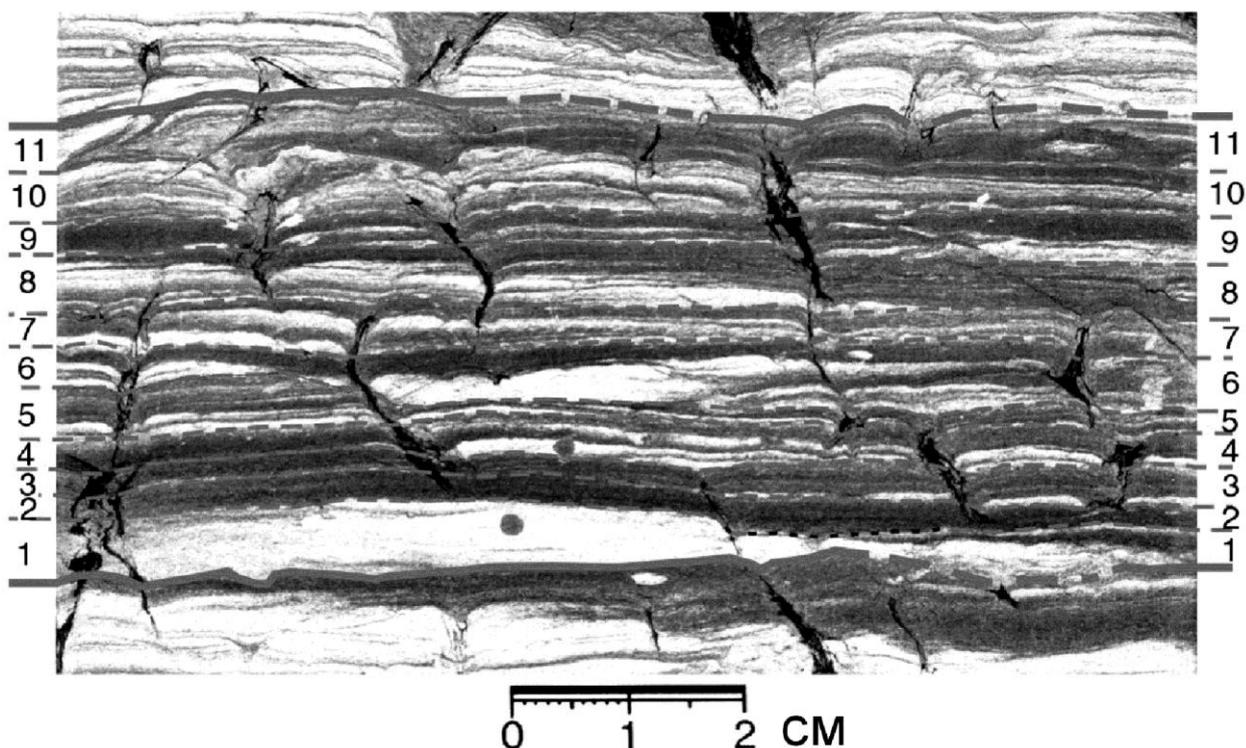


Рис. 2.26. Фрагмент образца, показанного на рис. 2.25, в увеличенном масштабе (4-я серия слоев).

Выделено 11 пачек ритмично чередующихся светло- и темноокрашенных слоев, верхние границы которых “фиксируются” корневыми остатками, пронизывающими нижележащие горизонты на разную глубину. Места произрастания наземной растительности в основном смещались по латерали, но иногда наследовались во времени, как в левой части образца (пачки 1-7). Строение и состав пачек от простого (левая часть пачки 1: толстый светлоокрашенный слой; правая часть пачки 8: толстый темноокрашенный слой), до весьма сложного (пачка 10 с внутренней тонкой ритмичностью и взмучиваниями в левой части образца). В пачках 6 и 7 (правая часть образца) следы деятельности пескожилов.

Легко заметить хорошую «вписываемость» геологических (в данном случае – литологических) сведений в общую канву базовых синергетических представлений. Иное дело – показать, насколько такие представления необходимы для понятий, достаточно разработанных в литологии. Это будет продемонстрировано в следующем эссе, а пока ограничимся показом общей типизации ритмитов, а также более крупных единиц разреза, которые Л. Н. Ботвинкиной⁵⁷ предложено называть *литоритмами*. Она приведена в табл. 2.2 и на рис. 2.32.

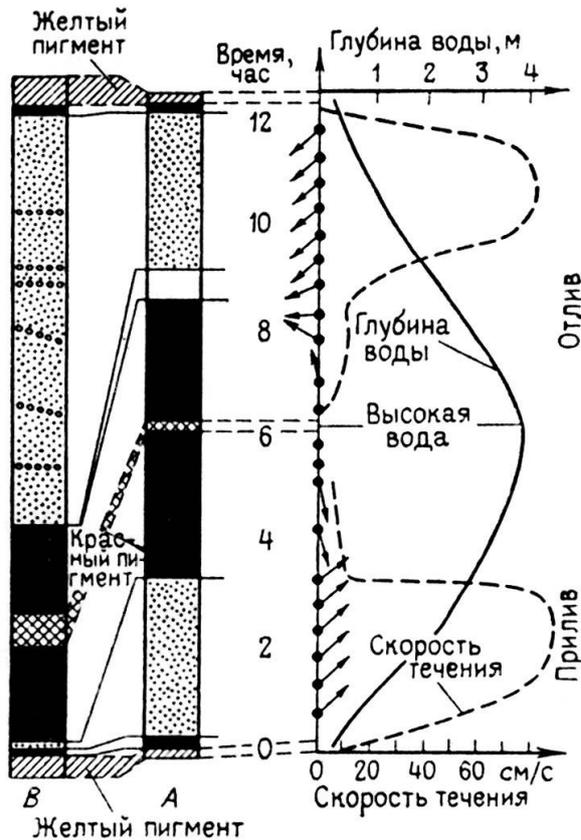
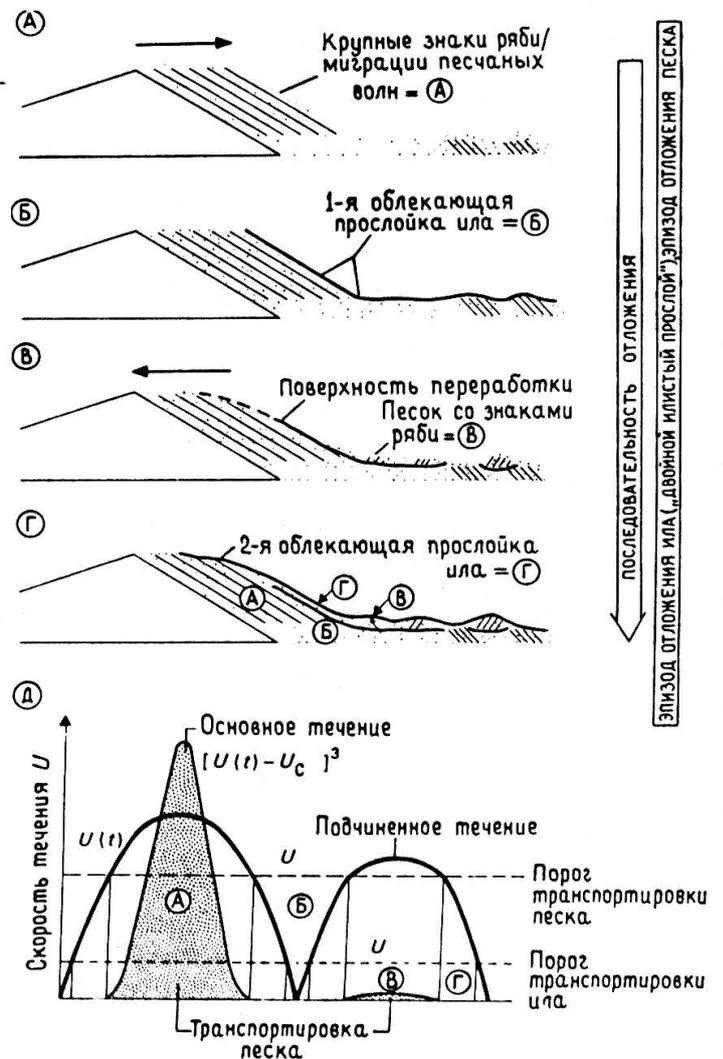


Рис. 2.27. Отложения тонких песчаных и глинистых слоев, связанные с ритмом приливов и отливов. По (Рейнек и Вундерлих, 1967): из работы (77, с. 500):

A – мощности слоев изменены для показа отложений, соответствующих разным фазам прибоя; *B* – действительная мощность отложений (профиль равен около 6-7 мм)

Рис. 2.28. Интерпретация участка косої слоистости в терминах приливно-отливного цикла с асимметричной скоростью прилива – отлива:

A–Г представляют стадии отложения осадка в соответствии с приливно-отливным циклом; *Д* представляет кривую скорости прилива и отлива, которая объясняет структуры, показанные на *A–Г*: *A* – стадия с преобладанием течений; *B* – первая стадия образования заводи; *B* – подчиненная стадия течений; *Г* – вторая стадия образования заводи; *Д* – приливно-отливный цикл и соответствующая ему последовательность отложения песк-ил. По М. Виссеру и Дж. Аллену): из работы (78, т. 1, с. 228)



⁷⁸ Обстановки осадконакопления и фации / под ред. Х. Г. Рединга: пер. с англ. М.: Мир, 1990. Т. 1. 352 с.; Т. 2. 384 с.

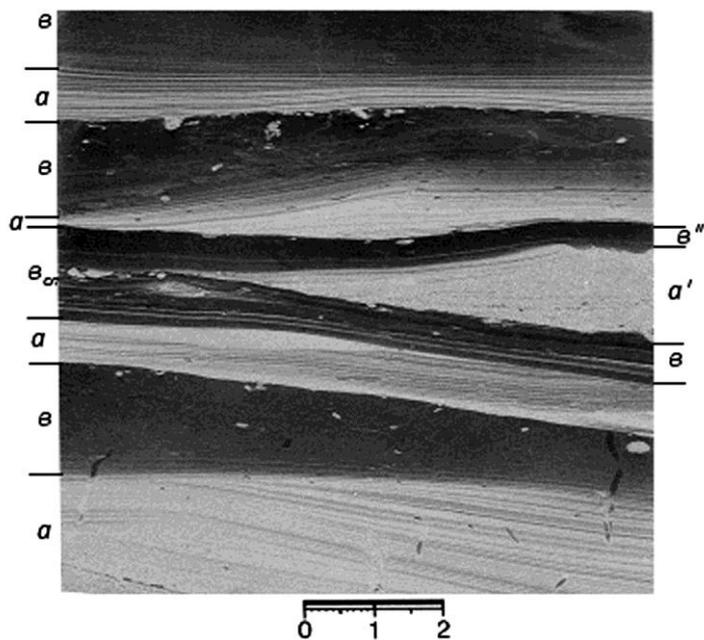


Рис. 2.29. Ритм, сформированный переслаиванием двух типов пород:

a – очень тонкозернистый песчаник, хорошо сортированный. Тонкая косоволнистая слоистость;
v – мелкозернистый алевролит, на нижних контактах слоев с очень тонкой пологоволнистой слоистостью. Толщина слоев (алевролит) и серий слоев (песчаник) 0,5-1,5 см.

В интервале *в_{сл}* слияние в сложный слой трех самостоятельных слоев *в'*, *а'* и *в''*, выделенных на правом срезе, формирующее линзовидно-волнистую слоистость

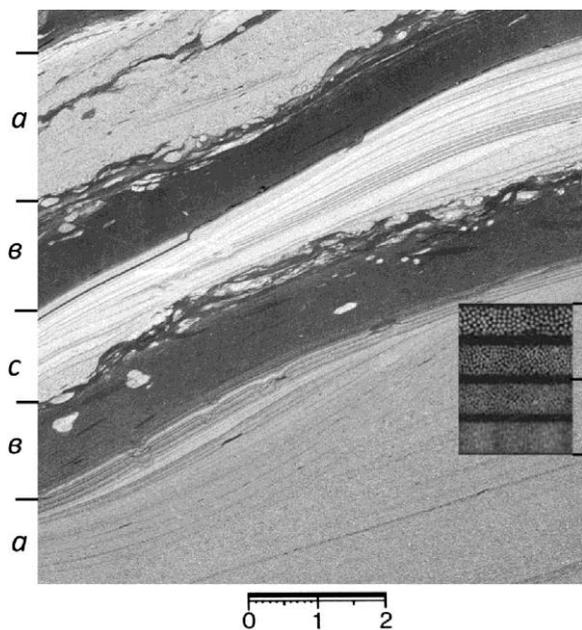


Рис. 2.30. Полимодальный ритм: сочетание (переслаивание) трех типов: *a* – песчаник тонкозернистый хорошо сортированный ($\Phi \approx 3,5$); *v* – алевролит мелкозернистый ($\Phi \approx 6-7$); *c* – алевролит крупнозернистый ($\Phi \approx 4,5$).

Значения Φ см. в табл. 2.1

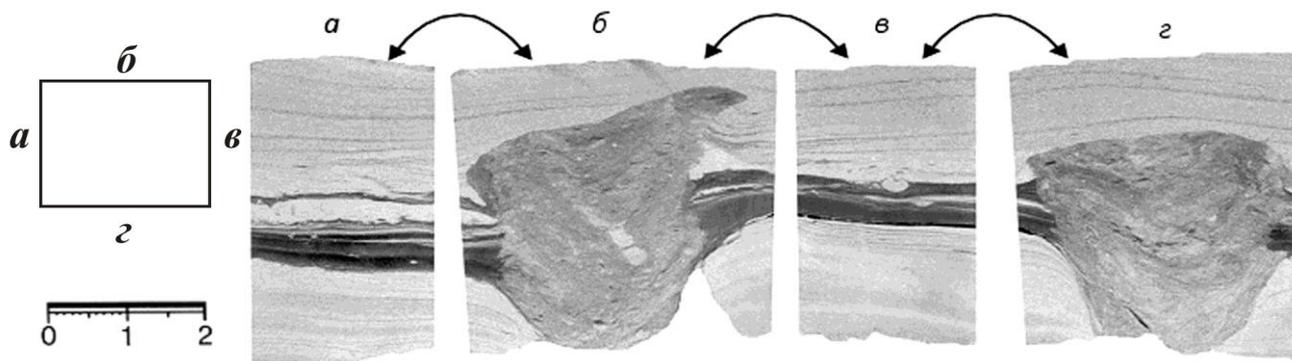
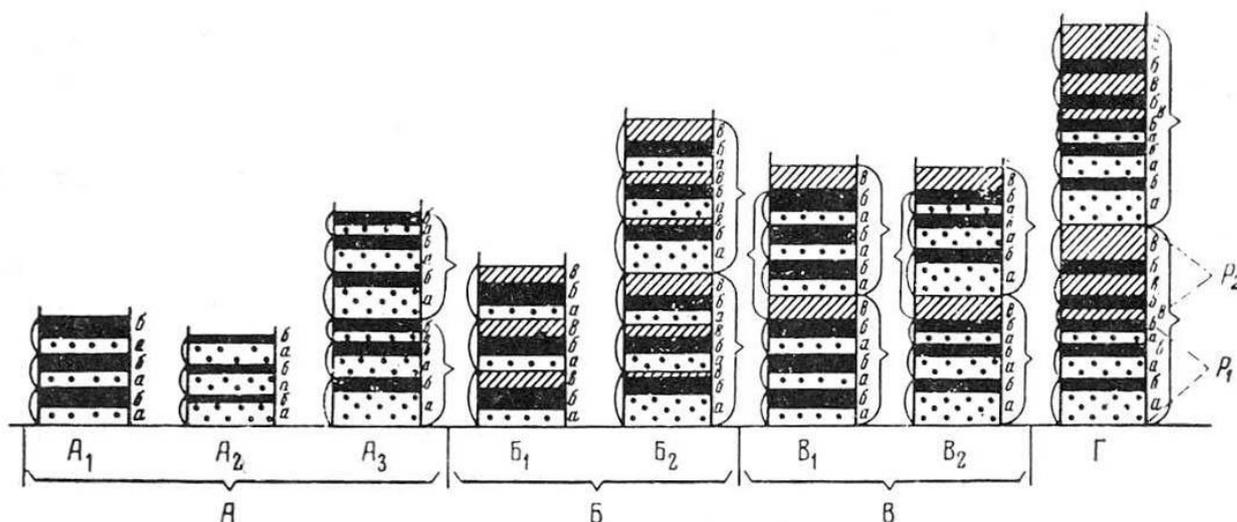


Рис. 2.31. Полная развертка образца, иллюстрирующего канал отлива, с его поперечным сечением на плоскостях *б* и *z*

Типизация литоритмов⁵⁷

Признак	Название литоритма	Примечания
1. Количество компонентов – элементов литоритма	Двухкомпонентный	–
	Трехкомпонентный (редко с большим количеством компонентов)	–
2. Равномерность элементов внутри литоритма	Равномерный	Слойки (элементы литоритма) одной мощности
	Неравномерный	Элементы литоритма разной мощности
3. Характер чередования литоритма	Направленно изменяющийся	Мощность элементов литоритма закономерно изменяется
	Простой	Состоит из двух или трех разных элементов
	Усложненный	Сочетание нескольких двухкомпонентных литоритмов + слоев иного состава
	Сложный	Сочетание комбинаций простых литоритмов

Рис. 2.32. Некоторые типы строения литоритмов⁵⁷:

a, б, в – слойки разного состава; *ритмы*: *A* – простые двухкомпонентные, *B* – простые трехкомпонентные, *B* – усложненные трехкомпонентные; *A*₁, *B*₁, *B*₁ – равномерные по мощности слойков, *A*₂ – неравномерные (слойки разной мощности), *A*₃, *B*₂, *B*₂ – мощность слойков направленно изменяется; *Г* – направленно измельчающийся сложный трехкомпонентный ритм. В нем направленно изменяются как нижние (*P*₁), так и верхние его составляющие (*P*₂). Простые скобки слева от колонок – границы ритмов 1-го порядка, фигурные скобки (преимущественно справа от колонок) указывают на ритмы 2-го порядка

Как видно из этих представлений, первоначально сформулированных более полувека назад, ритмичность может быть как двухкомпонентной, так и трехкомпонентной – это также верифицирует высказанные ранее рассуждения о бинальности и тернарности процессов (см. п. 2.1).

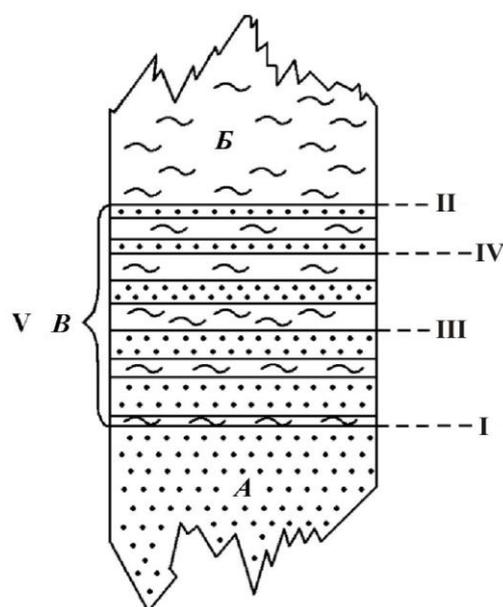
Бимодальность в стратиграфических границах

Совершенно естественным выглядит стремление к выделению *резко-стных*, а следовательно, легче распознаваемых границ – будь то геотектоника, стратиграфия либо другое направление геологии. Однако на практике, особенно при наличии детальных сведений, мы очень часто сталкиваемся с множественностью возможных решений, что показано на рис. 2.33.

Приведенным примером, имеющим отчетливо модельный характер, иллюстрируется перевод резко-стных границ мелкомасштабных построений в достаточно сложные с крупномасштабных позиций. Иначе, границы начинают приобретать объемное наполнение, переходя из разряда «мифической изохронной плоскости»⁷⁹ в самостоятельные тела, имеющие третий параметр – толщину h .

Рис. 2.33. Варианты положения границ между согласно залегающими свитами: *A* – песчаник, *B* – глины, *B* – свита переслаивания песчаников и глин⁸⁰:

I – первое появление стратиграфически верхнего литологического признака (основание первого вновь появившегося прослоя); *II* – последнее проявление стратиграфически нижнего литологического признака (кровля последнего прослоя нижележащего литостратона); *III* – середина пачки переслаивания (лучше по кровле или подошве какого-то пласта); *IV* – любая граница слоя в пачке переслаивания, каким-то образом наиболее отчетливо выраженная; *V* – выделение всего интервала переслаивания в самостоятельный литостратон



Проиллюстрируем такую объемность литолого-стратиграфических границ на примере двух образцов керн (рис. 2.34, 2.35). Они взяты из скважин, пробуренных на территории Шаимского НГР: соответственно, из нижних контактов радомской пачки и тогурской свиты.

Главной особенностью обоих контактов, охарактеризованных представленными образцами, являются *постепенность* перехода двух литологически контрастных подразделений через переслаивание (см. рис. 2.33), при наличии относительно грубозернистых, *инициальных* прослоев, как бы предвосхищающих означенную смену. В качестве исключительно геологического дополнения укажем, что подобная инвариантность контактов косвенным образом свидетельствует о генетическом единстве (родстве) соответствующих подсвит шеркалинской свиты (ее положение см. на рис. 1.3).

⁷⁹ Симаков К. В. О некоторых методологических проблемах геохронологии и геохронометрии // Геологические этюды. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2003. С. 73-84.

⁸⁰ Прозоровский В. А. Начала стратиграфии. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2003. 228 с.

Рис. 2.34. Нижний контакт радомской пачки в скв. 26 Западно-Тугровского месторождения (Шаимский НГР):

- нижняя часть образца представлена ритмичным переслаиванием светло-серого тонкозернистого песчаника с линзовидно-косоволнистой слоистостью и темно-серого мелкозернистого алевrolита с тонкой пологоволнистой слоистостью, в соотношении ~ 3:1, обстановка проточной поймы;
- слева (интервалы с крапом) – динамичное смешение двух указанных типов;
- справа стрелкой показан трехмиллиметровый прослой S-образного вида слабоуглистого мелкозернистого алевrolита; кося штриховкой – начало собственно радомской пачки того же состава

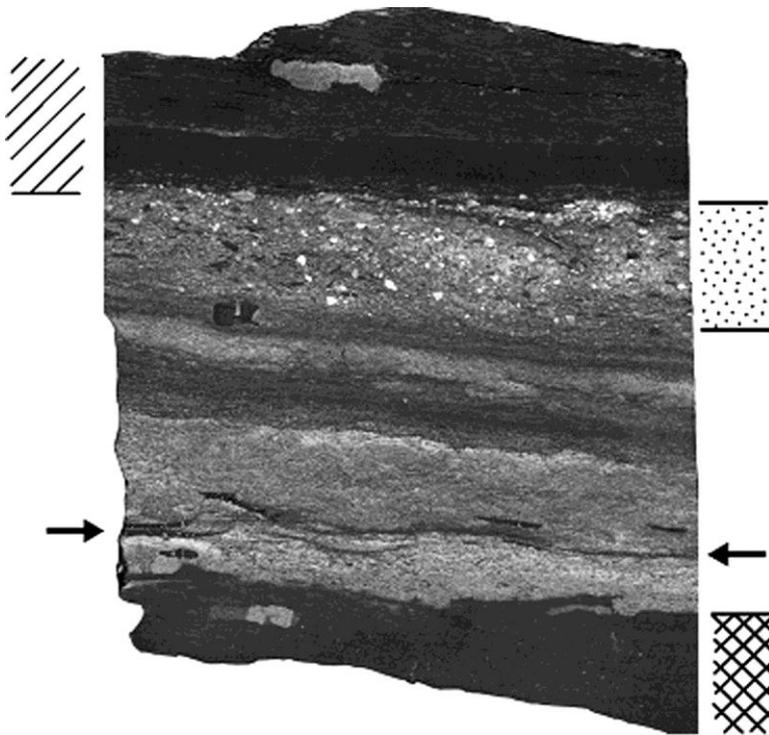
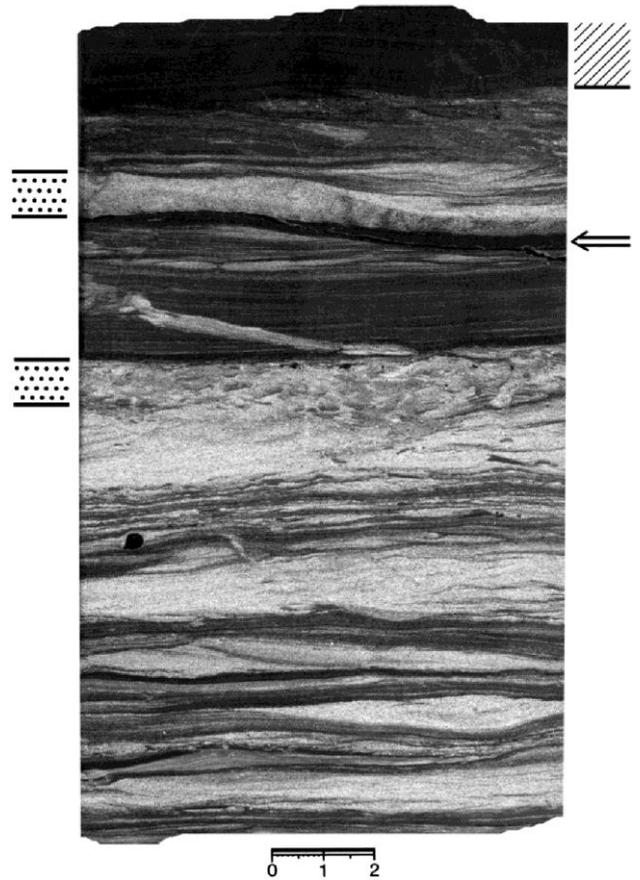


Рис. 2.35. Нижний контакт тогурской свиты в скв. 25 Западно-Тугровского месторождения (Шаимский НГР):

- интервал с крапом – «мусорное» включение в алевrolитовую основу зерен песчаной размерности (5-10 %) и кварц-полевошпатового состава. Шлейф конуса выноса (дистальная часть);
- ниже (основная часть образца) – ритмичное переслаивание серого крупнозернистого и темно-серого мелкозернистого алевrolитов в соотношении ~ 3:1, с направленной ритмичностью;
- в самой нижней части (штриховка сеткой) – углистый алевrolит, слегка перемятый в кровле (плюс обрывки растительных тканей в основании серии, лежащей с небольшим размывом (стрелки));
- кося штриховка вверху (слева от образца) – собственно тогурская пачка слабоуглистого алевrolита, с полуовальной сульфидной конкрецией

Оценивая изложенное, вновь подтверждается наличие третьего, иногда «угнетенного» (по Ю. С. Папину: см. выше), но чаще самостоятельного элемента процесса; третьего объекта, занимающего «промежуточное» положение между двумя антиподами. Проиллюстрируем это еще одним примером объемности стратиграфической границы резкостного характера, который приведен нами в работе³⁵. На рис. 2.36 представлен контакт тюменской и абалакской свит, наблюдаемый непосредственно в керне. Будучи представлен в виде весьма неровной плоскости с «нулевой мощностью», он тем не менее соответствует некоторому возрастному (временному) периоду сложной структуры. Первый промежуток ненаблюдаемого, т. е. не овеществленного в породном виде, времени относится к границе 1-го и 2-го интервалов (см. рис. 2.36). В это время континентальные осадки тюменской свиты были погружены на дно вновь формирующегося морского водоема (видимо, разница высот составила первые десятки метров) и незначительно эродированы. В любом случае перед новым этапом закрепления осадков (интервал 2) поверхность дна водоема была неровной, и здесь обитали сверлящие организмы (норка гипихниона). Длительность этого перерыва в осадконакоплении была невелика и составляла предположительно первые сотни лет. Данное предположение, с одной стороны, базируется на том, что осадки тюменской свиты были к началу нового этапа осадконакопления уже уплотнены и частично литифицированы. С другой стороны, невысокая степень уплотнения выражена в сигмоидной текстуре (слева внизу), как бы «объединяющей» отложения 1-го и 2-го интервалов. Пластичный тонкоалевритовый материал здесь из-под плотной аргиллитовой линзы перемещен вверх и продвинут (слева направо) в приконтактовую нижнюю часть 2-го интервала.

Новый этап осадконакопления абалакской свиты (интервал 2) происходил в условиях аккумулятивного ингрессивного* заполнения подготовленной денудированной поверхности. Об этом свидетельствует инициальное заполнение канала глубиной 1,0 и шириной 1,5 см в правой нижней части образца (второй промежуток ненаблюдаемого времени, связанного уже с началом нового этапа седиментации). Промоина, имеющая «троговую» трапециевидную форму, имеет неровное дно, почти отвесные стенки и пульсационно заполнена относительно крупным песчано-алевритовым материалом. Первично консолидированные осадки тюменской свиты в противоположной части образца (нижняя правая плоскость) срезаются практически на ту же глубину. Именно эта амплитуда (8-10 мм) определяет глубину собственно эрозии погруженных на дно отложений тюменской свиты для изученного контакта.

* Ингрессия – разновидность процесса наступания моря на сушу типа платформы, обладающей равнинным низменным рельефом, сложенной горизонтально лежащими отложениями. Наступание не сопровождается абразией; перерыв неясен; угловые несогласия отсутствуют⁶⁶.

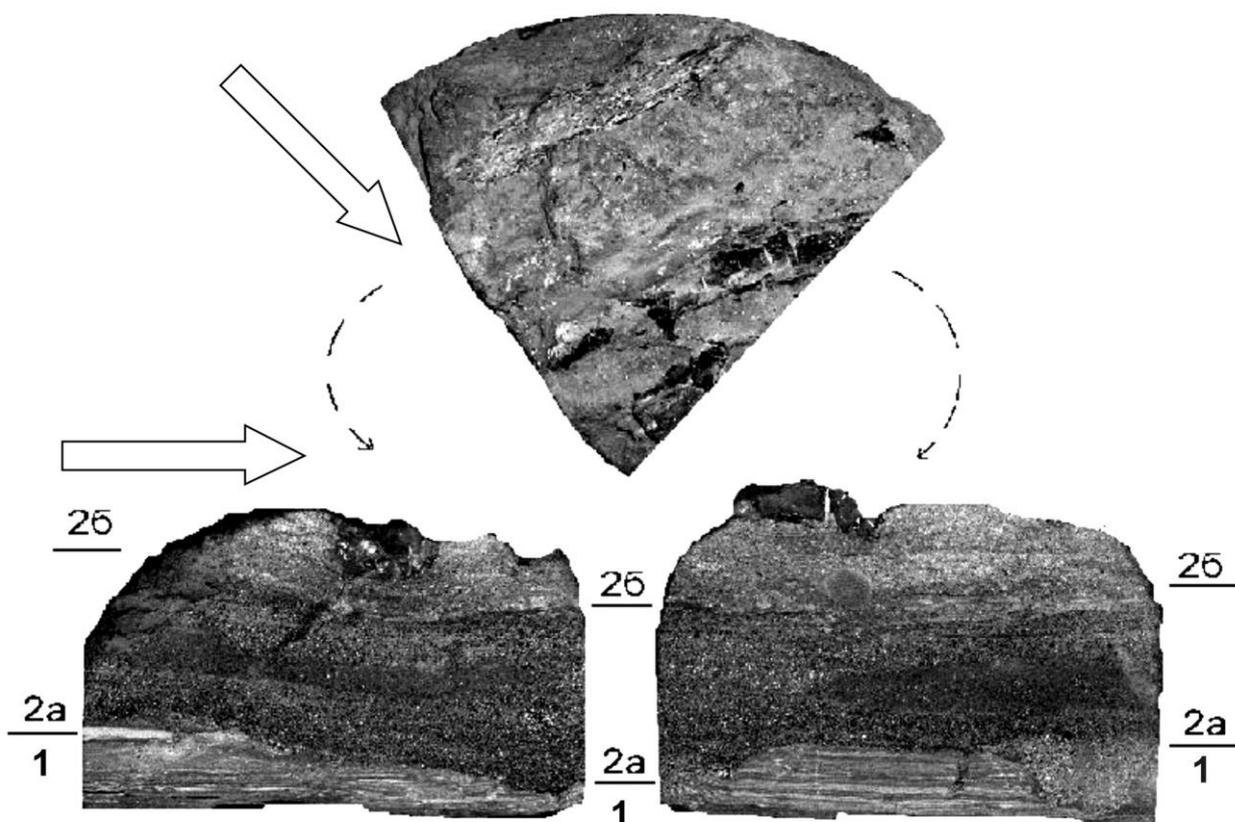


Рис. 2.36. Контакт абалакской и тюменской свит в образце из керна скв. 26 Западно-Тугровского месторождения (глубина 2149,0 м)

Вверху - изображение неровного скола верхней поверхности образца с перекристаллизованными рострами белемнитов, расположенными параллельно волновой придонной ряби. Внизу: слева - плоскость, параллельная, а справа - перпендикулярная направлению перемещения материала, которое показано светлыми стрелками. Цифрами обозначены выделенные интервалы.

Интервал 1 – тонкозернистый алевролит весьма хорошей садки с тонкой неравномерной горизонтальной слоистостью за счет изменения цвета чередующихся пар слоев (озерный ленточный тип). Тюменская свита, горизонт пласта Ю₂.

Интервал 2 – мелко-крупнозернистый алевролит со средней и плохой сортировкой материала. Основание абалакской свиты, горизонт пласта П₃ вогулкинской толщи, соответствующий пласту Ю₂⁰ востока Западной Сибири. Снизу вверх выделяется две серии слоев. В нижней серии (2 а) со средней мощностью 2 см наблюдается отчетливая толстая динамичная косоволнистая слоистость. На нижнем контакте с интервалом 1 (тюменская свита) интенсивная пиритизация. Верхняя, неполная серия (2 б) – с неотчетливой полого-линзовидной слоистостью и внутренними мини-перемычками, создающими пятнистую текстуру. Выше контакта серий – эллипсоидальная конкреция пирита со средним диаметром 4 мм (правое нижнее изображение)

Фактически здесь речь идет о переходном интервале между двумя свитами, о постепенном, хотя и маломощном переходе между ними, о постепенной, а не мгновенной смене континентального режима осадконакопления морским.

Вновь отметим, что данный процесс легко укладывается в режим «затягивания», отображенный на рис. 2.2 и в целом подтверждающий «мифичность изохронных плоскостей»⁷⁹. Дополнительно укажем, что в описанном варианте литологически «прочитана» история перехода из одного состояния в другое, отображенная в схеме «а» на рис. 2.6. Ранее было указано: «чтобы вызвать переход, интенсивность воздействия должна превысить некоторый пороговый уровень»⁵³. Теперь отчетливо показано, что превышение такого уровня может происходить не спазматическим прыжком, а после накопления некоторой потенциальной энергии, с предварительным затягиванием процесса (см. выше).

Общим и главным итогом по первому «сущностному» эссе является то, что все приведенные, весьма разнообразные литологические примеры легко вписываются в синергетическую парадигму, базовые принципы которой показаны в табл. 1.1. «Синтезируя» основные изложенные сведения, заключим, что основные (базовые) принципы теории катастроф, фрактальной геометрии и кластерного анализа «всюдны» и могут применяться в седиментологии так же, как и в любой отрасли науки и техники. Возьмем на себя смелость полагать, что они, будучи линейны и по своей сути противоположны, могут взаимодополнять друг друга, что показано на рис. 2.37.

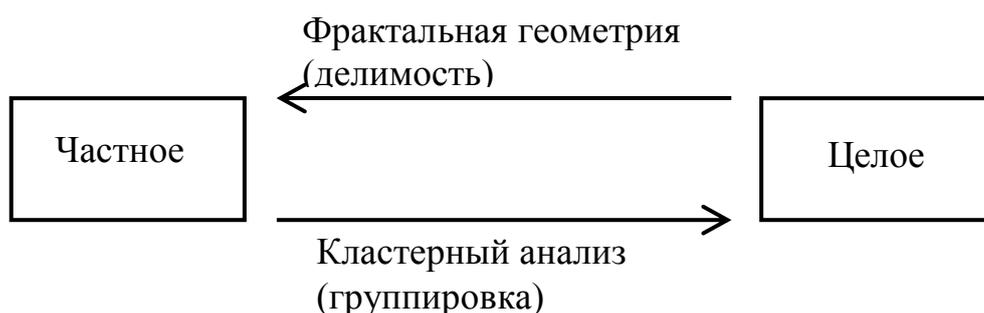


Рис. 2.37. Схема, иллюстрирующая взаимоотношения бифуркации, фрактальной геометрии и кластерного анализа

Рассматривая «полярное» взаимодействие двух методик, можно с уверенностью полагать, что при изучении конкретных объектов применимы обе. Это особенно приемлемо и продуктивно именно с синергетических позиций.

Эссе 3. САМООРГАНИЗАЦИЯ – ОСНОВА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В книге «Литологические этюды»⁵, являющейся предтечей представляемой монографии (см. Предисловие), финальный, шестой, этюд был нами назван «Модельная эквивиальность». Третья интерлюдия к нему имела название «Синергетика геологических систем и процессов». Это как свидетельствует о преемственности в изложении материалов, так и приводит к тому, что при показе некоторых представлений неизбежно будет присутствовать элемент повтора. Впрочем, постараемся такое *дежавю** свести к минимуму, посредством изменения ракурсов подачи сведений.

3.1. Процессы самоорганизации

Понятие самоорганизации для исследуемых систем введено У. Р. Эшби (Ashby) в 1947 г. Он же впервые указал на необходимость учета взаимодействия между исследователем и изучаемой системой (в кибернетике)⁸¹. Подчеркнем, что это полностью укладывается в представления постнеклассической парадигмы, когда способ вопрошания и свойства объекта входят в процесс взаимодействия между исследователем и изучаемой средой (см. табл. 1.1).

В п. 1.1 уже было отмечено, что синергетику по существу можно было бы определить как науку о самоорганизации (s. l.). Выполняемые исследования любого плана полагают выделение наиболее существенных черт в изучаемых объектах, процессах. При этом «часто выделение таких черт позволяет перейти к более простому объекту, который правильно отражает основные закономерности явления и *дает возможность получить о нем новую информацию*. Такой объект и называется моделью»⁸². Заметно, что данное положение по своему смыслу весьма близко к понятию *эмерджентности*, описанному ранее (см. п. 1.2, примечания к табл. 1.2). На всех этапах построения и совершенствования **моделей** их следует обязательно **проверять (верифицировать)** – это является краеугольным камнем моделирования. Несомненно, что бесконечное «совершенствование» геологических моделей, без их заверки, является принципиально тупиковым на пути получения нового знания.

В более широком смысле можно использовать термин **паттерн** (англ. pattern), который объединяет такие интерпретации, как образец, модель, структура и пр. Как указано в работе⁴⁵, в отечественной литературе под этим термином чаще понимается именно структура. Общая классификация паттернов приведена на рис. 3.1.

* Дежавю (фр. *déjà vu* – уже увиденное) – ощущение «уже виденного», психологический эффект // ru.wikipedia.org

⁸¹ Эшби У. Р. Принципы самоорганизации // Принципы самоорганизации. М.: Мир, 1966. С. 314-343.

⁸² Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г. Синергетика – теория самоорганизации. Идеи, методы, перспективы. М.: Знание, 1983. 62 с.



Рис. 3.1. Классификация структур (паттернов) (⁴⁵, с. 176)

В нижних прямоугольниках на рис. 3.1. показаны некоторые примеры паттернов, которые приводятся в физико-математических работах по синергетике (ее первый «кит»: см. п. 1.1). Ограничимся более простым примером, изображенным на рис. 3.2, где представлена автоволна простой механической системы.

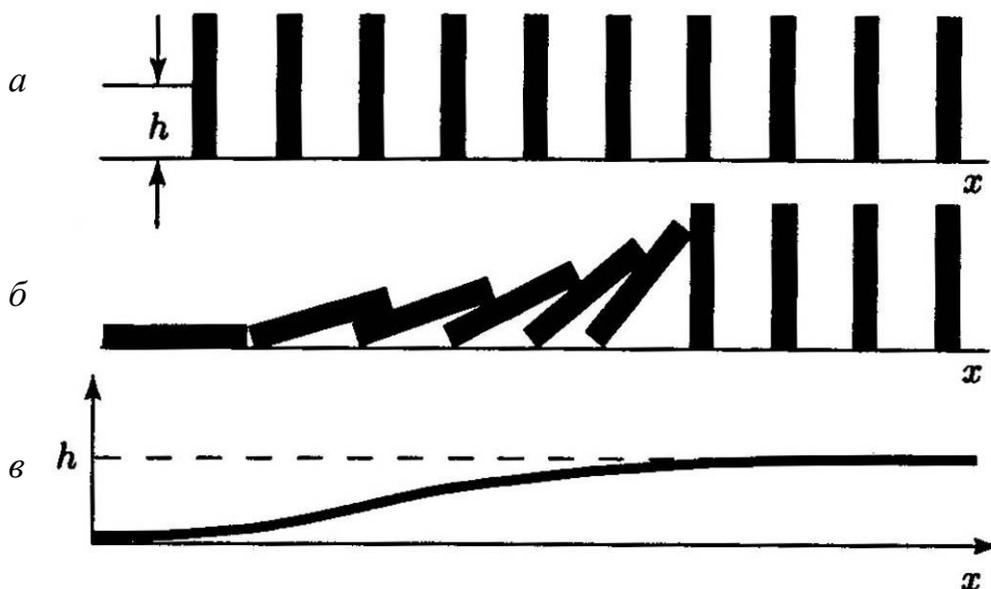


Рис. 3.2. Механическая система падения костей домино: *a* – первоначальное положение; *б* – автоволна последовательного падения; *в* – профиль, иллюстрирующий положение центра тяжести костей (⁴⁵, с. 178)

В исходном, верхнем, состоянии (а) каждая кость домино обладает потенциальной энергией ($W = mgh$, где m – масса кости, $2h$ – ее высота). Соседние элементы так взаимодействуют между собой, что каждая падающая кость толкает следующую, роняя ее (процесс на рис. 3.2, б). При этом самораспространяющаяся волна падения костей представляет собой автоволну, с переключением из метастабильного состояния $W = mgh$ в более выгодное состояние с $W = 0$ (график на рис. 3.2, в). Примечательно, что скорость и профиль такой автоволны не зависят от первоначального толчка. Для более детальной характеристики процесса приведем развернутую цитату. «Поскольку образование автопаттернов – результат развития пространственно неоднородных неустойчивостей с их последующей стабилизацией за счет баланса между диссипативными расходами и поступлением энергии от источника неравновесности, то процесс образования автопаттерна похож на установление колебаний в **распределенных автоколебательных системах (РАС)**. Для последних определение звучит так: РАС – неконсервативная система, в которой в результате развития неустойчивости возможно установление волновых или колебательных движений, параметры которых (амплитуда и форма колебаний и волн, частота, а в общем случае спектр колебаний) определяются самой системой и не зависят от конечного изменения начальных условий (!! – В. А.) ... для образования паттернов условия на периферии неравновесной диссипативной среды не столь существенны, как для автоколебаний. Поэтому самым широким является определение самоорганизации как установления в диссипативной неравновесной среде пространственных паттернов (вообще говоря, эволюционирующих во времени), параметры которых определяются свойствами самой среды и слабо зависят от пространственной структуры источника неравновесности (энергии, массы и т. д.), начального состояния среды и условий на границах. Даже в рамках этого широкого определения явления самоорганизации весьма разнообразны, поскольку они разворачиваются и во времени, и в пространстве, а богатство их форм чрезвычайно велико. Это диссипативные структуры Пригожина, уединенные фронты (волны горения и популяций, к ним же можно отнести нашу автоволну переключения фишек домино) ...» (⁴⁵, с. 178-179).

Этот же процесс можно отобразить и в виде простой модели (рис. 3.3). Достаточно очевидно, что поиск шариком «своей» ямки соответствует описанной ранее бифуркации в теории катастроф (см. п. 1.1; рис. 2.2, а).

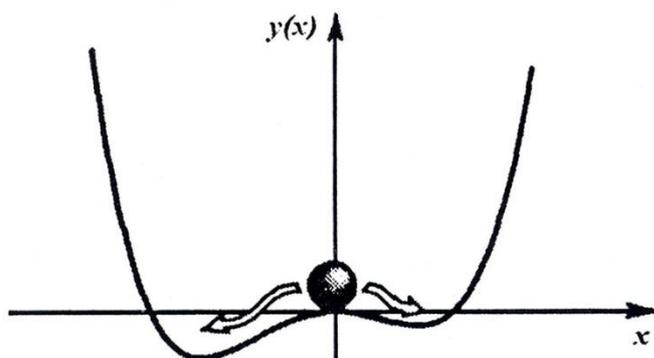


Рис. 3.3. Система, находящаяся в состоянии неустойчивого равновесия. Незначительные воздействия на систему извне с неизбежностью приведут к тому, что система перейдет в устойчивое состояние равновесия (⁴⁵, с. 210)

Если абстрагироваться от временной характеристики процесса, то переход к новому режиму или новому состоянию объекта может рассматриваться в двух вариантах – мягкой и жесткой потери устойчивости равновесия (рис. 3.4). Нетрудно заметить, что первый вид означает переход в колебательный периодический режим, что уже было проиллюстрировано на рис. 2.2, б. Во втором случае система уходит со стационарного режима резко, скачком, перескакивая на иной режим движения. Это соответствует (s. 1.) схеме, изображенной на рис. 2.2, а. Отметим, что затягивание устойчивости здесь не рассматривается.

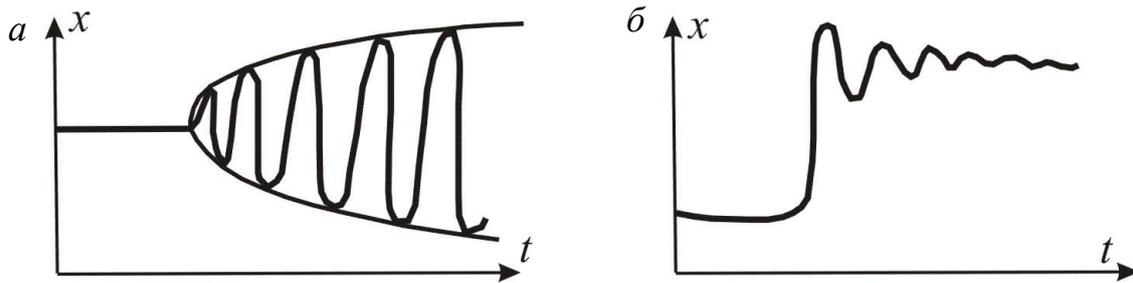
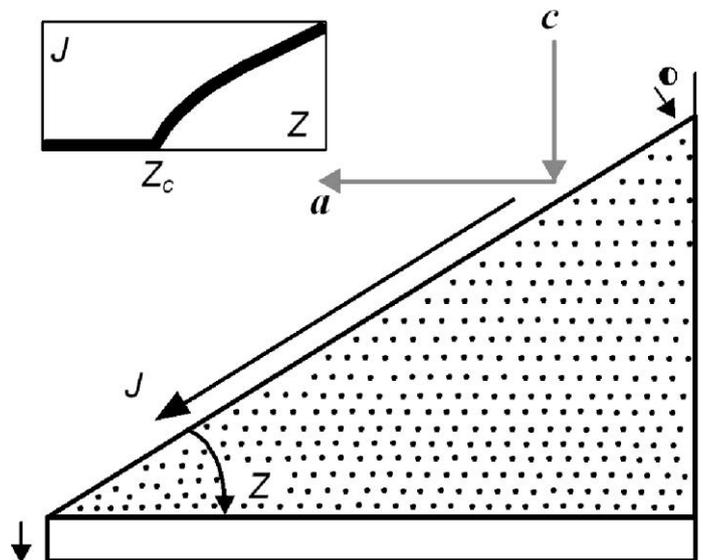


Рис. 3.4. Потеря устойчивости равновесия: а – мягкая, б – жесткая⁵⁰

Ровно четверть века назад была предложена теория систем с **самоорганизованной критичностью**^{83, 84} или СОК (англ. – self-organized criticality), обычно описываемой на примере кучи песка (рис. 3.5).

Рис. 3.5. Уголок с песком.
Состояние песка определяется углом наклона поверхности z . При его изменении в системе c (подача материала) – a (латеральное смещение), показанной стрелками, происходит непрерывный фазовый переход (зависимость параметра порядка от управляющего параметра приведена на врезке) от неподвижного состояния ($J = 0$) к состоянию непрерывного тока песка ($J > 0$). При токе $J = 0$ система самоорганизуется в состоянии с критическим наклоном $z = z_c$



Для примера, изображенного на рис. 3.5, медленно и равномерно – по одной песчинке – насыпается песок. Сначала песчинки остаются на том мес-

⁸³ Bak P., Tang C., Wiesenfeld K. Self-organized criticality: an explanation of 1/f noise // Phys. Rev. Lett, 1987. Vol. 59. P. 381-384.

⁸⁴ Бак П., Чен К. Самоорганизованная критичность // В мире науки. 1991. № 3. С. 16-19.

те, куда они упали. Потом они начинают громоздиться друг на друга, образуя, в соответствии с силами сцепления, кучу с пологим склоном. Время от времени, когда в каком-то месте склон становится слишком крутым, песчинки соскальзывают вниз, вызывая небольшую лавину. По мере добавления песка и неизбежного увеличения крутизны склона размер лавин увеличивается. В некоторый момент куча песка (система песчинок) достигает критического состояния, когда даже одна падающая песчинка может вызвать лавину любого размера, включая катастрофические. Однако даже таковые не могут привести состояние крутизны склона к значительному отклонению от критического. Возникающие лавины представляют разновидность цепной реакции или ветвящегося процесса и по сути сходны с перколяционным кластером (см. рис. 2.22).

Согласно СОК, «многие составные системы естественным образом эволюционируют к критическому состоянию, в котором малое событие вызывает цепную реакцию, могущую повлиять на любое число элементов системы. Хотя в составных системах происходит больше незначительных событий, чем катастроф, цепные реакции всех масштабов являются неотъемлемой частью динамики. Как следует из теории критичности, малые события вызывают тот же механизм, что и крупные. Более того, составные системы никогда не достигают равновесия, а вместо этого эволюционируют от одного метастабильного состояния к другому»⁸⁴.

Существенное развитие СОК получила в работах А. В. Подлазова⁸⁵, где им даже предложено понятие «песочная» парадигма. Не имея возможности показать полученные им данные (для этого потребовалось бы много места), ограничимся небольшой цитатой. «Именно исключительная простота механизмов, лежащих в основе целостности, делает окружающий мир таким, каким он есть – полным сложных систем».

Возникающие в процессе самоорганизации новые режимы получили название **аттракторы** (лат. *attrahere* – привлекать, притягивать). Будучи притягивающим множеством в фазовом пространстве, аттракторы как привлекают соседние режимы, тем более находящиеся в переходном процессе, так и способны к самоорганизации. При этом аттракторы, отличные от состояний строго периодических колебаний, наилучшим образом отвечают *странным аттракторам*, связываемым с проблемой турбулентности. Метеоролог К. Лоренц в 1963 г. описал наблюдавшийся им в численных экспериментах по моделированию конвекции аттрактор в трехмерном фазовом пространстве с разбегающимися по нему в разные стороны фазовыми кривыми (рис. 3.6). Помимо того, что само изображение аттрактора Лоренца напоминает бабочку, взмахнувшую крыльями, свои результаты он изложил в статье «Предсказуемость: может ли взмах крыльев бабочки в Бразилии привести к образованию торнадо в Техасе?». Не мудрено, что описанное явление часто образно называют *эффектом бабочки* (*butterfly effect*).

⁸⁵ Подлазов А. В. Теория самоорганизованной критичности – наука о сложности // Синергетика, линейная динамика и междисциплинарные исследования: NonLiN.ru (23.03.2009).

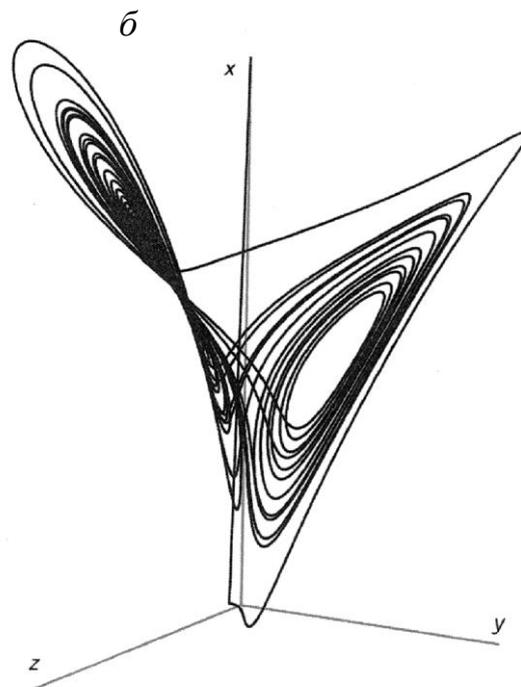
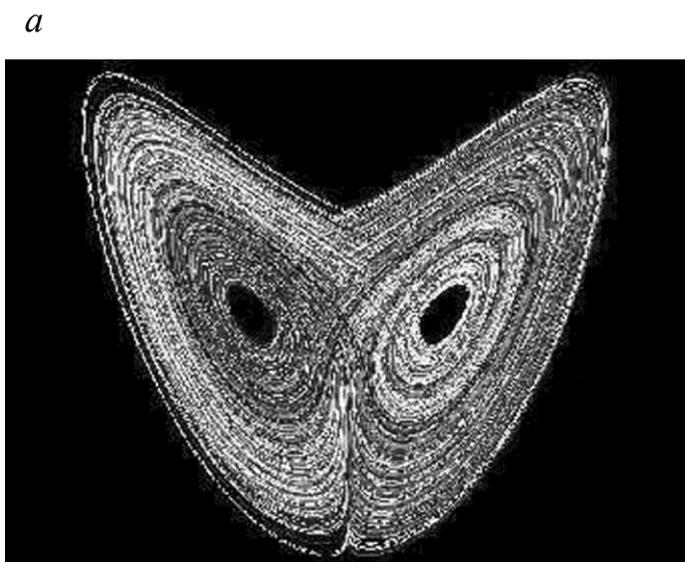


Рис. 3.6. Аттрактор Лоренца: изображение в плоскости (*a*) и объеме (*б*)

Основная суть аттрактора Лоренца заключается в существенной зависимости протекания процесса от изменения начальных условий. В гипертрофированном виде это было показано в рассказе Р. Брэдбери «И грянул гром» (A Sound of Trunder, 1952). В нем охотники на динозавров отравляются на машине времени в прошлое, и один из них случайно раздавливает бабочку. Вернувшись назад, они обнаруживают сильные изменения по сравнению с тем, что они покинули перед путешествием. «Из-за такой малости! Из-за бабочки! – закричал Экельс. Она упала на пол – изящное маленькое создание, способное нарушить равновесие, повалились маленькие костяшки домино... большие костяшки... огромные костяшки, соединенные цепью неисчислимых лет, составляющих Время»*.

Перечисленное в разделе подводит к понятию о неразрывном единстве процессов и объектов (систем) в своих центробежных и центростремительных траекториях. В частности, первые наиболее ярко реализуются в бифуркации; вторые – в аттракторах, в том числе и странных. В подтверждение данной позиции процитируем следующее высказывание. «Итак, мы приходим к примечательному результату. Хотя организация мира такова, что все в нем в общем устойчиво, но все устойчиво лишь относительно, до определенной степени, на некоторой, пусть и длительной стадии развития. Все в мире метастабильно. Сложноорганизованные системы имеют тенденцию распадаться, достигая своего развитого состояния. Неустойчивость диалектична. Устойчивость вырастает из неустойчивости, в результате неустойчивости... А устойчивость в конце концов, рано или поздно оборачивается неустойчи-

* Симптоматично выглядит сравнение с процессом, показанным на рис. 3.2.

востью» (⁸⁶, с. 53). Проиллюстрируем такое соображение простейшей схемой (рис. 3.7), близкой к той, что была предложена на рис. 2.37.

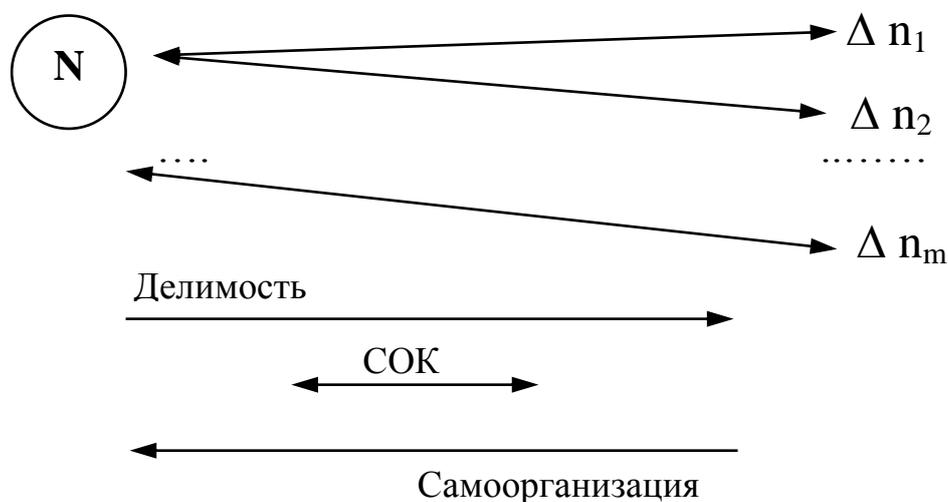


Рис. 3.7. Взаимоотношения между объектами (n_1, \dots, n_m) и их общностью (N)

Перечисленные процессы достаточно легко поддаются статистической обработке, в общем не требующей специальной физико-математической подготовки. Проще и одновременно надежнее это выполнять в пакете программ STATISTICA, в которую входит и кластерный анализ, в общих чертах охарактеризованный в предыдущей главе. Однако существенно большее значение имеет мощный аппарат **факторного анализа**, относящийся к области многомерной статистики. В работе⁸⁷ так описана одна из типичных задач, удовлетворительное решение которых можно получить с помощью факторного анализа. «Нефтяная компания стремится максимально сократить огромные массивы данных палеоэкологических и седиментологических исследований и представить их в компактном виде, позволяющем использовать эти данные для поисков нефтеносных отложений».

Иначе рассуждая: обилие исходных данных в виде m признаков по n объектам сводится к ограниченному количеству переменных или факторов F , имеющих новое содержание. Нетрудно заметить, что данная процедура имеет отчетливо нелинейный характер, а анализ новых переменных позволяет судить о степени и характере самоорганизации системы. Отметим, что расчеты могут проводиться как для переменных или признаков m (R -модификация), так и для объектов n (Q -модификация).

⁸⁶ Князева Е. Н., Курдюмов С. П. Основания синергетики. Синергетическое мировидение. М.: КомКнига, 2005. 240 с.

⁸⁷ Йёреског К. Г., Клован Д. И., Реймент Р. А. Геологический факторный анализ. Л.: Недра, 1980. 223 с.

Особо отметим, что все перечисленное в разделе находится в русле синергетической или «неклассической» парадигмы вида Субъект ↔ {Средства ↔ Объект} (см. табл. 1.1). Однако, как указывалось в главе 1, последние десятилетия характеризуются бурным развитием «постнеклассической» парадигмы, с подвключением «Субъекта» в познавательную или когнитивную деятельность. Особенно ярко это проявляется для аппарата **нейронных сетей**, который, как правило, описывается в работах по синергетике в последнюю очередь (см. табл. 1.4). Связано это с переходом от «механизированной» алгоритмизации изучаемых процессов, имеющей конечные ограничения, к их эвристической оценке, аналогичной действию человеческого мозга. Пример действия синергетического компьютера уже был приведен на рис. 2.4. Главное в нем – это механизм самоорганизации, позволяющий сети обучаться в процессе действий. Первый обучающийся нейрокомпьютер (перцептрон^{*}) был создан в 1988 г. В настоящее время данный метод исследования бурно развивается во всех отраслях, имея отчетливо междисциплинарный характер (см. п. 1.1; рис. 1.1).

Завершая раздел, обратимся к методологии выполняемых рассуждений и построений с общих позиций, что в предельно схематизированном виде показано на рис. 3.8.

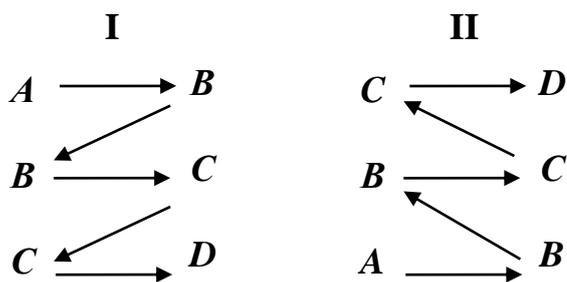


Рис. 3.8. Стратегии решения задач: I – прямой вывод (от данных); II – обратный вывод (от цели) (⁵¹, с. 235)

Как следует из рис. 3.8, имеются два основных пути в решениях задач: прямой (I) и обратный (II). Прямая задача определяется индуктивным^{**} подходом, когда ход рассуждения ведется от фактов к тому, что следует доказать или охарактеризовать. Если факты разрознены, то этот метод дедуктивен. Обратная, напротив, ведет от исходного посыла (цели) к фактам, на которых основывается доказательство. В данном случае налицо «чисто» дедуктивный подход.

* Перцептрон, или персептрон (лат. perceptio – восприятие), – математическая и компьютерная модель восприятия информации мозгом (кибернетическая модель мозга), предложенная Ф. Розенблаттом в 1957 г. и реализованная в виде электронной машины в 1960 г. // ru.wikipedia.org

** Индукция (лат. inductio – наведение) – метод рассуждения от частного к общему; дедукция (лат. deductio – выведение) – метод мышления, при котором частное положение логическим путем выводится из общего // ru.wikipedia.org

3.2. Нелинейные процессы и самоорганизация в геологии

Уже в самом начале предлагаемой работы мы определили, что геология s. 1. представляет собой весьма специфичный объект изучения (см. п. 1.2). Исходя из этого, построим изложение представлений в данном разделе в двухэтапной последовательности – от общих представлений до примеров их реализации.

Специфика геологических процессов

Нелинейной спецификой геологических процессов и объектов, изучаемых геологией, является их принципиальная невоспроизводимость, то есть непроверяемость в прямом понимании данного представления. Она исходит из необратимости стрелы времени, для которой, по расхожему в среде геологов представлению, «миллион-другой лет туда или сюда – ничего не значит». Здесь же отметим, что именно в этом, с нашей точки зрения, кроется основная причина «периферийности» наук о Земле в общей картине мировидения (см. рис. 1.1).

Общая оценка состояния вопроса выполнена в статье⁸⁸, в основном базирующейся на представлениях С. И. Романовского, высказанных более 30 лет назад². В сжатом виде они сформулированы в трех позициях.

1. Можно констатировать две логические схемы переноса знания, полученного при исследовании современных процессов, на объекты прошлых геологических эпох. А. Прямая экстраполяция. Б. Схема по пути создания теоретической модели, с ее последующей проверкой эмпирическими данными. Сразу отметим тупиковость схемы А, не учитывающей процессы эволюции и в «чистом виде» представляющей униформизм* в духе Ч. Ляйеля.

2. «Гипотеза или теоретическая модель, нацеленная на объяснение механизма исследуемого явления, должна удовлетворять, в первую очередь, требованию принципиальной эмпирической проверяемости» (², с. 18). На этой позиции остановимся несколько подробнее.

На рис. 3.9 приведено рассмотрение *геологических систем* как комплексов элементов, находящихся во взаимодействии. Ранее такой подход уже обсуждался в наших работах^{5, 35, 38}. Здесь известная Z-система Ю. А. Косыгина⁸⁹ (А) дополнена нашими представлениями.

* Униформизм (от лат. *uniformis* – единообразный) – гипотеза, согласно которой в геологическом прошлом действовали те же силы и с той же интенсивностью, что и в современную эпоху, поэтому знания современных геологических явлений можно без поправок распространять на толкование геологического прошлого любой давности. Противоположен актуализму // www.longsoft.ru.

⁸⁸ Алексеев В. П., Амон Э. О. «Рамочные» границы и возможности применения актуализма в седиментологии // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. Вып. V (21). С. 4-24.

⁸⁹ Косыгин Ю. А. Тектоника. М.: Недра, 1983. 536 с.

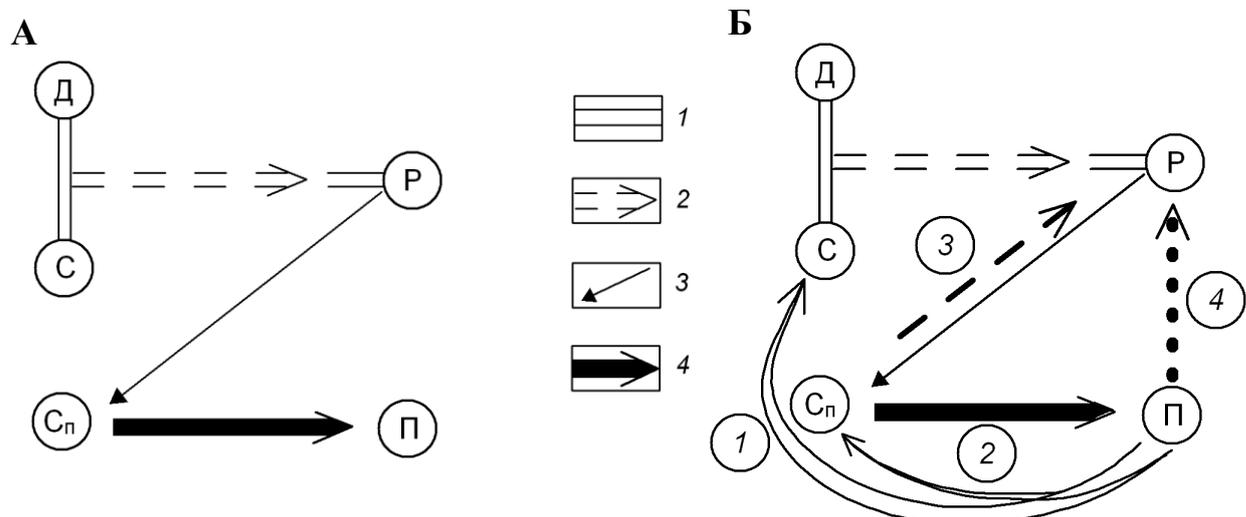


Рис. 3.9. Системный подход к ретроспективным реконструкциям:

А – зет-система (⁸⁹, с. 44): С – квазистатические системы; Д – динамические системы; Р – ретроспективные системы; С_п – 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;

Б – верификация моделей зет-системы: 1 – общая проверка фациально-циклического анализа на принципиально новом объекте; 2 – трансляция представлений о фациальном составе отложений на новый, но принципиально схожий объект; 3 – детализация фациального расчленения применительно к конкретному исследуемому объекту; 4 – «внутренняя» верификация результатов различными методами и способами

Исходные модели делятся на динамические и статические. При этом динамические системы охватывают всю гамму современных геологических процессов (выветривание, денудация, перенос и осадконакопление). Статические, точнее квазистатические, системы соответствуют различным геологическим телам, структурам и т. д. (s. lato). Ретроспективные системы охватывают все построения и реконструкции, касающиеся геологического прошлого (в т. ч. *фациальный* анализ). Они не могут наблюдаться непосредственно, и их проверка всегда выполняется косвенным путем. В целом же выделенные системы объединены в единую логически выдержанную методологическую систему, названную им по форме ее схематического графического изображения *Z-системой* или *зет-системой* (см. рис. 3.9, А). Квазистатические модели, построенные не только на основании непосредственных наблюдений, но и с использованием ретроспективных реконструкций, предложено называть *прогнозными* моделями. Их проверка осуществляется на практике.

* Актуализм (позднелат. actualis – современный, практически существующий) – метод, при котором к пониманию прошлого идут от изучения современных процессов, но с сознанием того, что в прошлом, особенно отдаленном от современности, и физико-геологическая обстановка на поверхности (и в глубинах Земли), и сами процессы, протекавшие тогда, заведомо в некоторой степени отличались от современных и тем больше, чем более удалена от нас прошлая геологическая эпоха⁶⁶.

В работах^{5,35,38} мы предложили пути верификации построений, в общем виде соответствующие принципу эмпирической проверяемости модели и обозначенные на рис. 3.9, Б. *Внешние* по отношению к зет-системе пути 1 и 2 относятся к методике выполняемых исследований s. 1. В основном они базируются на сравнительном анализе исследуемых объектов. К примеру, это использовано в работе Г. Ю. Иванюка, П. М. Горяинова и др.²⁹, где сравниваются ПЖФ Кольского полуострова и Хибинские апатитовые месторождения (аннотация книги приведена в п. 1.2). *Внутренний* уровень (путь 3) относится к заверке методики исследований s. str., то есть осуществляется на всех этапах построений, ведущихся по *индуктивному* пути. Наконец, путь 4 заключается в трансляции тех или иных результатов на новый(е) объект(ы). Непротиворечивость получаемых результатов является гарантом правильности и работоспособности выбранной методики.

Легко заметить сущностное сходство Z-модели Ю. А. Косыгина с прямым путем решения задач, показанным на рис. 3.8 (I). В этом заключается принципиальная проверка (верификация) изложенных представлений.

3. «... если актуалистический принцип познания можно рассматривать как своеобразную методологическую основу при реставрации геологических процессов прошлого, то **фациальный анализ** (выделено нами. – В. А.) конкретно методическим воплощением этого принципа, нацеленным на его практическую реализацию» (², с. 19).

Автор представленной работы в общем-то отдает себе отчет в том, что последнее положение вызовет существенно негативную реакцию у многих геологов разных специальностей. Более старшему поколению вспомнится известная оценка, содержащаяся в работе, относимой к «героическому» периоду стремления «математизирования» геологии. Так, еще 45 лет назад было отмечено следующее: «Обзор известной нам геологической литературы показывает, что имеется 39 «различных» определений понятия «минерал», 49 определений понятия «порода», 63 определения понятия «формация» и 112 определений понятия «фация» (⁹⁰, с. 112). В дальнейшем авторы цитируемой работы вообще исключили понятие «фация» из рассуждений, «в связи с полной запутанностью наших представлений» (⁹⁰, с. 119).

Одновременно укажем, что в этих «последующих рассуждениях» теми же авторами предложена следующая характеристика пород (табл. 3.1).

Как видно из этих данных, сведения о генезисе породы, какими бы субъективными они ни представлялись, входят в состав конститутивных признаков⁹¹. Здесь несложно провести аналогию с *законом необходимости*

* «Конститутивными мы называем признаки, характеризующие данное геологическое тело как единое целое, начиная с породного уровня; индикативными – характеризующие только отдельные компоненты, включения в это тело внутривидового уровня, но имеющие важное значение как индикаторы уровней образования тела, его парагенезиса» (⁹¹, с. 9).

⁹⁰ Геология и математика. Новосибирск: Наука, 1967. 253 с.

⁹¹ Македонов А. В. Методы литофациального анализа и типизация осадков гумидных зон. Л.: Недра, 1984. 260 с.

Виды характеристик (⁹⁰, с. 120)

Объективно измеряемые				Субъективно измеряемые	
геометрические		вещественные		геометрически-вещественные	генетические
метрические	неметрические	метрические	неметрические		
1	2	3	4	5	6

Пример для «породы»: 1 – максимальный размер зерна; 2 – гранулометрический состав; 3 – электропроводность; 4 – химический состав; 5 – цвет..., структура, текстура; 6 – условия образования.

разнообразия (законом Эшби), формулируемым следующим образом: «При создании проблеморазрешающей системы необходимо, чтобы эта система имела большее разнообразие, чем разнообразие решаемой проблемы, или была способна создать такое разнообразие». Достаточно очевидно, что подразумевается обязательность наличия эмерджентного свойства, не отделимого от существования системы. Именно генетические представления (см. табл. 3.1) или фациальный анализ могут рассматриваться в качестве такого эмерджентного свойства.

Моделирование геологических процессов с позиции их нелинейности и самоорганизации

В разделе 1.2 уже отмечалось, что вопросы синергетики в геологии (с. 1.) наиболее детально рассмотрены для геотектоники и геофизики. Это достаточно логично хотя бы потому, что указанные направления наиболее «математизированы и офизичены», что предусматривает бóльшую усваиваемость синергетических представлений. В качестве подтверждения данному тезису приведем структуры двух работ в сравнительном плане (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Структуры работ, посвященных общему анализу синергетических представлений в геологии

Иванов А. В., 2010 год (раздел в сводке ²⁷)	Захаров В. С., 2011 год ⁹²
1. Геопроцессы и нелинейность 2. Науки о Земле и физика 3. Нелинейная геофизическая модель геологической среды 4. Основные геодинамические модели 5. Фрактально-ячеистая модель геосферы 6. Пример модели опасных геопроцессов – цунами 7. Ритмичность процессов в истории Земли 8. Глобально-климатические модели	Первые 8 разделов рассматривают общие вопросы синергетики 9. Земля: о чем рассказали фракталы 10. Характеристика самоподобия разломной тектоники и сейсмичности 11. Фракталы в геофизике 12. Самоорганизованная критичность (СОК)

⁹² Захаров В. С. Динамические системы и фракталы в геологии: электронное учебное пособие. М., 2011. <http://dynamo.geol.msu.ru/courses/dpg.html>.

Там же, в разделе 1.2, нами отмечено, что наиболее последовательно вопросы самоорганизации минеральных систем и рудных комплексов рассмотрены в двух уникальных монографиях^{28, 29}. Не имея возможности даже вкратце осветить полученные авторами результаты (лишь отчасти некоторое представление о них дают аннотации, приведенные в п. 1.2), «точечно» остановимся на некоторых из них.

1. «... все изученные тектоносферные ансамбли, независимо от масштаба, возраста и географической привязки, характеризуются структурным гомеостазисом, фрактальностью узоров и дальним порядком в организации подсистем» (²⁸, с. 285; курсив авторов. – В. А.). При этом «... мотивы и принципы организации макроструктур – вплоть до структур субконтинентального или даже планетарного уровня – останутся непонятыми, если поведение вещества на минеральном и породном уровне исследования не окажется в нашем поле зрения. Что, собственно говоря, и не может быть иначе, поскольку, согласно теории сложных структур Пригожина, образование макроформы (структуры) является следствием кооперативного взаимодействия микрочастей, вплоть до молекул» (там же).

2. «Наверное, наиболее сложным на пути перехода к новой (синергетической. – В. А.) парадигме будет принятие обновленного физического смысла историзма – базовой идеологической конструкции геологии. ... Для геологии, как науки исторической, буквально находкой является термодинамическая функция И. Р. Пригожина $p = dS/dt$, где t – новое для геологии понятие так называемого *внутреннего времени* (выделено нами. – В. А.) – времени, в течение которого система «живет», структурируется, эволюционирует, перманентно упорядочиваясь» (²⁸, с. 288-289).

3. «Настоящая книга (²⁹ – В. А.), по сути, представляет собой первый опыт использования следствий теории самоорганизации при решении традиционных задач геологического анализа. Стержнем ее сюжета стали удивительные, хотя и вполне очевидные, признаки совпадения структурно-вещественной организации двух принципиально разных комплексов: архейского метаморфического гнейсо-железорудного и палеозойского магматического апатито-нефелинового» (с. 372). «Иными словами, тектоника и зональность «чисто интрузивного» комплекса апатитовых месторождений Хибинского массива оказались практически идентичными таковым «чисто осадочного» железорудного. В этом состоит главный парадокс строения диссипативных геологических структур, но в этом же их главная прелесть, определяющая возможность эффективного геологического прогнозирования по минимальному набору данных» (²⁹, с. 353).

Перечислив эти три позиции, укажем на нашу полную солидарность с первыми двумя. Более того, по целому ряду положений мы можем представить новый и значимый материал, поскольку он базируется на изучении квази«простых» осадочных толщ. Третья же позиция, на наш взгляд, являющаяся не бесспорной именно с позиций историзма, тем не менее привлекает все-

сторонним использованием сравнительного анализа, в духе верификационного пути 1 в зет-модели на рис. 3.9, Б.

Не вдаваясь особенно в геодинамические и геофизические аспекты синергетической геологии (см. табл. 3.2), вкратце покажем, как нелинейность геологических процессов реализуется при формировании нефтегазоносных толщ. Вначале с более детальных позиций проиллюстрируем *нелинейность* происходящих процессов, находящую выражение в скачкообразных изменениях. На рис. 3.10 приведено два примера этой нелинейности в изменениях некоторых параметров, которые принципиально могут быть разбиты и на отрезки, аппроксимируемые линейными функциями. Так, на рис. 3.10, а нашли отражение геотермические аномалии, связанные со скачкообразным изменением теплофизических свойств пород при нелинейно протекающих процессах литогенеза, что приводит к локальной деформации теплового поля (разуплотнение пород, трансформация минералов и др.)⁹³. На рис. 3.10, б видно, что для тех же глубин реализуется механизм вертикально-миграционного механизма формирования зон аномальновысокого пластового давления (АВПД) совершенно другой территории⁹³. Существенное сходство приведенных графиков косвенно верифицирует представления об их «частичной» нелинейности.

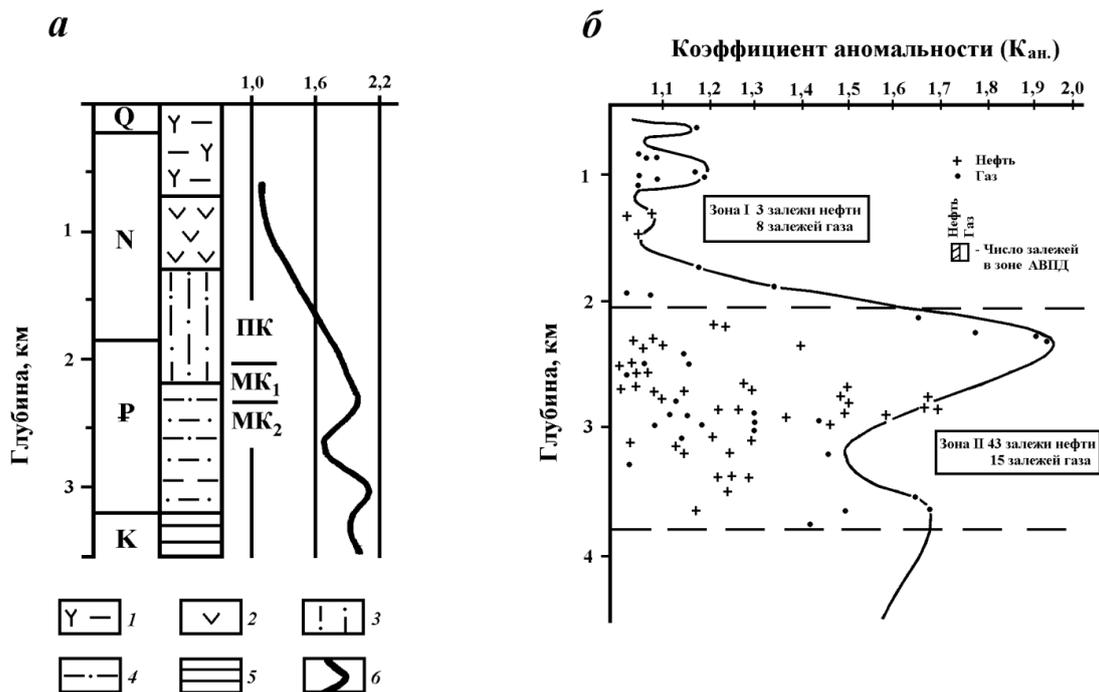


Рис. 3.10. Нелинейность распределения параметров (оба графика с сокращениями): а – теплофизические характеристики разреза, вскрытого скважиной № 1 Средне-Кунжинская в Колпаковском районе Охотско-Камчатского района (⁹³): 1-5 – формации: 1 – туффито-угленосная, 2 – туффито-кремнистая, 3 – туффито-терригенная, 4 – терригенно-угленосная, 5 – терригенная морская; б – теплопроводность, Вт/м·К;

б – распределение залежей нефти и газа в зоне АВПД в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции⁹⁴

⁹³ Свистунов Е. П. Геотермическая зональность нефтегазоносных бассейнов // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 2002. № 6. С. 54-56.

Пример нелинейности показан на рис. 3.11, где она проявлена для параметра $\rho = f(H)$, с его скачкообразными изменениями на определенных глубинах. Хотя при сдвигении линии нормального изменения параметра на величину $\Delta\rho_0$ для нижней ступени процесс также может быть отображен линейей, этот переход происходит *скачком*, в результате бифуркации. Авторы связывают его для баженовской свиты с генерацией углеводородов в нефтематеринских глинистых породах⁹⁴.

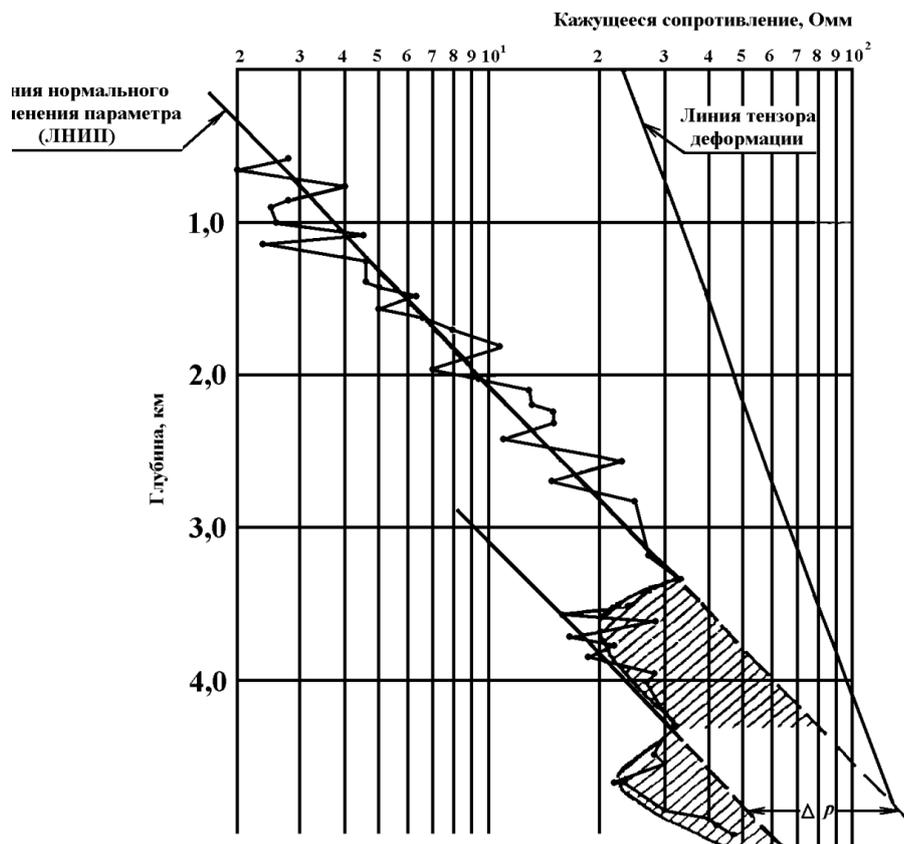


Рис. 3.11. Изменение геофизического параметра с глубиной в скважине 266 Уренгойского месторождения. Сдвигая линию нормального изменения параметра (ЛНИП) на глубине 4400 м влево на величину $\Delta\rho$, мы тем самым исключаем влияние на величину кажущихся электрических сопротивлений избытка порового пространства, созданного в результате уменьшения скелета породы при генерации углеводородов в этой зоне⁹⁴

Рассматривая в более широком плане нефтегазоносный бассейн (НГБ) как саморазвивающуюся *открытую* термодинамическую систему, А. Э. Конторович отметил, что в него, помимо поступления новых масс вещества, «...за счет теплового потока из фундамента поступает тепловая энергия. Тепловой поток из фундамента, теплопроводность слагающих седиментационный бассейн пород и их толщина определяют температурное поле $T(x, y, z)$ в осадочном чехле» (²⁴; см. п. 1.2). Кроме того, констатируя, что «...при всяком случайном процессе имеют место ...значительные по величине флуктуации, которые могут резко изменить состояние системы, ее структуру», он связал формирование и аккумуляцию отдельных залежей УВ Западно-Сибирского НГБ, в частности, с «интенсивным воздыманием бассейна в неогене» (там же).

⁹⁴ Белонин Л. Н., Славин В. И., Чилингар Д. В. Аномально высокие пластовые давления. Происхождение, прогноз, проблемы освоения залежей углеводородов. СПб.: Недра, 2005. 232 с.

Здесь же отметим, что, рассматривая НГБ как саморазвивающуюся автоколебательную систему, Б. А. Соколов прямо указал: «...саморазвитие осадочного бассейна, испытывающего интенсивное погружение, приводит к созданию мощной системы восходящих тепловых потоков, активизирующих процессы нефтегазообразования во всем бассейне» (⁹⁵, рис. 3.12).

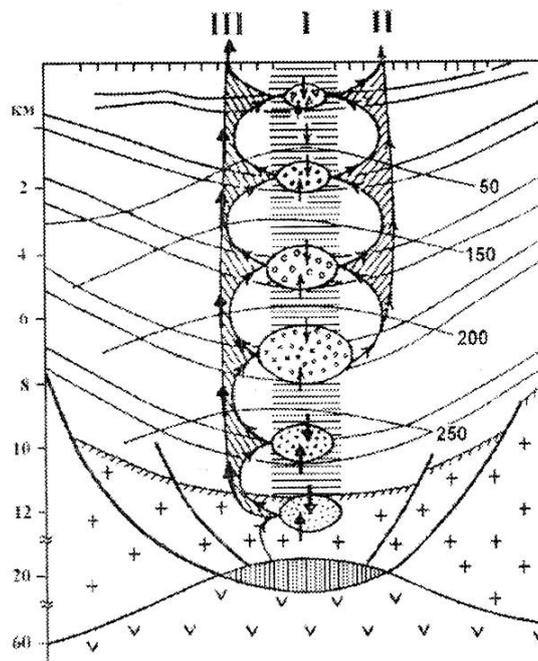
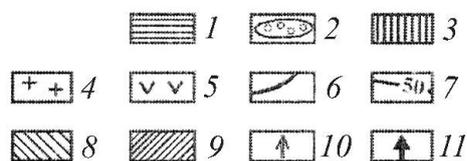


Рис. 3.12. Флюодинамическая модель нефтеобразования (⁹⁵, с упрощениями): 1 – осадочный разрез в условиях погружения (I); 2 – флюидонасыщенные зоны разуплотнения (снизу вверх: газорудная, кислых газов, термального газа, ГЗГ, ГЗН, нефтегазовая); 3 – астеносфера; 4 – земная кора; 5 – верхняя мантия; 6 – литрические нарушения; 7 – изотермы, °С; 8 – перемещение неуглеводородных теплоносителей (III); 9 – перемещение углеводородных потоков (II); 10 – направление движения; 11 – направление движения водно-углекислых флюидов

Примеры использования аттракторов и СОК, в отличие от факторного анализа, в геологии достаточно немногочисленны, поэтому пока ограничимся представлениями, изложенными в п. 3.1. Что же касается факторного анализа, то он стал обычным, если даже и не рутинным методом обработки результатов. В табл. 3.3 приведены значения факторов для примера, который был показан при характеристике кластерного анализа (⁶⁰; см. рис. 2.21). Как видно, ведущий фактор F_1 , обеспечивающий почти половину общей дисперсии системы, определен большинством параметров ГИС. Однако при вращении осей (процедура варимакс) выявляется существенный вклад ряда других методов, что имеет важное значение для оценки их весомости при расчленении разреза по скважинам.

Использование нейронных сетей, как и следовало ожидать, наиболее «продвинуто» в нефтегазовой геологии и нефтепромышленном деле, где они становятся достаточно распространенными. К примеру, в статье⁹⁶ показаны возможности совместной интерпретации сейсмических и скважинных дан-

⁹⁵ Соколов Б. А. Автоколебательная модель нефтеобразования // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 1990. № 5. С. 3-16.

⁹⁶ Яневиц Р. Б., Беспечная Л. Ю., Беспечный В. Н. Построение сейсмогеологических моделей осадочных отложений на основании данных сейсморазведки и ПГИС // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2006. № 10.

**Результаты анализа кажущихся периодов для кривых
разных методов с помощью метода главных компонент
(Комаровское газовое месторождение)**

а - без вращения факторных осей

Метод	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5	Фактор 6
ПС	0.81	0.04	-0.14	-0.39	0.21	-0.08
НГК	0.78	0.16	-0.36	-0.14	-0.11	0.22
Гр.-зонд А8.0М1.0N	0.47	0.55	0.48	-0.06	0.27	-0.38
Гр.-зонд А4.0М0.5N	0.55	0.10	0.68	0.19	-0.07	0.35
Гр.-зонд А2.0М0.5N	0.81	-0.04	0.33	0.01	-0.04	0.18
Гр.-зонд А1.0М0.1N	0.60	-0.65	0.03	0.21	0.29	0.04
Гр.-зонд А0.4М0.1N	0.87	-0.12	-0.21	0.14	-0.18	-0.20
ГК	0.78	0.00	-0.20	-0.44	0.20	0.13
БМК	0.77	0.25	-0.05	0.02	-0.49	-0.11
БК	0.70	-0.23	-0.11	0.58	0.05	-0.20
АК (ΔT)	0.05	0.67	-0.41	0.50	0.25	0.20
Суммарный вклад	0.48	0.12	0.11	0.10	0.05	0.05

б - с применением процедуры "варимакс"

Метод	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5	Фактор 6
ПС	0.90	0.08	-0.02	0.09	-0.11	0.23
НГК	0.86	-0.22	0.08	0.05	0.16	-0.15
Гр.-зонд А8.0М1.0N	0.29	-0.09	0.27	-0.02	0.05	0.89
Гр.-зонд А4.0М0.5N	0.24	0.02	0.91	0.13	0.04	0.18
Гр.-зонд А2.0М0.5N	0.60	0.09	0.58	0.26	0.06	0.12
Гр.-зонд А1.0М0.1N	0.39	0.22	0.18	0.76	-0.30	-0.13
Гр.-зонд А0.4М0.1N	0.71	0.00	0.04	0.51	0.36	0.04
ГК	0.93	0.06	0.02	0.01	-0.20	0.04
БМК	0.66	-0.05	0.21	0.11	0.64	0.11
БК	0.36	-0.18	0.12	0.84	0.20	0.06
АК (ΔT)	0.04	-0.98	-0.04	0.01	0.02	0.07
Суммарный вклад	0.38	0.10	0.12	0.15	0.07	0.09

Примечание. Подчеркнуты существенные величины собственных значений факторных нагрузок.

ных с помощью нейросетевых алгоритмов, реализованных в пакете Hampson Russell (Hampson Russell Software Services Ltd., Canada). Реализация пакета позволила построить прогнозные карты для двух продуктивных пластов верхней юры и шести – нижнего мела для одного из месторождений Сургутского НГР. На основе комплексного анализа данных спрогнозированы зоны с улучшенными коллекторскими свойствами пород.

Свой пакет программ в рамках интеллектуальной геоинформационной системы «НейроИнформГео» предложен ООО «ИнформГеоСервис»⁹⁷. Для сложного разреза Талаканского месторождения, в зависимости от глубины и гидродинамики бассейна седиментации, выделены: 1) органогенные постройки (биостромы), с которыми связана основная продуктивность место-

⁹⁷ Гафуров Д. О., Гафуров О. М., Ефимов А. С., Конторович А. А., Красильникова Н. Б., Пономаренко З. Ф. Построение литолого-фациальной модели Талаканского месторождения в рамках единой нейросетевой парадигмы на основе комплексирования данных ГИС и сейсморазведки в ИГС «НейроИнформГео» // www.infgeoservice.narod.ru/public4.html.

рождения; 2) отложения лагун; 3) отложения палеосклона; 4) отложения открытого моря. Они реализованы в девяти литотипах, различающихся по коэффициентам пористости и глинистости. Общая литолого-фациальная модель Талаканского месторождения проверена тестовыми скважинами и показала свою работоспособность при прогнозе коллектора порово-каверно-трещинного типа.

3.3. Диверсификация* традиционных представлений угольной геологии и нефтегазовой литологии

Проблемы сходства и различия состава, условий захоронения и превращения при литогенезе растительной (уголь) и животной (нефть) органики явились предметом особенно детального изучения в середине прошлого столетия. Оформившись же в достаточно самостоятельные отрасли геологического знания – угольную геологию и геологию нефти и газа – к настоящему времени они если и «стыкуются», то чаще всего на вопросах, имеющих самый общий характер – будь это часто публикуемая классификация горючих ископаемых, по В. А. Успенскому и О. А. Радченко (1961), либо сопоставления обобщенного вида, на уровне крупных осадочных бассейнов, особенно когда это касается оценки топливно-энергетических ресурсов. Нечастое рассмотрение всего комплекса вопросов, касающихся всех видов горючих ископаемых, что называется «под одной крышкой», обычно лишь связывается единичными «смысловыми скрепками», наподобие указанных выше. *Целевое* сравнение объектов угольного и нефтяного рядов самого разного уровня – от вещества до угле-нефтегазоносных бассейнов, основанное на их совместном анализе, в последние годы в полной мере реализовано в фундаментальной работе⁹⁸ и достаточно систематично, хоть и не целенаправленно, осуществляется в сборнике «Литология и геология горючих ископаемых».

Отчетливая дуалистичность в геологии горючих ископаемых угольного и нефтяного рядов (как некое подобие мифологическим *аяксам*^{**}) априорно усиливает интерес к проявлениям *нелинейности* – неупорядоченности в изучаемых геологических процессах, происходящих в открытых разноуровневых системах. Данный интерес транслируется в распознавание процессов *самоорганизации* («порядок из хаоса»), в свою очередь являясь ключевым аспектом *синергетического мировидения*. Примеры реализации этих и других вопросов, рассматриваемых в русле синергетической парадигмы, автором проанализированы в ряде публикаций, в основном применительно к юрским

* Диверсификация (от лат. *diversus* – разный; *facere* – делать) – изменение, разнообразие // ru.wikipedia.org.

** Аяксы – в греческой мифологии два героя (Оирид и Теламонид), два неразлучных друга, сражавшихся в Троянской войне // dic.academic.ru. В советской литологии конца XX в. С. Л. Афанасьевым под аяксами понимались элементы турбидитового циклита – нижний (зернистый) и верхний (пелитовый), практически всегда встречающиеся в неразрывной связи.

⁹⁸ Петрологический атлас ископаемого органического вещества России. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 604 с.

терригенным отложениям Северной Евразии, вмещающим именно весь диапазон горючих ископаемых; в том числе⁹⁹.

Последовательно рассмотрим полученные результаты именно в синтезе проблем угольной и нефтегазовой геологии, более детально – в литологическом аспекте.

Общие положения

Многоуровневая, иерархическая шкала организации объектов, изучаемых угольной и нефтегазовой геологией, полностью вписывается в системные представления об уровнях организации геологических тел (см. табл. 1.3). Принципиальное различие состоит лишь в выделении в ранге самостоятельного циклического или надгорнопородного уровня, являющегося несомненной составляющей в строении осадочных толщ, и обычно не признаваемого геологами рудного направления, равно как и многими тектонистами. Применительно к объектам, изучаемым в рамках рассматриваемых целевых (см. выше) отраслей геологического знания, их соответствие выделенным рангам приведено в табл. 3.4. При объединяющем, «сквозном» значении циклического и «бассейнового» уровней, для других рангов различия могут быть существенно более значимы, нежели общность. Уже в этом заложена одна из сторон нелинейности геологических процессов, в итоге приводящих к локализации скоплений горючих полезных ископаемых. Приступая к изложению материала, особо отметим, что он имеет весьма разнородный характер, назовем его условно «точечным». Это вызвано высокой неоднородностью общих и частных представлений по большей части вопросов – от единого мнения до разночтений даже по проблемам, имеющим фундаментальный характер. Именно поэтому мы не останавливаемся на 1-м, молекулярном, ранге, а также не выходим на 8-й – геоконплексов, что требует уже иных подходов и привлечения принципиально иных подходов методов познания.

В данном эссе мы остановимся на «минеральной» группе, включающей 2-й и 3-й ранги (см. табл. 3.4).

Ранг 2, минеральный

В табл. 3.4 для этого ранга «точечно» обозначены вопросы, представляющие наибольший интерес как с научной, так и с практической точек зрения. Очевидно, что в плане последнего векторы угольной геологии и геологии нефти и газа расходятся кардинально. Не вдаваясь в их детальное рассмотрение, укажем на отдельные, особенно яркие, проявления нелинейности для данного уровня организации геологических тел. Так, при хорошо разработанной систематике микрокомпонентного состава многие *одинаковые* угли *по-разному* проявляют себя в технологическом плане, что объясняется их различной **восстановленностью**.

⁹⁹ Алексеев В. П. О проявлении нелинейности в геологии горючих ископаемых угольного и нефтяного рядов // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. Вып. II (18). С. 288-302.

**Уровни организации геологических тел и примеры их реализации
в литологии и геологии горючих ископаемых (см. также табл. 1.3)**

Группа	Ранг	Объекты	Горючие ископаемые	
			угольного ряда	нефтяного ряда
Геоструктурная	7	Тектонические комплексы	Пояса торфо(угле)накопления	Нефтегазоносные зоны
Формационная	6	Формационные комплексы	Осадочные бассейны	
			угольные бассейны (узлы угленакопления)	нефтегазоносные бассейны (мегабассейны)
	5	Геоформации	Угленосные формации, районы, месторождения	Нефтегазоносные области, районы
	4	Наборы пород (лиитоциклы, циклиты)	Многопорядковая цикличность	
			Терригенные толщи	Терригенные и карбонатные толщи
Минеральная	3	Породы	Угольные пласты	Коллекторы
	2	Минералы	Микрокомпоненты углей	Параметры ФЕС (фильтрационно-емкостные свойства)

Примечание. Для минеральной группы (2-й, 3-й ранги) показаны индикативные⁹¹ признаки, благодаря которым собственно и выделяются угленосные и нефтегазоносные формации, бассейны, etc. (целевой подход, по В. Н. Шванову⁷⁴).

Восстановленность углей, наряду с их петрографическим составом и стадией метаморфизма (углефикации), определяет марочный состав, или марку угля, рассматриваемую В. В. Кирюковым и О. А. Куц в качестве первой парадигмы угольной геологии¹⁰⁰. При этом метаморфизм углей определяется в линейной шкале, с помощью основного параметра – показателя отражения витринита (R_0). Петрографический состав углей, определяемый посредством отношений основных микрокомпонентов (витринит, семивитринит, интертинит, липтинит), с достаточной достоверностью характеризуется линейными же классификациями (таблицами, треугольными диаграммами). Иначе обстоит дело с восстановленностью углей, под которой понимают «...различие в химических, физических и технологических свойствах углей, имеющих *одинаковые* (курсив наш. – В. А.) стадию метаморфизма и петрографический состав»¹⁰¹. Иначе, понятие восстановленности вынужденно введено для определения того, чтобы компенсировать факт проявления различных характеристик для одинаковых (геологически) углей. Тем самым налицо

¹⁰⁰ Кирюков В. В., Куц О. А. Проблемы синергетики в угольной геологии // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2004. Вып. 14. С. 29-37.

¹⁰¹ Еремин И. В., Арцер А. С., Броновец Т. М. Петрология и химико-технологические параметры углей Кузбасса. Кемерово: Обл. изд-во «Притомское», 2001. 397 с.

проявление *нелинейности* суммарной характеристики, причина которой продолжает являться предметом обсуждения.

По сути, *симбиоз* стремления к линейному отображению процессов, на-тыкающийся на их природную нелинейность, весьма отчетливо проявляется на схеме, изображенной на рис. 3.13. Здесь локализуется различная роль углеобразующих микрокомпонентов (мацералов) на разных стадиях преобразования осадочных толщ. Наложение на данную схему постинверсионных процессов делает ее – с позиций сегодняшнего восприятия – еще более *нелинейной*¹⁰². Это логично вытекает из следующего заключения.

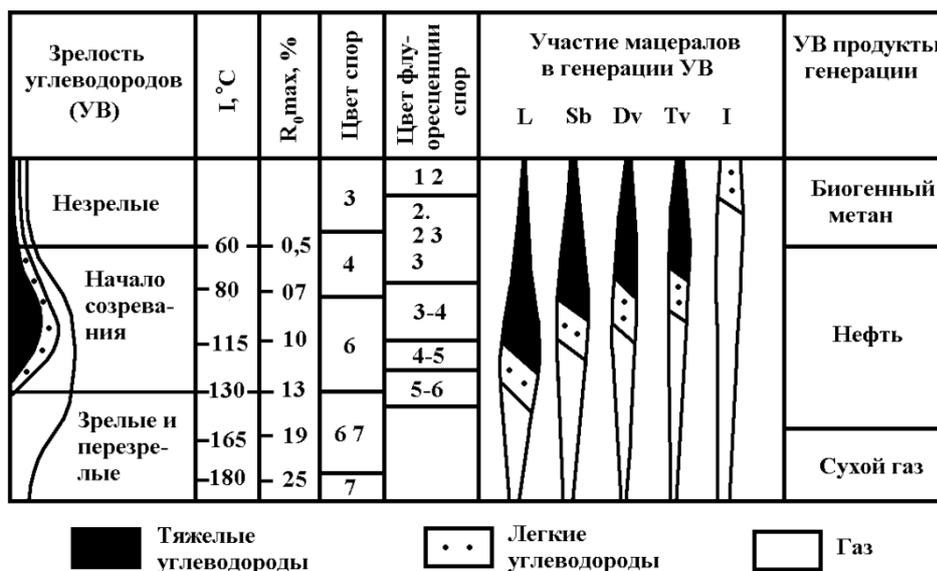


Рис. 3.13. Зоны генерации углеводов микрокомпонентами углей¹⁰³: *цвет спор и цвет флуоресценции*: 1 – голубой, 2 – зеленый, 3 – желтый, 4 – оранжевый, 5 – красный, 6 – коричневый, 7 – черный; *мацералы*: L – липтинит, Sb – суберинит, Dv – десмовитринит (коллинит), Tv – теловитринит (телинит), I – инертинит

«Таким образом, генерация углем жидких углеводородов (УВ) на стадиях МК₁-МК₄ соответствует главной фазе нефтеобразования. Анализ материалов по нефтепроявлениям в угольных бассейнах показывает, что ископаемый уголь может генерировать не только газ, но и жидкие УВ, состав и свойства которых изменяются с учетом степени метаморфизма. Разные компоненты угля не одновременно вступают в генерационный процесс. Основная часть жидких УВ генерировалась на ранних и средних стадиях катагенеза из рассеянного, преимущественно сапропелевого органического вещества

¹⁰² Алексеев В. П. Нелинейность в угольной геологии: известные данные в контексте синергетического мировидения // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. Вып. 16. С. 38-48.

¹⁰³ Голицын М. В., Пронина Н. В. Нефть в угольных бассейнах // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. Вып. 12. С. 19-30.

(ОВ). Однако в осадочных бассейнах континентального генезиса роль формаций в генерации УВ весьма значительна»¹⁰⁴.

В предыдущем разделе нами описана нелинейность в физических полях отдельных интервалов разрезов нефтегазоносных бассейнов (см. рис. 3.10, 3.11). Принципиально схожая, но еще более ярко выраженная картина установлена для аномальных проявлений метаморфизма углей в тюменской свите Шаимского НГР^{34,105}. Принципиальная несхожесть полученных данных с «классическими» представлениями угольной геологии позволила предложить модель, названную по форме ее проявления зет-метаморфизмом (рис. 3.14). Она основана не только на том, что изменения R_0 по изученным скважинам *на порядок* превышают максимальные темпы, известные в угольной геологии, но и на том, что сами изменения происходят *скачками*. Анализируя *время* проявления зет-метаморфизма, мы пришли к выводу, что он проявился не ранее позднего олигоцена³⁴.

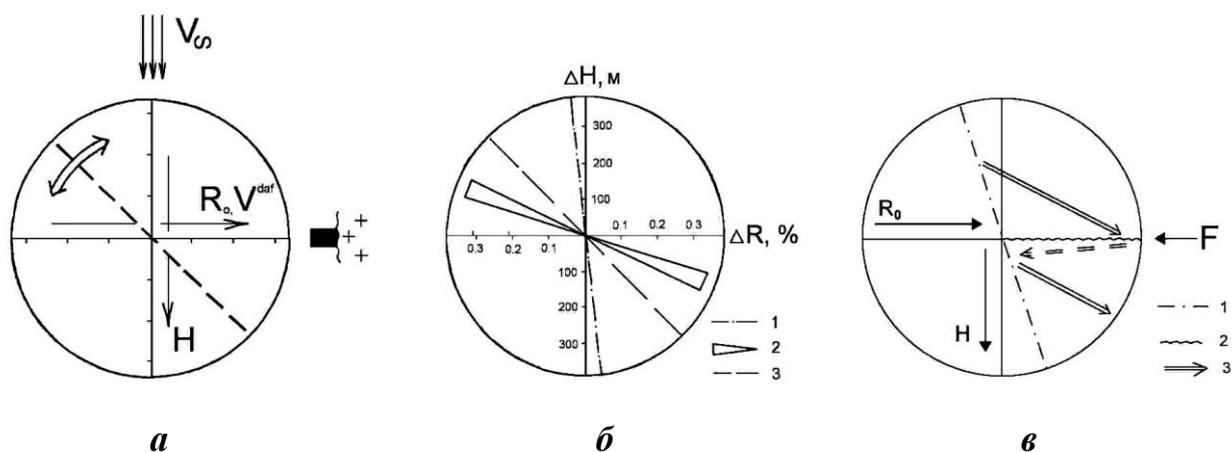


Рис. 3.14. Модельные представления о метаморфизме углей³⁴:

a – общая модель, отражающая зависимость показателей, характеризующих метаморфизм углей (повышение R_0 и понижение V^{daf}) от глубины их залегания (H); справа – термальный прогрев толщи, в предельном случае - контактовый метаморфизм); V_∞ - максимальная скорость осадконакопления; *б* – зависимость между глубинами залегания углепроявлений (H) и отражательной способностью витринита (R_0): 1 – для общего положения тюменской свиты (см. рис. 2); 2 – спектр корреляционных зависимостей по конкретным скважинам; 3 – линия, соответствующая увеличению 0,1 % R_0 на 100 м глубины; *в* – принципиальная модель проявления зет-метаморфизма: 1 – региональная составляющая, отражающая повышение значений R_0 с увеличением глубины H ; 2 – разделяющие поверхности (неоднородности в строении толщи); 3 – аномальные проявления метаморфизма углей, инициированные наложенным фактором F

¹⁰⁴ Голицын М. В., Голицын А. М. К вопросу о генерации углем нефти // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГИ, 1993. Вып. 3. С. 33-37.

¹⁰⁵ Алексеев В. П., Русский В. И., Федоров Ю. Н., Журавлева Д. Д., Красковская Т. Ф. Нелинейность углефикации как индикатор проявления тектоники в нефтегазоносных толщах (Шаимский район, Западная Сибирь) // Геология нефти и газа, 2007. № 6. С. 44-50.

В статье¹⁰⁵ мы предположили, что линейность, рассмотренная для микрокомпонентов углей, «... будет присуща и изменениям важнейших параметров ФЕС, определяющих локализацию флюидных УВ. Однако пока она лишь констатируется в отдельных работах, будучи «затушевана» обилием исходных данных, чаще обрабатываемых чисто статистически, в конкретно-прикладных целях». Достаточно быстро удалось получить положительную проверку этого суждения. Она изложена в статье¹⁰⁶, сущность которой иллюстрирует рис. 3.15. На первых двух графиках (*а*, *б*) показаны зависимости пористости и проницаемости для гранулометрических типов, а на *в* и *г* – для фаций. Как видно, в последнем случае мы имеем дело с достаточно отчетливым разбиением множества точек на самостоятельные группировки зависимостей. Это обусловлено той «субъективно измеряемой» генетической характеристикой, что показана в табл. 3.1. Как уже отмечено, данный параметр вполне может быть сопоставлен с эмерджентным свойством и рассматриваться как ведущий для самоорганизации системы признаков исследуемой породы.

Ранг 3, горнопородный (фациальный)

Двумя последними примерами мы по сути уже перешли на следующий уровень организации геологических тел. На этом уровне в терригенных толщах твердые и флюидные горючие ископаемые расходятся в диаметрально противоположные стороны, поскольку песчаные (преимущественно) коллекторы и угольные пласты накапливаются, условно говоря, «в противофазе» (рис. 3.16)¹⁰⁷.

Для угленосных толщ обычно констатируется, что повышение доли песчаников ведет к снижению угленасыщенности разреза. В работе¹⁰⁸ для выборки из 26 объектов (свита, серия, толща в целом) разной геологической ситуации мы охарактеризовали именно такую отрицательную зависимость для системы «песчаник – уголь». В то же время были обнаружены и исключения для данного правила. Так, во-первых, в некоторых условиях, даже при преобладании в разрезе песчано-гравийных пород здесь могут наличествовать выдержанные угольные пласты, имеющие широкое площадное развитие. Во-вторых, в таких же грубозернистых толщах нередко формируются угольные пласты повышенной мощности¹⁰⁸. В какой-то степени перечисленные факты перекликаются с закономерностями, количественно определенными А. И. Гуциным для Кизеловского бассейна прямой корреляционной зависимостью между мощностью угольных пластов в угленосной толще и суммарной мощностью песчаников в ее составе¹⁰⁸.

¹⁰⁶ Алексеев В. П., Федоров Ю. Н., Беляков Е. О., Такканд Г. В. Фациальный контроль изменчивости фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) коллекторов тюменской свиты Ловинского месторождения (Шаимский район Западная Сибирь) // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. Вып. IV (20). С. 111-118

¹⁰⁷ Калинин М. К. Тайны образования нефти и горючих газов. М.: Недра, 1981. 192 с.

¹⁰⁸ Угольные пласты триас-юрских отложений азиатской части СНГ. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993. 80 с.

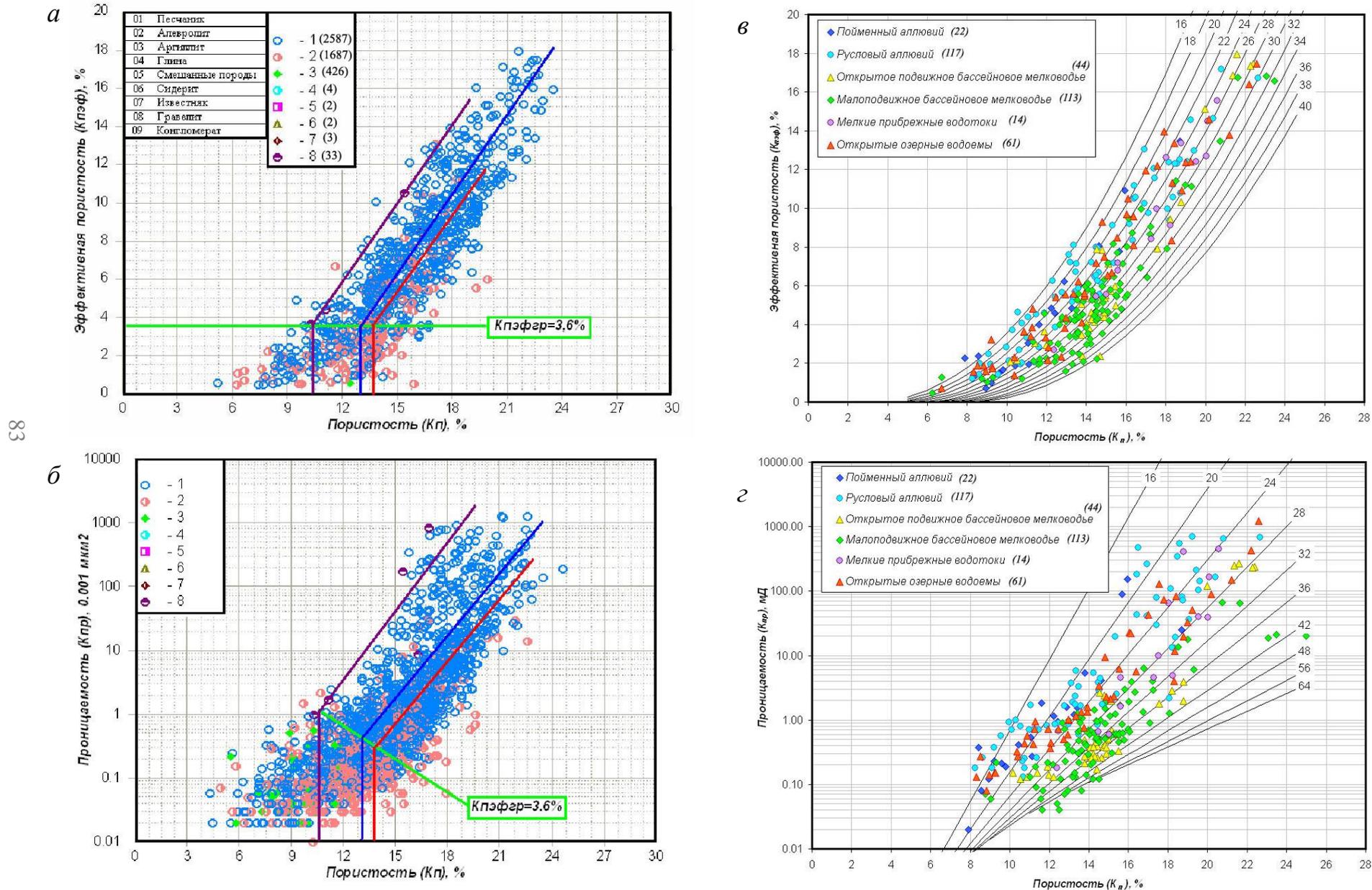


Рис. 3.15. Зависимости параметров ФЕС для различных типов отложений тюменской свиты Ловинского месторождения (в скобках – количество определений): а – величин $K_{п}$ и $K_{пэф}$; б – $K_{п}$ и $K_{пр}$ по гранулометрическим типам; в – величин $K_{п}$ и $K_{пэф}$; г – $K_{п}$ и $K_{пр}$ по фациям

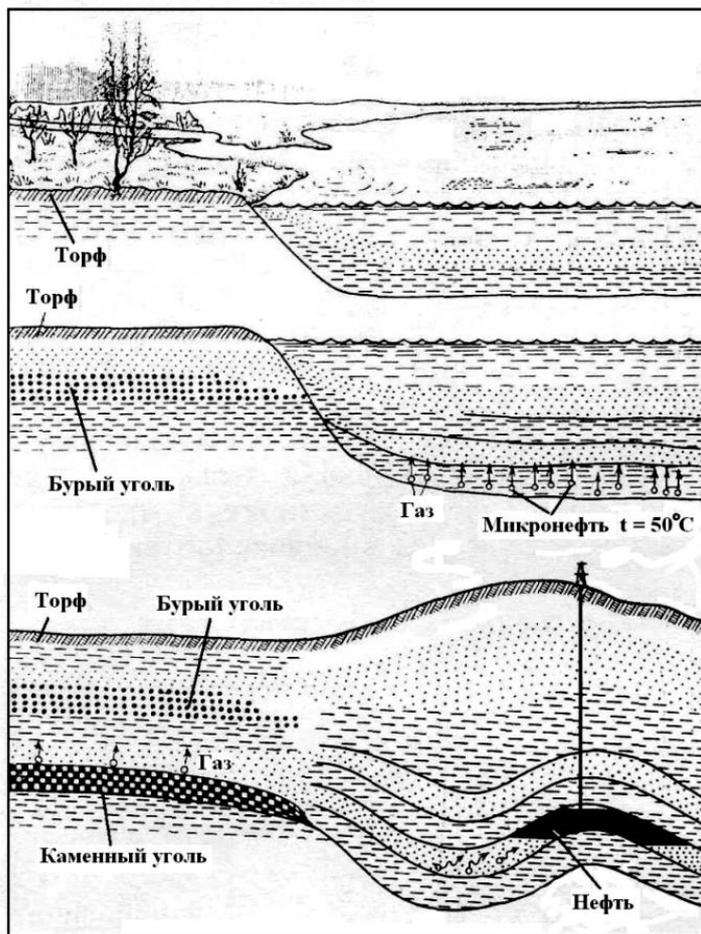


Рис. 3.16. Образование залежей нефти и газа¹⁰⁷

Данный факт свидетельствует о несомненной нелинейности даже в таком, казалось бы, простом процессе, как формирование угольных пластов. В то же время этот процесс еще далек от своего окончательного решения. Наиболее близко к нему подошел А. С. Тараканов¹⁰⁹. Рассматривая болота как *саморегулирующиеся экосистемы*, в противовес обычным представлениям об их хрупкости, А. С. Тараканов определил, что биологические системы вообще имеют высокий запас прочности и способны сохранять основные функции, в том числе воспроизводства, и при резких колебаниях внешних воздействий. А. С. Таракановым процесс саморегуляции использован для объяснения причин формирования мощных угольных пластов: «Чем мощнее торфяная залежь, тем больше у неё шансов «выжить» при осушении торфяного болота, не прекратив при этом концентрации торфяной массы за счет её уплотнения в нижних горизонтах». И далее: «Таким образом, торфяное болото, особенно в зрелых стадиях развития, является стабильной саморегулирующейся экосистемой, которая получает в ландшафте исключительную независимость от влияния таких мощных факторов внешней среды, как климат и водный режим, конечно, в известных пределах. Растения-торфообразователи сами становятся регуляторами водного хозяйства, как своего внутреннего,

¹⁰⁹ Тараканов А. С. Современное торфонакопление и вопросы генезиса мощных угольных пластов // Научные основы прогнозирования мощных угольных пластов (на примере Северо-Востока СССР). Л.: Недра, 1985. С. 6-25.

так и всей окружающей среды. Если неболотные экосистемы по мере их развития и повышения иерархического уровня все более зависят от абиотических факторов, то в торфяных болотах биологические факторы оказывают свое влияние даже на уровне *ландшафтных единиц* (курсив наш. – В. А.)»¹⁰⁹, с. 19-20).

Совершенно очевидно, что цитируемая работа, изданная в 1985 г., не только совершенно «вписывается» в синергетическую парадигму, но по сути и опередила многие представления, опубликованные значительно позднее.

Особо и подробно остановимся на фациальной составляющей горнопородного уровня, ведущая роль которой вкратце освещена выше, в п. 3.2. Для начала определимся с терминологией (табл. 3.5), что попросту необходимо в связи с многозначностью представлений. На нечеткости понятия **фация** мы уже останавливались выше (см. начало п. 3.2). В то же время оно остается одним из наиболее привлекательных не только в седиментологии, но и в геологии в целом (см. там же). Отчасти это подтверждается достаточно близкими подходами к выделению обстановок осадконакопления, устанавливаемых на основании метода актуализма и транслируемых (с поправками) на древние эпохи осадконакопления (сравнительно-исторический метод Н. М. Страхова¹¹⁰). Общая классификация обстановок, составленная О. С. Черновой¹¹¹, приведена на рис. 3.17.

Существенно сужая общий диапазон применения понятий «фация» (исключая геохимические, метаморфические и иные фации), обратимся к использованию данного термина в нефтегазовой литологии¹¹². Для этих целей данный термин проанализирован в некоторой системе, изображенной в виде основного (центрального) равностороннего треугольника (рис. 3.18), в вершинах которого помещены три основных вопроса (по аналогии с известным для российской действительности последних полутора столетий). 1. **Что** подразумевать под понятием «фация»? 2. **Как** ее устанавливать (выделять)? 3. **Зачем** (для чего) это нужно делать?

Каждая из трех перечисленных вершин построена соответствующим, также равносторонним треугольником, призванным дать некоторый ответ на соответствующий вопрос. Остановимся на этих ответах по отдельности.

¹¹⁰ Страхов Н. М. Развитие литогенетических идей в России и СССР. Критический обзор. М.: Наука, 1971. 622 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 228).

¹¹¹ Чернова О. С. Обстановки седиментации терригенных природных резервуаров: учебное пособие. Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. 108 с.

¹¹² Алексеев В. П. Фациальные исследования: разные подходы в одной системе координат // Фациальный анализ в нефтегазовой литологии. Томск: Изд-во ЦППС НД, 2012. С. 11-16.

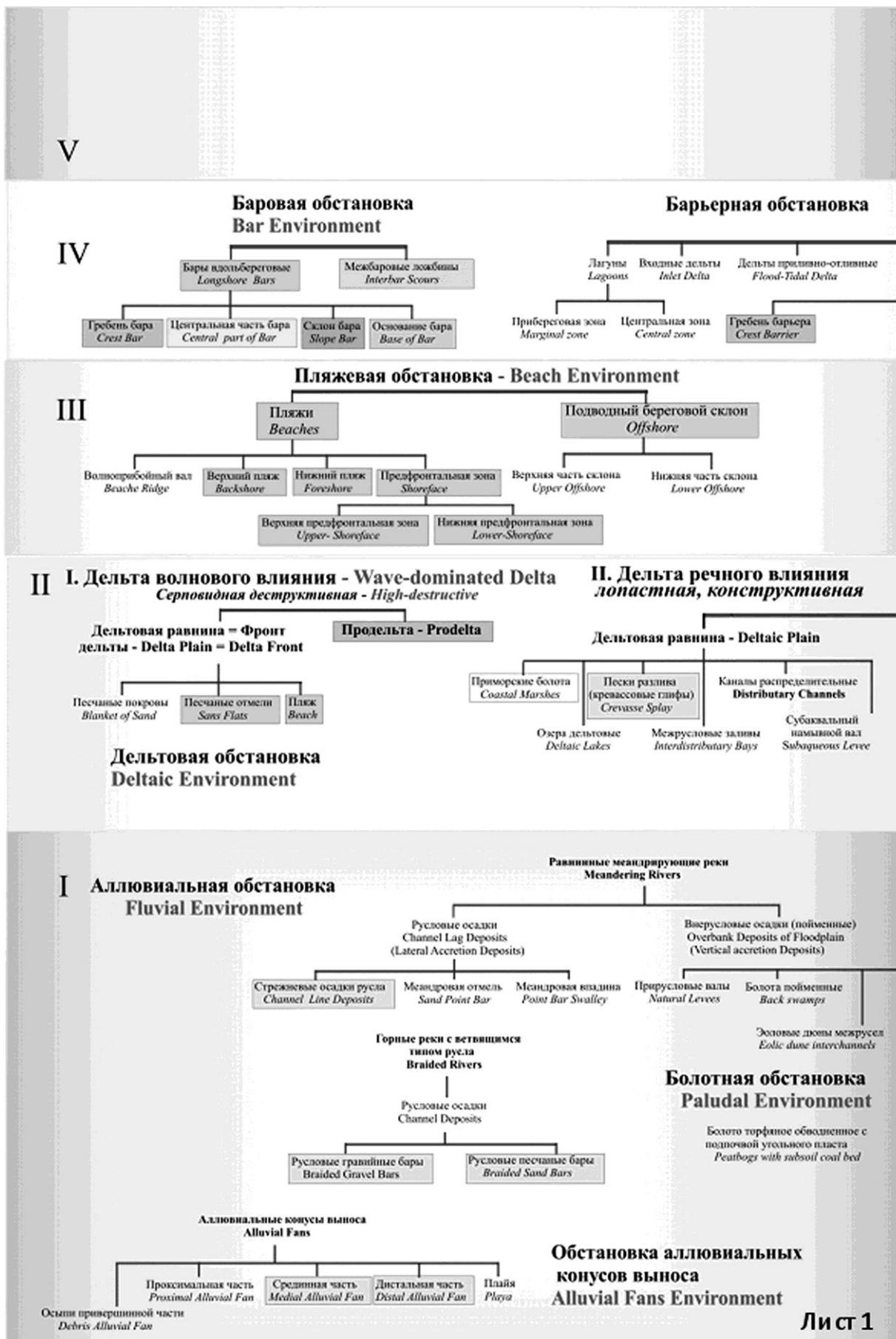


Рис. 3.17. Сводная схема обстановок седиментации

Обстановка седиментации шельфовых песчаных гряд Shallow-Marine Sand Ridge Environment



Приливно-отливная обстановка - Tidal Environment



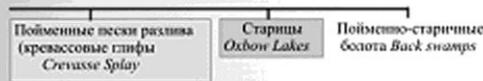
Fluvial-dominated Delta *high constructive delta*



III. Эстуариевая деструктивная дельта Tide-dominated Delta - High-destructive delta



- I - Континентальные обстановки
- II - Переходные (транзитные) обстановки
- III - Прибреговые обстановки
- IV - Мелководноморские обстановки
- V - Морские обстановки



Озерная обстановка - Lacustrine Environment



Лист 2

и фаций гумидного климата (составлена О. С. Черновой)¹¹¹

Основные понятия, используемые при седиментологических реконструкциях

Термин	Определение термина	Чем определяется термин	Примеры названий	Примечание
Гранулометрический тип породы (Grain Type)	Порода с определенной размерностью и соотношением частиц	Размерностью преобладающих частиц и их соотношением	Песчаник мелкозернистый алевритистый	Всегда одна порода, которая может быть представлена бимодальным сочетанием двух типов (ритмит или ламинит)
Литологический тип породы или литотип	Порода с комплексом взаимосвязанных существенных признаков	Суммой конститутивных (вещественный, гранулометрический составы, текстура) и индикативных (ориктоценозы, конкреции и пр.) признаков	Песчаник крупнозернистый с косой однонаправленной слоистостью и включением грубых растительных остатков	Одна порода или 2-3, но очень близкие по составу и другим признакам
Литогенетический тип (Lithofacies; Lithotope)			То же, с установленным генезисом: русел крупных равнинных рек	
Фация (Facies)	Отложения, сформированные в определенной физико-географической обстановке, выраженной в признаках этих отложений (осадок + условия)	Генетическими признаками пород и их взаимоотношениями, с учетом сведений об осадконакоплении в современных ландшафтах (актуалистический или сравнительно-исторический подход)	Фация песчаных осадков речного русла. Фация алевритовых отложений зоны морских течений	Обычно представлена несколькими литогенетическими типами (если они выделяются)
Обстановка седиментации (Sedimentary Environments)	Физико-географическая, динамическая и геохимическая обстановка формирования отложений (палеогеографическая)	Главным образом ландшафтами разных порядков (с учетом динамики среды отложения и других свойственных ей особенностей)	Речная долина. Прибрежное мелководье	Употребляется при описании ландшафта, в котором формируются отложения
Генетический тип (Genetic type)	Естественная группа отложений, связанных общностью процесса формирования	Преимущественно механизмом формирования конкретных пород или группы отложений	Аллювиальные отложения равнинных рек. Отложения мутьевых потоков	Относится как к породам, так и к осадкам. Отражает механизм их формирования

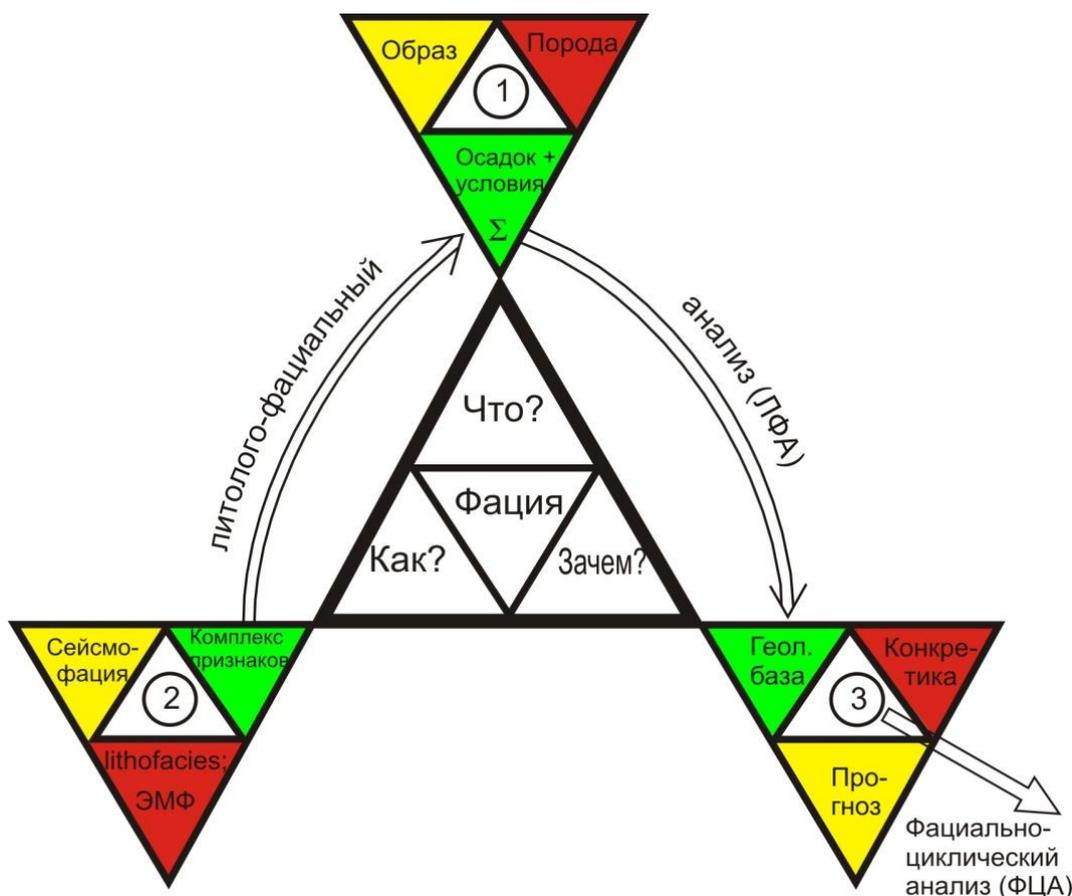


Рис. 3.18. Фациальные исследования в различных вариантах их реализации (пояснения в тексте)

Верхний треугольник, обозначенный цифрой 1, помещенной в кружок, дает три основных варианта ответа на вопрос, что же понимать под фацией. Отметим, что поиску ответа посвящено огромное количество исследований. Среди них сошлемся здесь только на статью Г. Ф. Крашенинникова¹¹³. Она выбрана нами, исходя из двух позиций. Во-первых, в ней дано 28 определений самого понятия «фация» – от приведенного А. Грессли и И. Вальтером до представленных в работах второй половины XX в. Во-вторых, эта статья написана, по всей видимости, *последним* литологом, отстаивавшим *стратиграфическое* (s. l.) направление в выделении и характеристике фаций. Не пересказывая сути статьи, приведем центральный (естественно, на наш взгляд) вывод из сделанного Г. Ф. Крашенинниковым заключения: «Практически закончилась дискуссия о значении метода актуализма в учении о фациях и о том, что в понятии о фации *сочетаются* (курсив наш. – В. А.) вещественная и генетическая стороны. Сейчас усилия исследователей направлены на по возможности полное использование актуалистического метода и использование *диалектического* (курсив наш. – В. А.) характера самого понятия о фациях»¹¹³.

¹¹³ Крашенинников Г. Ф. Учение о фациях от Грессли до наших дней // Геология и палеонтология. Л.: Наука, 1989. С. 101-121.

Пытаясь «математизировать» геологию на базе *формализации* основных понятий, Ю. А. Воронин и Э. А. Еганов так подошли к определению фации: «1) фация – это свойство отложений (класс тел); 2) фация – это изменение свойств отложений (производная от свойств по координатам);...3) понятие «фация» основано на понятии о бинарных отношениях смежных и разновозрастных геологических тел» (¹¹⁴, с. 12). С. И. Романовский добавил к ним еще один вариант (4): «обстановки осадконакопления (см., к примеру, морскую литоральную, морскую пелагическую и другие фации А. Грессли)» (², с. 20-21). Как видно, 1-е определение по большей части относится к породе как геологическому телу, 4-е – к «умозрительной» обстановке, а 2-е и 3-е – парагенезу или соотношению некоторых объектов. Не принимая во внимание требования к их разновозрастности (см. выше), можно полагать дуалистическое понимание фации, которое и отображено в поле верхнего треугольника на рис. 3.18. Сразу же отметим практицизм англоязычных геологов, разделяющих указанную дуалистичность толкования «фация» посредством выделения собственно обстановки (*environment*) и пород с признаками, ей присущими (*lithofacies*). Соответственно, это будут два верхних малых треугольника в треугольнике 1 на рис. 3.18.

Не продолжая далее этот экскурс, укажем, что в наших работах мы следуем «синтетическому» пониманию фации как условиям осадконакопления, реализованным (овеществленным) в изучаемых породах (нижнее поле в верхнем треугольнике). Оно лежит в основе фациально-циклического анализа (Ю. А. Жемчужников, Л. Н. Ботвинкина и др.). Достоинства и преимущества последнего, в том числе с современных позиций синергетического мировидения, изложены автором в ряде работ, повторять которые здесь нет места и необходимости. Отметим только, что именно данной методикой, с нашей точки зрения, достигается главная значимость фациальных исследований, которая кроется в создании необходимой *геологической базы* или (иначе) *модели*, позволяющей решать многие геологические задачи (см. рис. 3.18).

В табл. 1.3 была дана «привязка» методов генетических (фациальных) исследований к уровням организации геологических тел. Отметим, что из этих данных отнюдь не следует «жесткая» привязка перечисленных методов соответствующему уровню. Например, фациально-циклический анализ (ФЦА) является в принципе самодостаточным, включая в себя литолого-фациальный (ЛФА) и решая задачи фациального (ФА). Одновременно самодостаточными можно считать и оба других: к примеру, можно остановиться на уровне литолого-фациальных исследований какого-то локального участка разреза либо сразу начинать с формационных обобщений для существенного по своему объему объекта.

Нижний слева на рис. 3.18 треугольник, обозначенный цифрой ②, построен применительно к потребностям и на реалиях нефтегазовой литологии.

¹¹⁴ Воронин Ю. А., Еганов Э. А. Фации и формации. Парагенезис. Новосибирск: Наука, СО, 1972. 120 с. (Тр. ИГГ СО АН СССР. Вып. 146).

Соотношение показанных понятий относится по существу к методике работ, то есть определяет способ установления фации. Под *сейсмофацией* понимается некоторое представление, охватывающее разрез до сотен миллисекунд и возрастной диапазон до нескольких миллионов лет. При этом «их выделение основывается на *визуальном* (курсив наш. - В. А.) анализе сейсмической записи и количественных сейсмических параметров, входящих в систему прогнозирования геологического разреза» (¹¹⁵, с. 77). В данном случае понятие «фация» по существу используется буквально дословно (лат. *facies* - лицо, облик). По сути, предлагаемая модель априорно представляется артефактом, и в задачу последующих работ входит именно верификация используемой модели, которая может осуществляться тем или иным способом, а может и ограничиться принятием на веру.

В этом же треугольнике под аббревиатурой ЭМФ понимаются *электрометрические модели фаций*, устанавливаемые по широко известной методике В. С. Муромцева¹¹⁶ (за рубежом для этих целей обычно используются кривые естественной радиоактивности). Не вдаваясь в дискуссию о правоте данной методики, отметим, что при отсутствии керна данные по геофизическим исследованиям скважин (ГИС) – единственное, чем может располагать литолог в реконструкции как состава, так и генезиса пород. Иное дело, *как* именно к этому подходить – к примеру, в работе¹¹⁷ приведен положительный пример *комплексного* подхода к использованию ГИС для фациальной реконструкции. Подчеркивая обязательность верификации построений (желательно на кернах материала) авторы статьи предложили формулу для определения фации, имеющую следующий вид:

$$\text{ФАЦИЯ} = a + b \cdot \text{ГГК-П} \pm c \cdot \Delta T \pm d \cdot \alpha_{\text{ПС}} \pm f \cdot \Delta J_{\text{ГК}} \pm g \cdot WN,$$

где a, b, c, d, f, g – подбираемые коэффициенты, минимизирующие различия между фактическими и экспериментальными данными, а ГГК-П, ΔT , $\alpha_{\text{ПС}}$, $\Delta J_{\text{ГК}}$ и WN – параметры, снимаемые с ГИС.

Нетрудно заметить, что именно такой подход тесно смыкается с методологией фациально-циклического анализа, в котором фация устанавливается по *комплексу признаков* (см. рис. 3.18). Он разобран во многих наших работах^{5, 35, 36, 38}, и описывать его мы не станем. Одновременно все-таки особо отметим, что как в сейсмостратиграфии, так и в скважинной геофизике превалирует дедуктивный подход исследования. Наши же построения идут по строго индуктивному пути, что четко заложено в самой методологии работ.

Наконец, **нижним справа** (кружок 3) треугольником завершается «жесткая» конструкция всей системы, изображенной на рис. 3.18. В нем же заключается ее целеполагание в целом. Действительно, если бы в фациальных

¹¹⁵ Шлезингер А. Е. Региональная сейсмостратиграфия. М.: Научный мир, 1998. 144 с. (Тр. ГИН РАН. Вып. 512).

¹¹⁶ Муромцев В. С. Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа. Л.: Недра, 1984. 260 с.

¹¹⁷ Марченко Е. А., Шилова Ю. В. Использование геолого-статистического анализа для прогноза фациальной характеристики разреза // Нефтяное хозяйство. 2010. № 2. С. 30-33.

исследованиях не содержалось особого смысла, либо они не имели бы практического наполнения и т. п., то к ним, скорее всего, и не обращались бы на протяжении более полутора столетий, и особенно в наше, прагматическое время. Одновременно с этим соображением отметим, что при помощи собственно фациальных реконструкций и построений ни одного сколько-нибудь значимого месторождения (в том числе нефтегазового) не открыто. Тем самым оформляется некоторый диссонанс, в чем-то он похож на двуединый подход в определении самого понятия «фация», что было описано выше и показано в треугольнике (1) на рис. 3.18.

Для ответа (пусть приближенного) на поставленный третий вопрос: «зачем?», вновь прибегнем к понятиям, приведенным на рис. 3.18. Если «образ» в верхнем треугольнике (1) легко сопоставить с «сейсмофацией» в треугольнике (2), то остается транслировать его на «прогноз» в треугольнике (3). Это собственно и выполняется при сейсмостратиграфических (s. l.) построениях. Иное дело – эффективность таких реконструкций, имеющих чисто дедуктивный характер, но оценивать ее здесь мы не будем. Под «конкретикой» в том же треугольнике (3) прежде всего подразумевается выход на петрофизические характеристики коллекторов, с учетом их фациальной принадлежности. К примеру, в статье¹¹⁸ осуществлена увязка типов коллекторов, выделенных посредством расчета параметра FZI (Flow Zone Indicator), с фациями, установленными посредством «классического» литолого-фациального анализа. В результате «... сформирована единая система литогенетических типов пород для ... зоны нефтегазонакопления». В целом перечисленное более при-суще «западному», преимущественно прагматическому походу, с отчетливым разделением понятий *environment* и *lithofacies* (см. выше). Не удержимся здесь от возможности очередной раз упомянуть об изначальной ограниченности использования только одного параметра ГИС для установления генезиса отложений (см. выше).

В табл. 3.6 приводятся сводные данные по трем исследованным месторождениям (*X*, *E* и *F*) для горизонта Ю-I верхневасюганской подсвиты. Как видно, в цитируемой статье детально охарактеризован генезис каждого из выделенных литогенетических типов. Так, типы I и II отнесены к мощным регрессивным песчаным телам барового типа; тип III – к «переходному» разрезу; IV – песчаным телам отмелевого типа (подводным песчаным языкам); V и VI – участкам, формировавшимся в условиях волнений (нижние части регрессивных баровых тел). Полученные типы коллекторов были включены в общий набор коллекторов литофаций морского генезиса и использованы для прогноза на малоизученные площади.

¹¹⁸ Чернова О. С., Клименко А. В. Моделирование литолого-петрофизической зональности Двуреченско-Крапивинской зоны нефтегазонакопления // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. Вып. III (19). С. 99-110.

Сводная таблица литогенетических типов, гидравлических типов коллектора с граничными параметрами пористости и проницаемости по месторождениям Двуреченско-Крапивинской зоны¹¹⁸

Характеристика литогенетического типа	HFU	Средние значения FZI	Открытая пористость %	Проницаемость к, мД	Месторождения		
					X	E	F
I – средне-, крупнозернистый песчаник, массивный, хорошо сортированный,	1+2	7.6 – 6.5	18 - 26	590 - 2480	+	+	-
II – средне-, реже крупнозернистый песчаник, массивный, среднесортированный,	3	4,1	18 - 20	160	+	+	+
III – средне-, мелкозернистый массивный песчаник, средне-цементированный, плохо сортированный, с редкими углистыми включениями и намывами глинисто-сланцевого материала с пятнистым нефтенасыщением	4	2	15 – 17,4	5 - 92	+	-	- -
IV - мелкозернистый массивный песчаник, средне-цементированный с редкими прослоями глинисто-углисто-материала, с РД и редкой биотурбацией	5	1,1	12 – 14,5	5,6	+	-	
V - мелкозернистый до тонкозернистого песчаник горизонтально слоистый, с прослойками глинистого материала, с РД, и редкой биотурбацией	6	0,64	9 - 11	1,3	+	+	+ +*
VI – тонкозернистый песчаник, песчанистый алевролит, слоистый, биотурбированный, с конкрециями пирита	7	0,39	7 – 8,5	0,34	+		
VII - глинистый алевролит, с прослойками углисто-глинистого материала, с конкрециями пирита, с разнообразной слоистостью	8	0,24	3 - 6	0,13	+	+	+

Примечание. HFU – гидравлическая единица потока, определяемая как «представительный элементарный объем породы, внутри которого геологические и петрофизические свойства, влияющие на течение жидкости, взаимно согласованы и предсказуемо отличимы от других пород¹¹⁹;

FZI – индикатор гидравлического типа коллектора (Flow Zone Indicator), являющийся трансформантом из уравнения Кармена-Казени и вычисляемый по формуле $\frac{0,0314 \sqrt{k/\sigma}}{\sigma/(1-\sigma)}$, где k – проницаемость (permeability), σ – пористость (porosity).

¹¹⁹ Amaefule J. O., Altunbau M., Tiab D., Kersy D. G., Keelan D. K. Enhanced Reservoir Description: Using core and log data to identify Hydraulic (Flow) Units and predict permeability in incored intervals / Wells, SPE 26436, 68th Ann. Tech. Conf. And Exhibit. Houston, 7x. 1993. P. 205-220.

Приведенные результаты наилучшим образом укладываются в неклассическую парадигму «Субъект ↔ {Средства ↔ Объект}» (см. табл. 1.1), когда ответ зависит и от свойств изучаемого объекта (фацция, не сводимая к одному параметру), и от способа вопрошания (литолого-фациальный анализ). Напомним, что принципиально схожие результаты были получены нами при изучении ФЕС отложений Ловинского месторождения Шаимского НГР ЗСОМБ (см. рис. 3.15).

Отметим, что анализ нелинейности многих, если не большинства геологических процессов, на общем «фоне» пока мало изученной самоорганизации, в частности, вполне может разрешить полувекковое противопоставление понятий «генетический тип» (как *ограниченность* разновидностей процессов) и «фацция» (как результатов многообразия *условий осадконакопления*). Определения и примеры понятий были приведены выше, в табл. 3.5. Первая ступень *фациально-циклического* анализа, разработанного на материале угленосных отложений, заключается в установлении фации по *комплексу* диагностических признаков. Это само по себе определяет многомерность исследуемого набора параметров, в т. ч. их *нелинейную* взаимосвязь. Не вдаваясь в незаконченную (и, по-видимому, в принципе не подлежащую окончанию) дискуссию, выскажем следующее соображение.

Понимая под генетическим типом *механизм* процесса осадконакопления, мы допускаем развитие его самоподобных примеров реализации на разных гипсометрических уровнях и в разных областях (пример – площади с лавинной седиментацией). Кстати, именно здесь заключается причина ошибочного отнесения отложений АРБ к турбидитам (см. п. 2.3; рис. 2.24). Оставляя же именно за фацией палеоландшафтную «привязку», тем самым мы каждый раз определяем ее точные пространственные палеогеологические «координаты».

Ярким примером «космополитного» генетического типа являются **ритмиты**, детально рассмотренные выше (см. п. 2.3; рис. 2.27-2.32; табл. 2.2). Они широко представлены в приливно-отливных отложениях как небольших озер, так и обширных приемных водоемов (бассейнов), будучи индикатором именно механизма седиментации^{75, 120}. Но рассмотрение их в непосредственном геологическом контексте позволяет различать ритмиты, связанные с комплексами озерных водоемов (например, в тюменской свите ШНГР³⁵) или с мелководной приливно-отливной зоной крупного неглубокого водоема викуловской свиты Каменного месторождения³⁸. В последнем различии и заключается сущность фациальных исследований как метода неклассического (синергетического) подхода.

Наконец, завершим раздел, так же как и два предыдущих, примерами обработки исходных генетических (!) данных с помощью статистических (s. l.) методов. В работе³⁵ нами значительная часть объема была посвящена верификации генетических реконструкций посредством количественной обра-

¹²⁰ Алексеев В. П. Атлас фаций юрских терригенных отложений (угленосные толщи Северной Евразии). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 209 с.

ботки исходной информации (с. 143-161). Приведем некоторые из полученных результатов в предельно сжатом виде. В табл. 3.7 приведены признаки, которые были переведены в количественную форму (с присвоением кодовых значений от 1 до 9) и факторные нагрузки (Q -метод), которые были рассчитаны для разных общностей – конкретно наблюдаемых параметров ($S_1 - S_5$) и субъективно определяемой фацией. Кластерные дендрограммы приведены на рис. 3.19 (R -метод).

Таблица 3.7

Матрицы факторных нагрузок (Шаимский НГР; отложения тюменской свиты)³⁵

Признаки		Скв. 10548				Скв. 10320				
Метризация (по изменению параметра)	Индекс	$S_1 - S_5$		$S_1 - S_6$		$S_1 - S_5$		$S_1 - S_6$		
		F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2	
Грансостав (увеличение размерности)	S_1	,90*	-,28	-,22	,91*	,95*	,26	,92*	,30	
Сортированность (увеличение дисперсии)	S_2	,75*	,42	,52	,73*	,94*	,10	,95*	,09	
Текстура (усиление гидродинамики)	S_3	,93*	,10	,13	,91*	,96*	,11	,91*	,17	
Растительный материал	-уменьшение количества	S_4	,01	-,96*	-,92*	,09	,26	,91*	,28	,88*
	-снижение размерности	S_5	-,08	-,95*	-,92*	,01	,05	,95*	,06	,93*
Фациальный состав (приближение к области сноса)	S_6			,64	,26			,44	-,34	
Вклад		45,03	42,12	40,76	37,81	55,22	36,37	47,60	31,19	

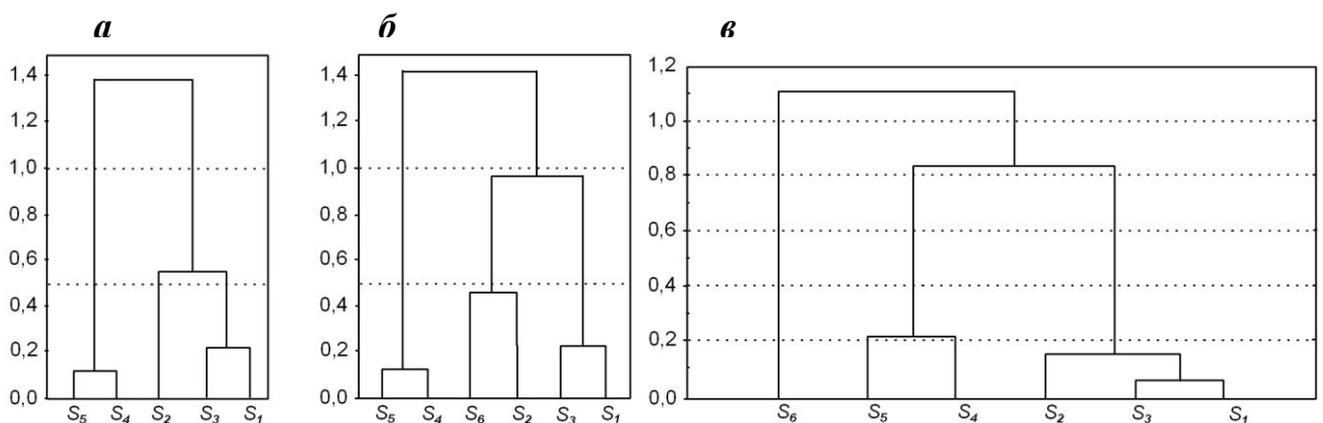


Рис. 3.19. Кластерные дендрограммы по признакам (по оси ординат значения дистанционного показателя $1 - r$):

a – по пяти признакам для скв. 10548; $б$ – с подвключением признака S_6 ; $в$ – по скв. 10320

Более простой выглядит структура факторов и их интерпретация для скв. 10320. Общая дисперсия признаков здесь формируется двумя группами признаков, как это и следует из кластерной дендрограммы (см. рис. 3.19, в). Судя по вкладу конкретных признаков, фактор F_1 имеет сугубо *гидродинамический* характер, с *равным весом* всех трех формирующих его признаков (S_1 , S_2 и S_3). Фактор F_2 определяется *ландшафтной* ситуацией, что выражено основным вкладом признаков S_4 и S_5 , характеризующих растительный материал. «Подвключение» признака S_6 ситуацию принципиально не меняет. Данный параметр участвует в обоих факторах, но *не значимо, что косвенно подтверждает его объективность и эмерджентность* (основанный на сумме признаков, фациальный состав не влияет на общую изменчивость системы – !).

Существенно иначе выглядит ситуация по скв. 10548. Для выборки по признакам $S_1 - S_5$ те же кластеры, что и для скв. 10320 ($S_1 - S_2 - S_3$ и $S_4 - S_5$) здесь находятся в «противофазе» (отрицательный вклад признаков $S_4 - S_5$ в фактор F_2). Зыбкое равновесие между факторами F_1 и F_2 нарушается с подвключением признака S_6 , что даже приводит к смене их последовательности по вкладу. Для расчета системы признаков $S_1 - S_6$ основной палеоландшафтный (см. выше) фактор выходит на первое место, превышая гидродинамический. Суммарный вклад признака S_6 в общую дисперсию* остается таким же, как в скв. 10320, и не достигает значимой величины, что оставляет в силе высказанные выше соображения о его независимости (эмерджентности).

Общую дисперсию *системы* признаков, характеризующих выделяемые слои, формируют *все* показатели. Особенно важно это для триады признаков $S_1 - S_2 - S_3$. Как следствие, перечисленное заставляет весьма критически относиться к использованию данных по гранулометрическому составу пород в качестве главного (а на практике часто единственного) показателя в любых геологических реконструкциях. В частности, с неменьшим правом на такую же роль может претендовать и текстурный анализ как самостоятельный метод исследования¹²¹.

В статье¹²² нами изложен свой опыт использования нейронных сетей для решения задач фациального анализа на основе изучения керна скважин и их геофизических исследований (ГИС). На рис. 3.20 показано принципиальное решение поставленной задачи (анализировались континентальные отложения Абанского месторождения Канско-Ачинского бурогоугольного бассейна и Шаимского НГР Западной Сибири среднеюрского возраста).

* Дисперсия (лат. dispersio – рассеяние) – в биологии означает разнообразие признаков в популяции // ru.wikipedia.org

¹²¹ Ботвинкина Л. Н. Текстурный анализ и перспективы его развития // Литология и полезные ископаемые. 1965. № 2. С. 5-18.

¹²² Серков В. А., Алексеев В. П., Кузьмина Т. М., Пироженов В. А. Нейросетевые технологии анализа геолого-геофизических данных // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. Вып. II (18). С. 231-239.

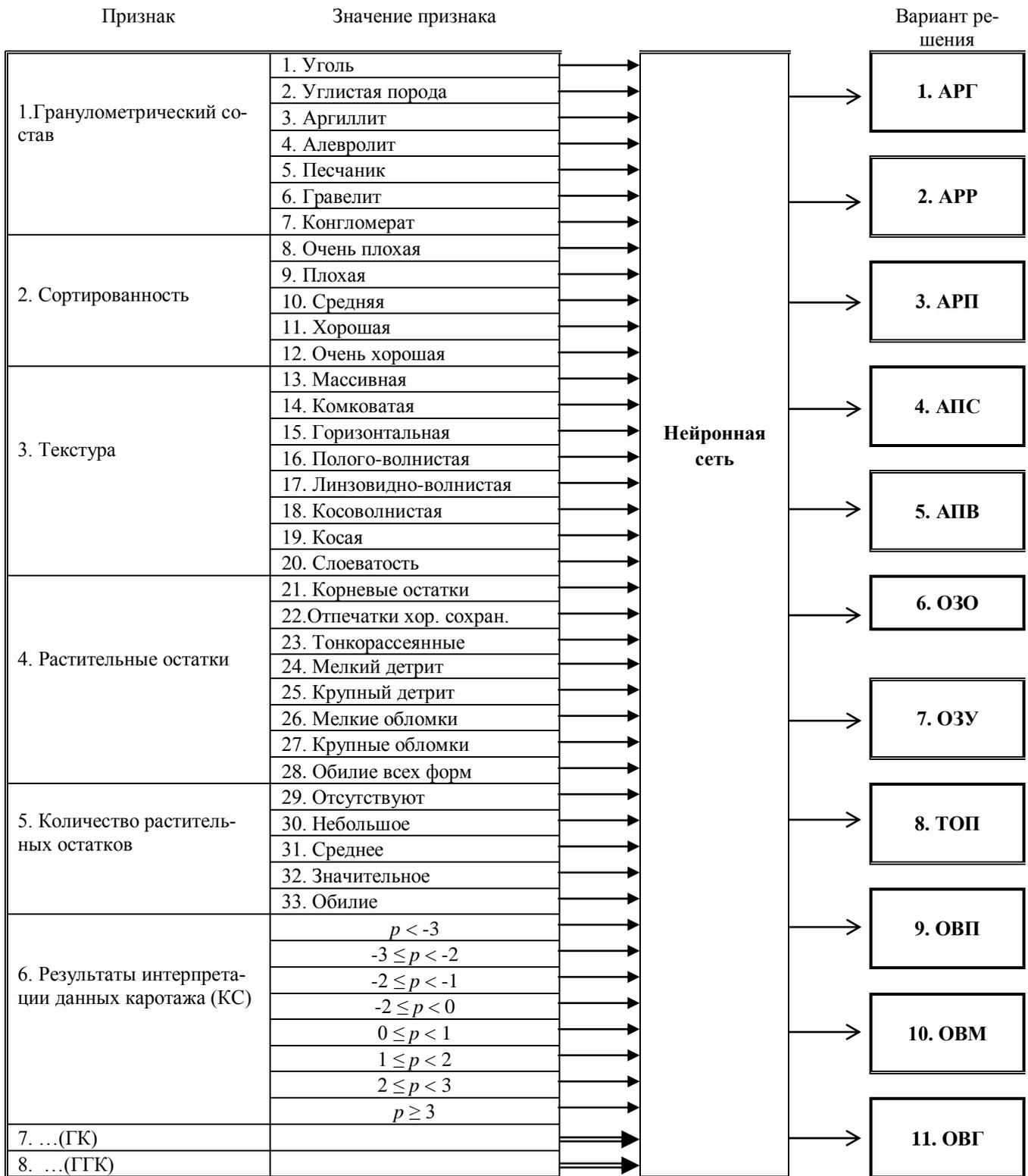


Рис. 3.20. Решение задачи выделения фаций:

варианты решения - в виде трехбуквенных аббревиатур, обозначающих (последовательно):

- первая буква – группа отложений: А – аллювиальная, О – озерная, Т – болотная (торфяная);
- вторая буква – макрофация: Р – русловая, П – пойменная, З – застойных, В – волновых (открытых) озерных водоемов;
- третья буква – «ключевое» слово в названии фации. Например, Г – горных рек, Р – равнинных рек и т. д.

На исследуемых территориях было выбрано по две скважины, по которым выполнено решение задачи фациальной интерпретации традиционным методом. Затем одна из скважин каждого района была использована для формирования обучающих матриц, а данные по второй скважине использовались для оценки надежности решения задачи.

Контроль показал, что наиболее эффективно задача решается с помощью сети Хэмминга. При использовании только геологических данных (размер входного вектора составляет 33: см. рис. 3.20) и предельном соотношении ($m < 0,2n$, где m – нейроны, а n – параметры), сеть уверенно распознает только 6 классов объектов. Увеличение размерности входного вектора за счет привлечения данных ГИС увеличивает информационную емкость почти в два раза.

В итоге были получены следующие выводы¹²².

- Результаты исследования возможности нейронных сетей для решения задач фациального анализа показывают достаточно высокий процент правильного распознавания типа фаций по геолого-геофизическим признакам.

- Основой для успешного использования нейросетевых технологий является наличие эталонных объектов, полученных в результате решения задачи квалифицированным специалистом-экспертом. Чем выше качество экспертных решений, тем надежнее работа сети.

- Параметры нейронной сети, полученные для конкретной геологической ситуации, имеют локальный характер и могут быть успешно использованы для близкой палеогеографической обстановки.

- Качество распознавания находится в прямой зависимости от объема используемых данных, размер вектора исходных данных должен как минимум в 5 раз превосходить количество вариантов решения задачи.

Общие итоги главы проведем в режиме верификации или проверки изложенных сведений, используя для этого положения, апробированные временем и опытом применения. Это вполне соответствует представлениям, которые изложены выше: как в отношении общеметодологического подхода к изучению процессов и событий (см. рис. 3.8), так и Z-системы с дополнениями (см. рис. 3.9). Используем для данной цели три высказывания, каждое из которых разделяет достаточно большой временной промежуток. Начнем с более позднего, постоянно отдаляясь «в глубь времени».

1. «Господство в практике наук о Земле генетического подхода есть следствие того, что реальные процедуры исследования в геологии... основаны на гипотетико-дедуктивном (в литолого-фациальном анализе – индуктивном. – В. А.) методе исследования... Индуктивный ареал агенетического («структурного») исследования в реальности не работает – без изначальной теоретической (генетической) концепции никакой структурный фактический материал отобразить нельзя»²² (в фациальном анализе роль данной концепции выполняет актуалистический подход. – В. А.).

Приведенное высказывание ярко высвечивает необходимость и правильность генетического подхода в геологических исследованиях, что хорошо укладывается в нелинейную (неклассическую) парадигму, одновременно предоставляя возможность перехода к постнеклассическому варианту (см. табл. 1.1).

2. «Основным критерием любого естественно-научного исследования, в том числе и геологического, является принцип эмпирической проверяемости полученных результатов... Такой путь познания прошлого (стратегия проверки гипотез) ... является основным, по которому идут (и в принципе должны идти) теоретические изыскания в геологии»².

Только этот путь, обычный для системного моделирования в целом, реален для геологии, лишенной обычной, «опытной» проверки любых результатов, вследствие необратимости и длительности геологического времени. Последнее определяет принципиальную нелинейность исследуемых процессов, что делает особенно привлекательным использование синергетических представлений в разных вариантах – от *s. l.* до *s. str.*

3. «Детальное изучение и описание разреза в обнажении или по керну, составление литологической колонки, определение литогенетических типов и фаций, выделение циклов, составление межрайонных фациальных профилей и, наконец, построение фациальных палеогеографических карт – таков путь анализа и обобщения материалов исследования, **с постоянной взаимной, так сказать «обратной» проверкой исходных данных и предыдущих построений и выводов** (¹²³, ч. I, с. 120; выделено нами – *В. А.*).

Этим определением, впервые сформулированным Ю. А. Жемчужниковым еще в 1944 г., в немалой степени предвосхищены основы системных исследований и принципов моделирования систем. Будучи воплощены в методике фациально-циклического анализа (см. табл. 1.3), такие исследования в полной мере укладываются в синергетическое мировидение, отчасти раскрываемое в представленной работе на литологическом материале.

¹²³ Строение и условия накопления основных угленосных свит и угольных пластов среднего карбона Донецкого бассейна / Ю. А. Жемчужников, В. С. Яблоков, Л. И. Боголюбова, Л. Н. Ботвинкина, А. П. Феофилова, М. И. Ритенберг, П. П. Тимофеев, З. В. Тимофеева. М.: Изд-во АН СССР. Ч. 1. 1959. 331 с. Ч. 2. 1960. 346 с. (Труды ГИН АН СССР. Вып. 15).

Эссе 4. ИНВАРИАНТЫ: ПОДХОДЫ И ПУТИ ПОЗНАНИЯ

В предыдущих эссе по сути были изложены необходимые основы (иначе – база) для перехода к следующему этапу познания закономерностей в изучаемых геологических объектах и процессах. Это представления об уровнях их организации (см. табл. 1.3); самоорганизации и самоорганизованной критичности (см. п. 3.1), а также начальные сведения об аттракторах (см. рис. 3.6). Перечисленное позволяет перейти собственно к рассмотрению одновременно и простых, и сложных представлений, касающихся геологических образований.

4.1. Порядок из хаоса¹²⁴ (структуризация кажущегося беспорядка)

Вначале остановимся на внеранговых проявлениях нелинейности. В начале второй главы было показано, что один и тот же объект может восприниматься по-разному (см. рис. 2.3), причем само восприятие его в динамике смены образов происходит с запаздыванием (см. рис. 2.4). Это явление сходно явлению затягивания при бифуркации (см. рис. 2.2). Объяснение последнему заключается в проявлении **гистерезиса***. В принципе оно может быть сведено к наличию неустойчивого состояния между двумя устойчивыми, что показано на рис. 4.1.

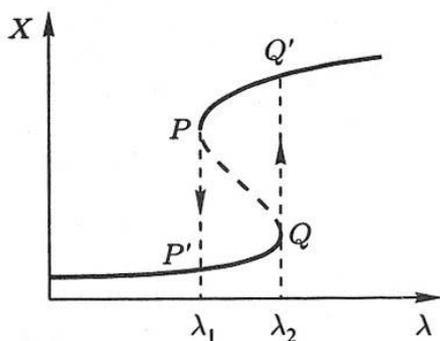


Рис. 4.1. Явление гистерезиса, возникающее, если значение параметра бифуркации λ сначала возрастает, а затем убывает. Если система первоначально находится в стационарном состоянии, принадлежащем нижней ветви, то при возрастании λ она продолжает оставаться на нижней ветви. При $\lambda = \lambda_2$ происходит перескок: система скачком переходит из состояния Q в состояние Q' , принадлежащее верхней ветви. И наоборот, если система первоначально находится в состоянии, принадлежащем верхней ветви, то при уменьшении λ она продолжает оставаться на верхней ветви до $\lambda = \lambda_1$, после чего скачком переходит из состояния P в состояние P' .

Бистабильные режимы такого типа встречаются во многих областях науки и техники, например в лазерах, химических реакциях и биологических мембранах¹²⁴

Развернутый пример *затягивания* процесса бифуркации, соответствующий явлению гистерезиса, приведем для использованного выше примера «лицо – девушка» (см. рис. 2.4). На рис. 4.2 проиллюстрирована бистабильность восприятия фигур, зависящая от степени детальности изображения.

* Гистерезис (греч. hysteresis – отставание, запаздывание) – свойство систем, мгновенный отклик которых на приложенные к ним воздействия зависит в том числе и от текущего состояния, а поведение системы на интервале времени во многом определяется ее предысторией // ru.wikipedia.org.

¹²⁴ Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой: пер. с англ. М.: Прогресс, 1986. 432 с.

Область бистабильности с равноправным восприятием картинок лежит внутри «клюва», обозначенного пунктиром. В приводимом примере содержатся представления о неравнозначном восприятии объектов для разных уровней детальности их изображения, что видится достаточно важным для дальнейшего изложения материалов.

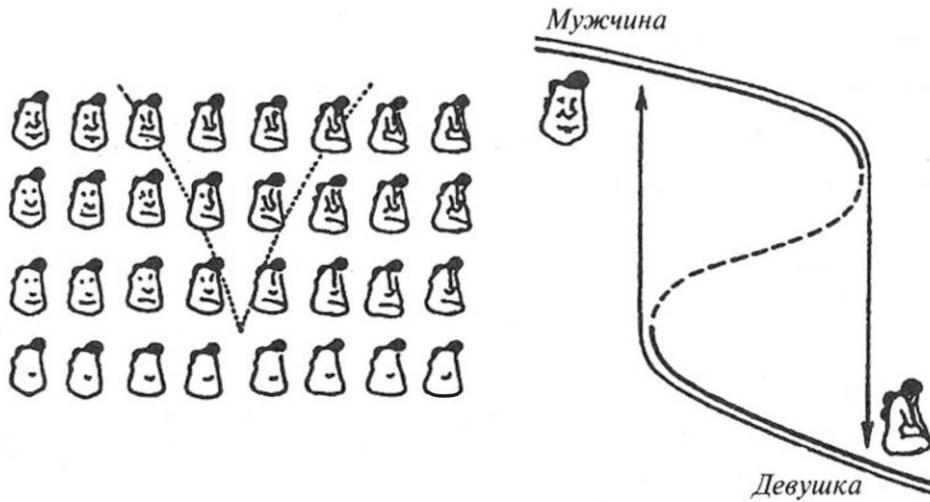


Рис. 4.2. Оптическая иллюзия, демонстрирующая бистабильность восприятия (⁴⁴, с. 143). При изменении детальности изображения (по оси ординат) область бистабильности формируется в виде «клюва», где фигура интерпретируется и как «лицо», и как «девушка»

На рис. 4.3 приведено наглядное отображение явления гистерезиса при изменении глубины ямки, в которой находится шарик (см. также рис. 3.3). При изменении локального минимума (положение a_2) шарик скатывается в противоположную ямку, а система делает катастрофический прыжок или скачок. Изменения с величиной Δt_1 происходят при малом изменении управляющей переменной.

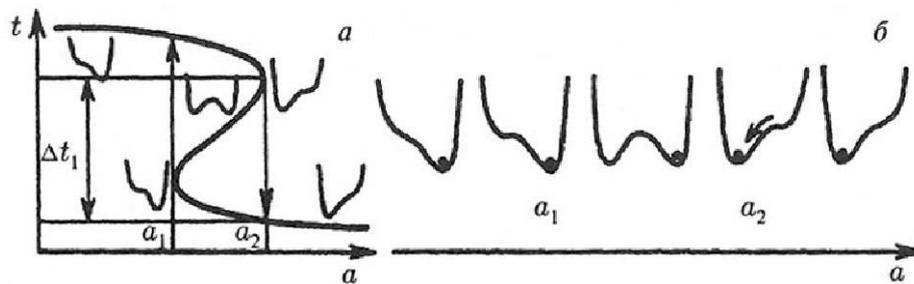


Рис. 4.3. Изменения состояния системы при изменении параметра a (⁴⁴, с. 135): a – динамика процесса, b – положения ямки с шариком. Последний находится в локальном минимуме до тех пор, пока он существует. Когда он исчезает ($a = a_2$), шарик скатывается в другой локальный минимум, а система делает **катастрофический прыжок, или скачок**, с амплитудой Δt_1

Динамика формирования гистерезиса показана на рис. 4.4. В работе²⁶ определено, что «... алгебраическое нелинейное уравнение может иметь более одного решения, в частности кубическое уравнение общего вида – от одного до трех решений. В зависимости от значений, входящих в такое уравнение параметров, геометрическое место его одианных решений может быть почти линейным, тройных – представлять плоскую S -образную кривую. При определенном изменении значений параметров получается геометрически трехмерная совокупность решений: плоскость, плавно переходящая в S -образно изогнутую поверхность. «Протыкая» ее в последовательности возрастающих значений некоторого одного меняющегося или *управляющего параметра* при постоянных значениях другого, будем получать вначале одианные, а после достижения параметром некоторого *критического значения* – тройные «проколы» (см. рис. 4.4).

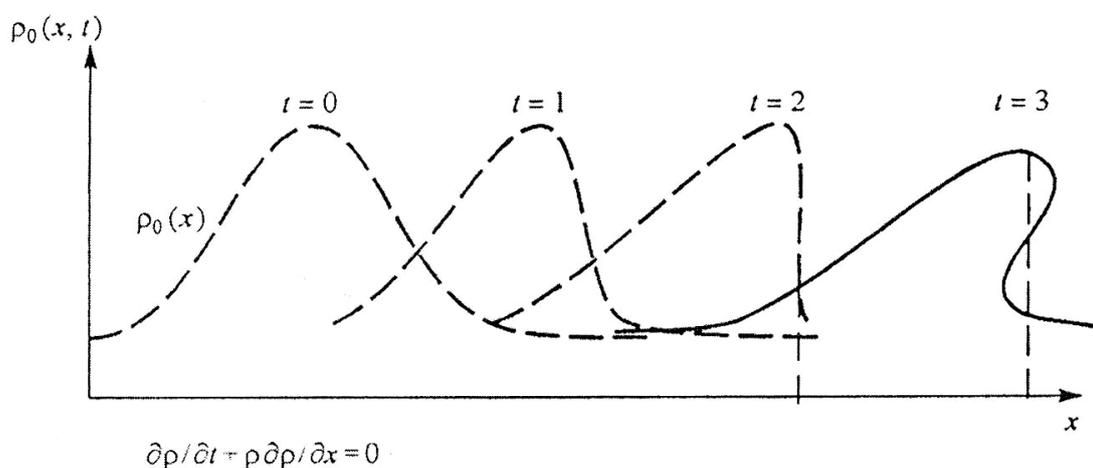


Рис. 4.4. Решение нелинейного уравнения переноса с опережающим перемещением вершины и искривленного профиля фронта начально симметричного волнообразного возмущения (по С. П. Курдюмову, Г. Г. Малинецкому, 2003; из работы²⁶)

Математически это означает качественную перестройку поведения: система меняет – с одного до трех – число решений, существующих одновременно.

Однако для *физических*, динамических систем подобная *многозначность* не может иметь смысла, поскольку она означала бы нахождение одной и той же системы одновременно в трех различных состояниях, а с течением времени – эволюцию сразу по трем траекториям, что невозможно. Реальным системам в подобных ситуациях приходится неизбежно «выбирать» какой-то один путь развития из нескольких, теоретически (математически) совершенно равноправных» (²⁶, с. 258-259).

Иначе обстоит дело при рассмотрении процесса на стреле времени T . В том же, что и для рис. 4.4, «латеральном» варианте он соответствует профилю *бегущей волны*, показанному на рис. 4.5. Однако при достижении пре-

дельного значения Z будет реализован переход на уровень, располагающийся выше пунктирной линии на рис. 4.5 – и процесс начнется сначала.

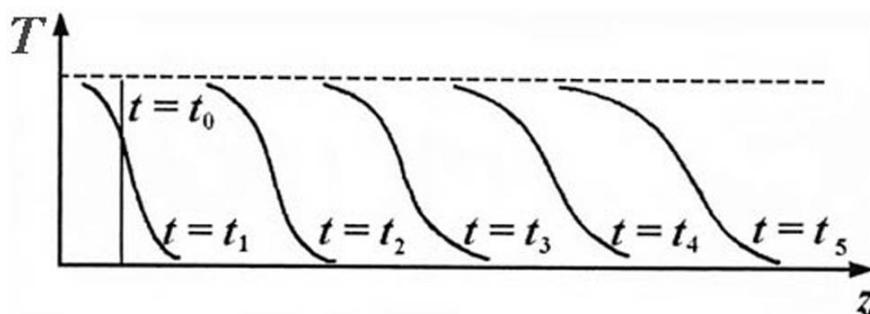


Рис. 4.5. Трансформация профиля бегущей волны плотности популяции с течением времени для нелинейного уравнения диффузии: $\frac{dx}{dt} = D \frac{d^2x}{dx^2} + x(1-x)$ (⁴⁵, с. 90)

Нетрудно заметить, что приведенный пример по сути иллюстрирует самоорганизованную критичность (СОК), которая вкратце была описана выше (см. п. 3.1). Одновременно это позволяет согласиться еще с одним представлением, сформулированным как **процесс прерывистого равновесия**¹²⁵. Под ним понимается чередование стабильного состояния (стазиса) объекта (вида в биологии) и его быстрого обновления или замены новым. Данное явление описано в начале 1970-х годов американскими палеонтологами Н. Элдриджем и С. Гулдом при изучении эволюции девонского ряда трилобитов штата Нью-Йорк, а затем подтверждено при исследовании одного из подвигов наземной улитки одного из Бермудских островов¹²⁶. Согласно данной модели, эволюция происходит редкими и быстрыми толчками, она как бы пульсирует, а сами толчки составляют по времени доли процента от стазиса (¹²⁵, с. 370). Впоследствии П. Уильямсоном при изучении кайнозойских брюхоногих и двустворчатых моллюсков из мощной толщи пресноводных отложений озера Туркана (Кения) установлено, что после периода стазиса, длящегося в течение 2-3 млн лет, новые виды возникают в интервале от 5 до 50 тыс. лет¹²⁷.

Такие представления стыкуются с сальтационизмом*, первые представления о котором изложены в 1901 г. Хугоде Фризом, а затем развиты генети-

* Сальтационизм (лат. saltus – скачок) – группа эволюционных теорий, согласно которым видообразование происходит очень быстро – в течение нескольких поколений. В частности, объясняет неполноту палеонтологической летописи в отношении отсутствия переходных ископаемых форм // ru.wikipedia.org.

¹²⁵ Назаров В. И. Эволюция не по Дарвину: Смена эволюционной модели: учеб. пособие. М.: Изд-во ЛКИ, 2007. 520 с.

¹²⁶ Eldredge N., Gould S. J. Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism // Models in paleobiology. San-Francisco: Freeman a. Cooper, 1972. P. 82-115.

¹²⁷ Williamson P. G. Paleontological documentation of Speciation in Cenozoic mollusk from Turkana basin // Nature. 1981. Vol. 293. P. 437-443.

ком Р. Б. Гольдшмидтом (1930-е годы), а с конца 1980-х годов – В. Н. Стегнием. Такой синтез хорошо прослеживается в следующей цитате: «Прерывность – один из универсальных законов природы, а непрерывность, как известно, складывается из огромного количества скачков, на первый взгляд могущих оказаться незаметными» (¹²⁵, с. 131).

Продолжая рассмотрение явления гистерезиса, обратимся к оценке аттракторов, начатой в конце п. 3.1 (см. рис. 3.6, с пояснениями). Вначале приведем типичные «портреты» в окрестностях точек равновесия, показанные А. Пуанкаре в конце XIX в. (рис. 4.6). Все более сложные случаи превращаются в показанные, при общем малом изменении системы (см. выше).

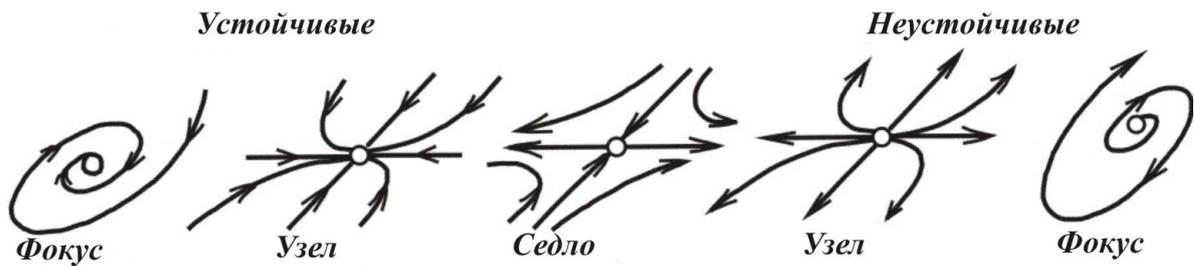


Рис. 4.6. Типичные фазовые портреты в окрестности точки равновесия (⁵⁰, с. 17):

- устойчивый фокус – точка, определяющая состояние системы, совершающей затухающие колебания и асимптотически приближающейся к состоянию равновесия;
- устойчивый узел – точка, определяющая состояние системы, аperiodически приближающейся к состоянию равновесия;
- неустойчивый узел – точка, определяющая состояние системы, аperiodически удаляющейся от состояния равновесия;
- неустойчивый фокус – точка, определяющая состояние системы, совершающей колебания растущей амплитуды и удаляющейся от состояния равновесия;
- седло – особая точка с неустойчивым режимом

На рис. 4.7 показан процесс обращения вектора движения в неустойчивое, но равновесное состояние, на примере фазового пространства системы, описывающей взаимоотношения хищника и жертвы (щук и карасей)⁵⁰. Фазовое пространство – положительный квадрант плоскости. По оси абсцисс отложено число карасей, по оси ординат – щук. Точка P – положение равновесия. Точка A соответствует равновесному количеству карасей при количестве щук, меньшем равновесного. Видно, что с течением времени в системе устанавливаются колебания; равновесное состояние, показанное на рис. 4.7, *неустойчиво*. Установившиеся колебания изображаются замкнутой кривой на фазовой плоскости. Эта кривая называется *предельным циклом*.

Наконец, покажем перестройку семейства фазовых кривых на плоскости (рис. 4.8). Устойчивое положение равновесия («узел») сталкивается при изменении параметра с неустойчивым («седлом»), после чего оба исчезают. В момент слияния на фазовой плоскости наблюдается картина необщего положения («седло – узел»).

Рис. 4.7. Фазовая плоскость модели хищник – жертва (⁵⁰, с. 17)

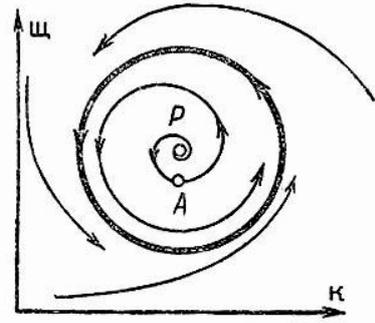
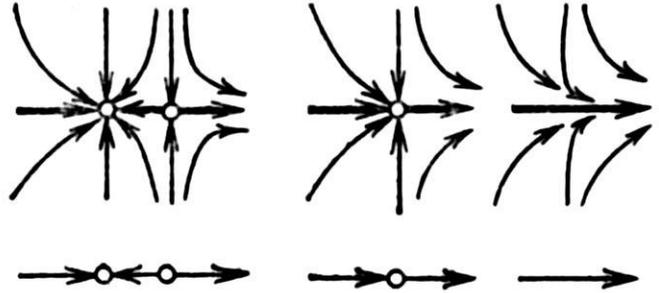


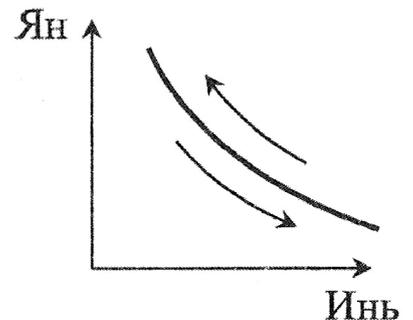
Рис. 4.8. Седло – узел: типичная локальная бифуркация в однопараметрическом семействе (⁵⁰, с. 21)



Перестройка происходит только по оси абсцисс, «надстраиванием» оси ординат. «Оказывается, вообще все перестройки положений равновесия в общих однопараметрических системах получаются из одномерных перестроек аналогичным надстраиванием» (⁵⁰, с. 21). Очевидно, что этим суждением мы вернулись к явлению, описываемому гистерезисом, т. е. переходом на следующую ступень или уровень того же порядка **скачком**, при малом изменении управляющего параметра (см. рис. 4.1 – 4.4). Рассуждая образно, мы имеем дело с переходом от бифуркации по линии на бифуркацию в плоскости (рассуждений).

Схематично и образно явления изменений и перестроек описаны Д. А. Армандом в уже цитированной ранее работе⁴⁷. Им отмечено, что «Медленное накопление скрытой неравновесности, энергии будущего саморазрушения сложившейся конструкции – это и есть эволюция «мирного», межкризисного периода. На графике (рис. 4.9) это выглядит как разбегание стрелок процессов усиления Ян и усиления Инь в противоположные стороны».

Рис. 4.9. Изменение термодинамической системы в период межкризисного развития⁴⁷. **Ян** – параметры порядка статической структуры системы, **Инь** – параметры согласованности скоростей (скаляров) движения. Стрелки указывают направление одновременного изменения параметров структуры и движения



Чем дальше к краям гиперболы (см. рис. 4.9) расходятся свойства системы, тем ближе кризис. Если генетическая память системы велика, она после частичной деградации возрождается к жизни в прежнем виде, и история повторяется сначала. Чаше же след кризиса сохраняется в каких-то новшествах. Формально это выглядит как качественный скачок, переход на новую константу, новую гиперболу на графике (рис. 4.10).

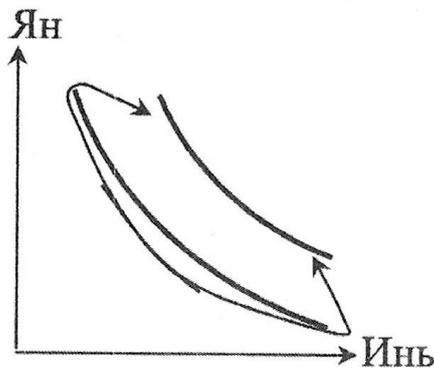


Рис. 4.10. Изменение системы в период кризиса⁴⁷. Происходит переход на новую константу. Обозначения см. на рис. 4.9

А. Д. Арманд приходит к выводу, заслуживающему подробного цитирования. «Содержание эволюции в таком понимании – в достижении неустойчивости, чтобы потом вернуть устойчивость с новой константой. Многократное повторение сдвига, перехода на новый уровень совершенства одновременно с восстановлением равновесия породили образ **спиральной траектории** эволюции, ... прохождение через ряд критических точек. Главной причиной этого «бега с барьерами», очевидно, следует считать не воздействия со стороны, а **самопроизвольный** (выделено нами. – В. А.) сдвиг систем до предела в сторону Ян и одновременно Инь» (⁴⁷, с. 307-308).

Перечисленное выше, включая перестройки «надстраивания», относилось к одному уровню организации изучаемой системы. **Разноуровневость** объектов и (или) процессов в системах иерархического строения, характеризующихся соподчиненностью своих элементов, была рассмотрена в предыдущих главах – как в общих чертах (см. табл. 1.3), так и детально, на примерах фрактальной геометрии (см. п. 2.1). В последнем случае определено, что «фрактальная размерность является информационной мерой для процессов самоорганизации» (²², с. 138). Более того, «Фрактальность есть одна из форм иерархичности, а фрактальная размерность – ее численное выражение. ... Самоподобие на различных масштабных уровнях связано с автокаталитической природой процессов самоорганизации: структуры первого поколения служат зародышем структур второго и т. д., то есть отдельные части системы служат матрицей, мультиплицируемой на следующих уровнях. Именно поэтому процессы самоорганизации порождают самоподобные фрактальные структуры» (²², с. 137-138).

В приведенных ранее примерах иерархического деления объектов речь шла исключительно о морфометрическом и морфографическом подходах

(см. рис. 1.4). В этом плане понятие «инвариант»^{*} сводится к простейшему числовому выражению или графическому отображению, связанному с повторами элементарных конструкций.

В рамках морфоструктурного (см. рис. 1.4) подхода, с элементами морфогенезиса, уровневость или иерархия нагляднее всего реализуется в понятии цикличности, пронизывающей все материальные объекты и порождающие их процессы. Циклы, как и всякая вещественная единица, существуют во времени и пространстве. В зависимости от этого и проявляются их основные черты: направленность изменения и повторяемость связаны с временем существования, а порядок и протяженность выявляют их пространственные качества и связи. При этом очевидно, что циклический характер седиментации с ее сложной многопорядковостью на фоне общей эволюции осадконакопления – процесс, развивающийся не по кругу, а по **сложной спирали** (см. приведенное выше определение Д. А. Арманда), когда кажущееся возвращение к исходной точке происходит уже на другом уровне, на фоне общего развития процесса во времени. Каждый цикл – это как бы «виток» спирали. Группа витков образует цикл следующего порядка, несколько таких групп – цикл еще более высокого порядка. Такой характер развития придает новые качественные отличия, индивидуальные черты каждому литоциклу, выявляя связь литоциклов с общей эволюцией процесса седиментации. Такое заключение было сделано 20 лет тому назад (⁵⁷, с. 212-213), причем оно опиралось на суждения, высказанные Л. Н. Ботвинкиной еще в 1963 г.

На этом «фоне» особенно важной выглядит независимая, «внешняя» проверка данных представлений. Ею является модель, заимствованная из работы, относящейся к совершенно иной области знания и отражающая самоорганизацию в развитии общественных (!) систем¹²⁸. Ее использование в наших построениях, прежде всего дает верификацию общеизвестной «всюдности» синергетических представлений, что само по себе является аксиоматичным. Что же касается самой модели, изображенной на рис. 4.11, можно отметить, что она наследует принципы, впервые подробно изложенные Н. Д. Кондратьевым³², проецируя их на сегодняшние реалии.

Нам остается лишь привести развернутую цитату из использованной работы, которая как пояснит приведенную модель (см. рис. 4.11), так и не только верифицирует выполненные выше рассуждения, но и отточит их модельную сущность.

* Инвариант, инвариантность (фр. invariant – неизменный; из in – не, без + лат. varians – различающийся, меняющийся, либо varius – разный, пятнистый) – термины, обозначающие нечто неизменное // ru.wiktionary.org.

¹²⁸ Чистилин Д. К. Самоорганизация мировой экономики: Евразийский аспект. М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2006. 237 с.

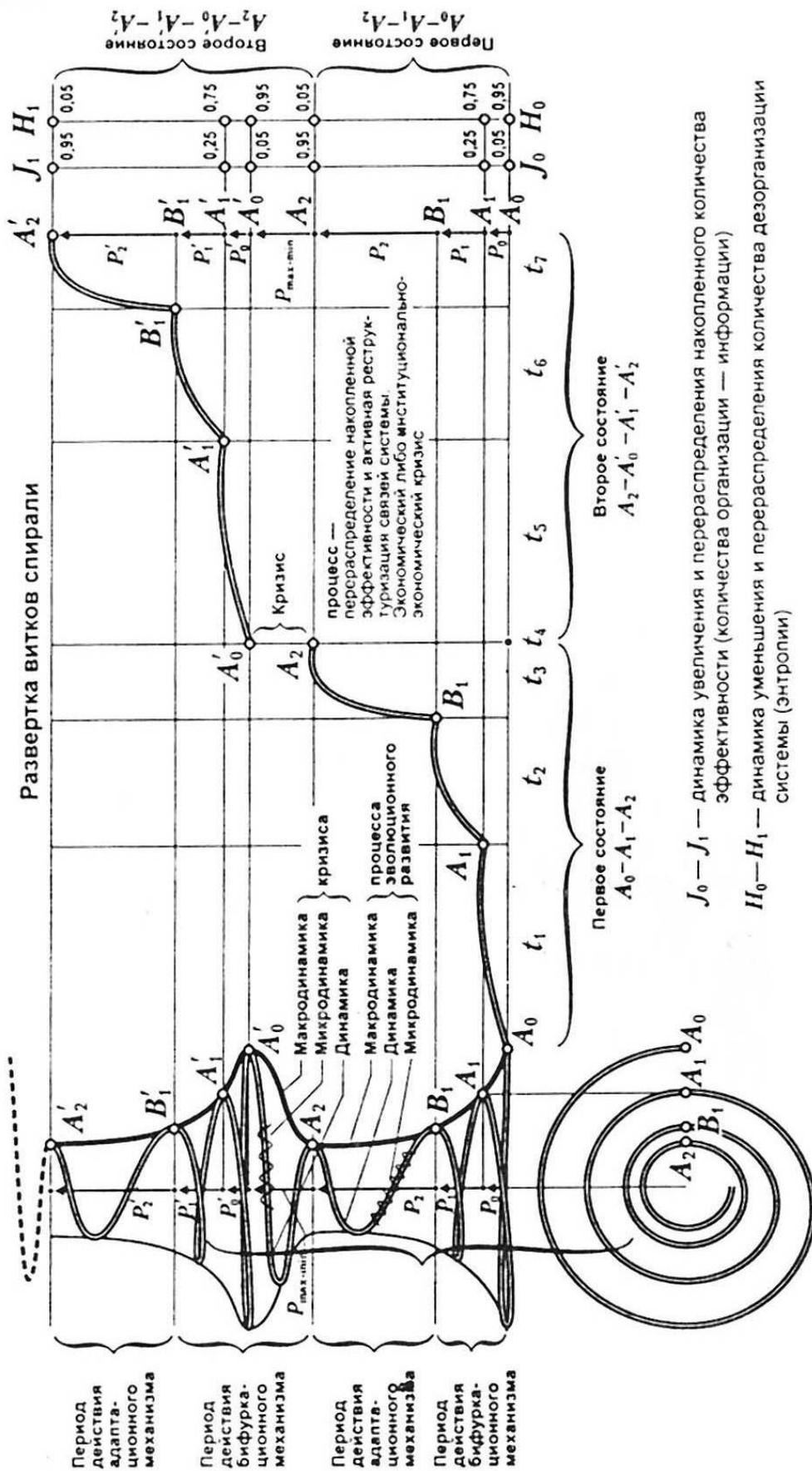


Рис. 4.11. Модель самоорганизации и развития абстрактной общественной системы из состояния $A_0 - A_1 - A_2$ в состояние $A'_0 - A'_1 - A'_2$;
 $J_0 - J_1$ — динамика увеличения и перераспределения накопленного количества эффективности (количества организации — информации);
 $H_0 - H_1$ — динамика уменьшения и перераспределения количества дезорганизации системы (энтропии)*

* Энтропия (др. греч. entropia — поворот, превращение) — в естественных науках мера беспорядка системы, состоящей из многих элементов //ru.wikipedia.org.

«Развитие состоит из макроциклов. Каждому макроциклу соответствует динамически равновесное состояние. В данном случае это равновесное состояние первого макроцикла развития ($A_0-A_1-A_2$), которое переходит во второй макроцикл развития и второе равновесное состояние ($A_0'-A_1'-A_2'$) соответственно.

Микродинамика – это краткосрочные колебания, флуктуации вокруг устойчивой траектории развития, обусловленные различными сочетаниями противоположных трендов ... Траектория развития связывает текущие состояния динамического равновесия, вокруг которых происходят флуктуации.

Динамика – это траектория развития ... системы, связывающая состояния системы в точках A_0, A_1, B_1, A_2 , показывающая изменение количества ее организации в процессе эволюционного развития (P_0, P_1, P_2), отраженная во времени (t_1, t_2, t_3).

Макродинамика – это траектория одного макроцикла эволюционного развития ... системы, выражающая суть длинных волн. Волна отрезка A_1B_1 переходит в волну отрезка B_1A_2 . В последовательности две волны составляют один макроцикл. Переход одной сходящейся спирали (см. выше. – В. А.) в другую показывает преемственность макроциклов развития на основании закона сохранения накопленной эффективности. В период времени t_4 , соответствующий отрезку A_2A_0 , происходит активный процесс трансформации – *перехода накопленного количества организации в предыдущем цикле в количество дезорганизации последующего*» (¹²⁸, с. 96-98).

4.2. Иерархичность в геологии

В п. 1.2 мы достаточно подробно показали существенные отличия в «общегеологических» и седиментологических представлениях об уровнях организации геологических тел (см. табл. 1.3). В первых чаще всего породы (3-й ранг) непосредственно слагают геотформации (5-й ранг). В лучшем случае допускается некоторый паллиатив в виде признания парагенераций пород, т. е. устойчивого сонахождения таковых. Однако в самостоятельный уровень данные парагенерации не обособляются. Косвенным примером высказанному суждению служит и работа²⁹ (см. аннотацию к ней в п. 2.2). Исследуя отчетливо структурированные объекты, авторы зафиксировали фрактальность в их строении и площадном размещении (на базе морфометрии и отчасти морфоструктуры), но не смогли оценить морфологию в полном понимании данной характеристики (см. рис. 1.2).

Тем самым во втором разделе данного эссе мы вынуждены обращаться почти исключительно к примерам из литологии, за неимением таковых для очень важного 4-го, надгорнопородного или циклического ранга в организации геологических тел иного генезиса. Что же касается осадочных толщ, то здесь строение является *важнейшей субстанцией* их организации, по образному выражению В. Н. Шванова⁷⁴.

Цикличность осадочных толщ

Цикличность вообще, и геологических процессов – в частности, рассмотрена с разных позиций в огромном количестве работ. Уделили ей внимание и мы, посвятив отдельный этюд под названием «Мыслить циклами» в работе⁵, а также основную часть монографии по тюменской свите Шаимского нефтегазоносного района Западной Сибири³⁶. Поэтому, не вдаваясь в разбор проблемы, ограничимся индуктивно выведенными утверждениями, изложенными Л. Н. Ботвинкиной в работе⁵⁷.

«Литоциклы^{*}, как всякая вещественная единица, существуют во времени и пространстве. В зависимости от этого и проявляются их основные черты: направленность изменения и повторяемость связаны с временем существования, а порядок и протяженность выявляют их пространственные качества и связи. Циклический характер седиментации с ее сложной многопорядковостью на фоне общей эволюции осадконакопления – процесс, развивающийся не по кругу, а по сложной спирали, когда кажущееся возвращение к исходной точке происходит уже на другом уровне, на фоне общего развития процесса во времени. Каждый цикл – это как бы «виток» спирали. Группа витков образует цикл следующего порядка, несколько таких групп – цикл еще более высокого порядка. Такой характер развития придает новые качественные отличия, индивидуальные черты каждому литоциклу, выявляя связь литоциклов с общей эволюцией процесса седиментации (⁵⁷, с. 212-213).

В табл. 4.1 приводится иерархия цикличности разного характера, которая отчасти уже была разобрана во второй главе (см. рис. 2.17, 2.18, 2.19, 2.32). Как отчетливо следует из приведенных данных, вопрос одновременно и достаточно прост, и весьма сложен. Это полностью соответствует неклассической парадигме, когда ответ природы спрашивающему человеку зависит как от свойств изучаемого объекта, так и от способа вопрошания, контекста самого вопроса (см. табл. 1.1). Отсюда следует неоднозначность ответов во многих случаях, диктующая необходимость признания нелинейности рассматриваемых процессов и порождаемых ими объектов. Тем самым можно констатировать замыкание герменевтической петли познания анализируемых событий.

* Термин предложен Л. Н. Ботвинкиной в 1978 г. По сути тождествен циклотеме (cyclothem) и обладает преимуществами по сравнению с укоренившимся циклитом (⁵, с. 52; ⁵⁷, с. 14). Впрочем, как показано в той же работе⁵⁷, вполне можно использовать и обычное понятие «цикл», имея в виду его «породное» наполнение. Под литоциклом (ЛЦ) понимается (полное определение) «... комплекс различных отложений, генетически связанных направленностью изменения их признаков сначала в одном, а затем в противоположном направлении; эти комплексы повторяются в циклически построенном разрезе, но не однозначно, так как смежные циклы имеют не только черты сходства, но и черты различия, обусловленные общей эволюцией осадконакопления; литоциклы выдерживаются в пространстве и могут быть прослежены на площади, определяемой особенностями формирования, а также порядком цикла» (⁵⁷, с. 139).

Сравнение различных стратиграфических единиц (СЕ) (⁵⁷, с. 180-181)

Характеристика СЕ	Периодически повторяющиеся СЕ			Стратиграфические подразделения (с дополнениями «над» или «под»)	
	Литоциклы (ЛЦ) высшего ранга (с дополнениями «супер» и «суб»)	Литоциклы низшего ранга	Литоритмы (ЛР)	Общие стратиграфические и геохронологические	Местные
Название	Эрацикл, гигацикл, магнацикл (перацикл), мегацикл (эпоцикл), мидцикл (векоцикл)	Цифровая нумерация по порядку (начиная «снизу вверх» от элементарного ЛЦ 1-го порядка)	Литоритмы разных порядков (начиная с 1-го)	Группа (эра), подгруппа (подэра), система (период), отдел (эпоха), ярус (век)	Серия, свита, пачка, горизонт и др.
Основной принцип выделения	Направленное изменение условий седиментации, смена формаций, этапы трансгрессий и регрессий моря, соотношение с крупными тектоническими и климатическими циклами	Направленное изменение условий седиментации, попеременная смена фаций и генетических типов. Синхронная тектоника + климатические колебания	Сходное повторение небольшого количества элементов разреза	Смена комплексов фауны и флоры на фоне их необратимого развития + орогенез	Сходство разных принципов и пород внутри СЕ и различие смежных СЕ
Признаки СЕ: границы СЕ	Чаще резкие или отчетливые	Различные: постепенные переходы, отчетливые, резкие	Резкие или отчетливые	Обычно достаточно резкие	Резкие или отчетливые, реже постепенные переходы
состав смежных СЕ	Сходные, но не одинаковые	В пределах одной ветви ЛЦ следующего порядка — сходные, но не одинаковые	Сходные	Различные	Различные
условия седиментации внутри СЕ	Направленно-изменяющиеся	Направленно-изменяющиеся	Чаще направленно-изменяющиеся	Различные	Более или менее сходные
Возможность прослеживания на площади и сопоставления разрезов	Могут прослеживаться и сопоставляться	Прослеживаются и сопоставляются тем дальше, чем выше порядок (но обычно в пределах какого-либо региона)	Прослеживаются от очень локальных до больших расстояний (в зависимости от типа ритмичности)	Прослеживаются и сопоставляются глобально	Прослеживаются и сопоставляются в пределах большего или меньшего региона
Соотношение стратиграфических подразделений и литоциклов	Могут сопоставляться (по объему) с общими стратиграфическими подразделениями	Могут совпадать (полностью или частично) с местными стратиграфическими подразделениями	Различные (в зависимости от типа и порядка ритмов)	Могут частично сопоставляться с ЛЦ высших рангов	Различные
Время формирования	От единиц до сотен миллионов лет	От единиц до сотен тысяч лет	От единиц до сотен (реже тысяч) лет	—	—

Отдельно остановимся на, казалось бы, весьма частном вопросе – как обозначать (нумеровать) циклы. Чаще всего им дается цифровая (римская или арабская) нумерация. При этом, естественно, используется два противоположных направления: а) от большего к меньшему (и, соответственно, наоборот); б) снизу вверх или, напротив, сверху вниз. При нумерации «от большего к меньшему», свойственной прежде всего геотектоническим работам, первым порядком считается наиболее крупный цикл, выделенный в данном районе и в пределах изучаемого разреза, который затем расчленяется на более мелкие циклы низших порядков. При такой системе элементарный цикл получает *n*-й порядок, причем его номер будет различным в разных

районах в зависимости от конкретных условий, а также от того, с какой части разреза начинается выделение литоциклов. Здесь уместно заметить: если исследования в дальнейшем охватят большую мощность разреза (в том же регионе), то могут быть выделены циклы более крупного порядка, чем цикл, определенный как цикл 1-го порядка, и тогда возникает вопрос, как же следует нумеровать эти более крупные циклы при системе обозначения «сверху вниз»? (Примеры этого мы неоднократно видели). Поэтому рекомендуется цифровую нумерацию рангов давать от меньшего к большему, или «снизу вверх», обозначая порядки литоциклов арабскими цифрами.

Если по каким-либо причинам исследователь все же вынужден применять для циклов низших порядков такую нумерацию «от большего к меньшему», по мере их детализации, то их рекомендуется нумеровать римскими цифрами. Таким образом, сразу будет очевидна система, принятая автором, и станет более легким сопоставление конкретного материала разных регионов.

Схематически это показано в табл. 4.2, где видно, что номер порядка литоцикла, выделенного в одном районе (они обозначены буквами), может не совпадать с таким же порядковым номером литоцикла, выделенного в другом районе. Вместе с тем видна возможность стратиграфического сопоставления литоциклов, выделенных при разной системе нумерации. Так, например, литоцикл 1-го порядка в районе «Г» может соответствовать литоциклу 2-го порядка в другом районе «В» (по разным причинам, в том числе в результате расщепления). С другой стороны, мы можем установить, что, например, литоцикл II порядка в районе «Б» может соответствовать литоциклу 3-го порядка в районе «В» (где работали другие исследователи, применяющие иную систему нумерации).

Таблица 4.2

Примеры возможной нумерации порядков литоциклов в разных районах и их сопоставление (⁵⁷, с. 183)

А*	Б*	В**	Г**
?			
I			5
II	?	5	4
III	I	4	3
IV	II	3	2
	III	2	1
	IV	1	

* Нумерация «сверху вниз», от большего порядка к меньшему.

** Нумерация «снизу вверх», от меньшего, элементарного, порядка к большему.

Ярким примером правильности индексации однопорядковых слоев является маркировка, выполненная Л. И. Лутугиным и др. при геологической съемке Донецкого бассейна в конце XIX в. После длительного подготовительного периода была разработана схема индексации угольных пластов и слоев известняка, которая продолжает использоваться в настоящее время.

Неудачной можно считать индексацию комплексов в юрских отложениях Западной Сибири. Здесь она была проведена «сверху вниз». Коллектору, обнаруженному впоследствии над самым верхним, обозначенным как Ю₁, пришлось присвоить индекс Ю₀, а еще выше – совсем несуразный индекс Ю_{Ач}.

Завершив «индексационное» отступление, возвратимся к анализу цикличности в осадочных толщах. Прежде всего, обратим внимание на то, что все изложенное как нельзя лучше сопоставляется с закономерностями, которые были приведены выше (см. п. 2.1), и теперь они получают завершенный вид, приводимый на рис. 4.12. Здесь отчетливо проявляется тесное взаимодействие учения о цикличности и основ синергетики.

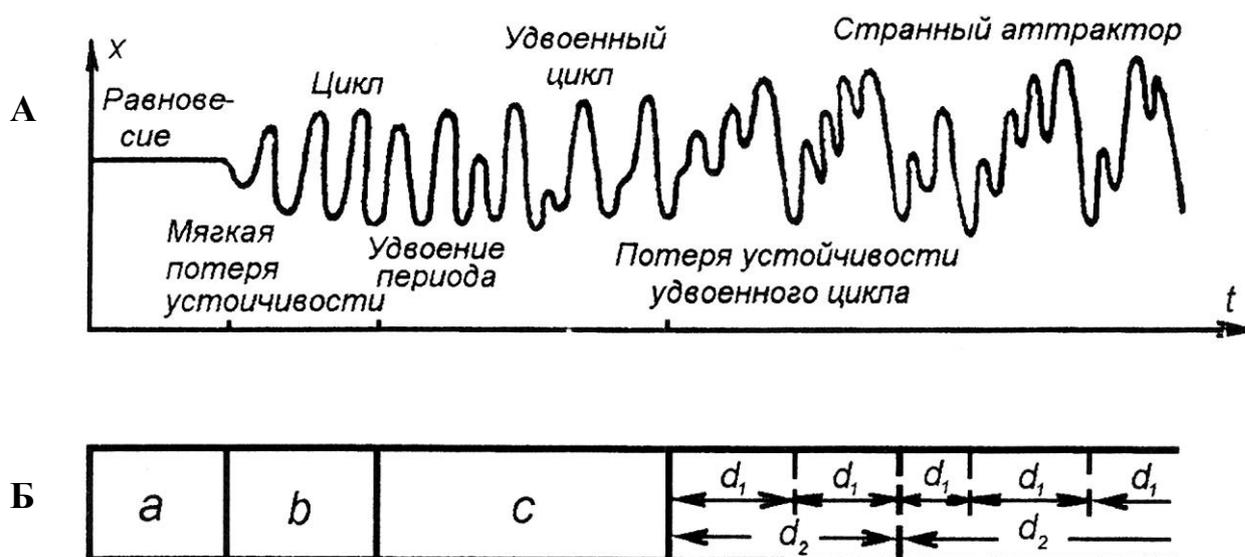


Рис. 4.12. Сценарий хаотизации (А), по В. И. Арнольду (⁵⁰, с. 25), и режимы осадконакопления (Б): *a* – монотонные толщи; *b* – ритмиты, литоритмы (см. рис. 2.32); *c* – циклиты, гемициклы; *d* – литоциклы I (d_1) и II (d_2) порядков (см. рис. 2.19)

Вернемся к переходам активных элементов, которые были изображены на рис. 2.6. На рис. 4.13 приведены схемы распространения волн в соответствующих цепочках. В п. 2.3 мы уже отметили полное соответствие ритмичности схеме с автоколебательным режимом («в» на рис. 2.6 и 4.13). Это ритмиты и литоритмы на рис. 4.12. Цепочка же возбудимых элементов («б» на рис. 2.6 и 4.13) – не что иное, как **циклы**, в своем пределе (lim) соответствующие режиму странного аттрактора (см. рис. 4.12). «Уровненный» переход состояний в последовательные интервалы времени (t_1, t_2, t_3) по существу уже описан нами выше, при характеристике гистерезиса (см. рис. 4.3). Остается вернуться к схеме «а» на рис. 2.6 и 4.13. В работе⁵³ она охарактеризована так для цепочки из бистабильных элементов. «Естественно предположить, что в ней воздействие друг на друга оказывают лишь соседние элементы. В простейшем случае элементы, находящиеся в одинаковых состояниях, не влияют

друг на друга. Если же состояния двух соседних элементов различны, они взаимодействуют. Элемент, находящийся в менее устойчивом (метастабильном) стационарном состоянии, переходит в более устойчивое состояние – такое же, что и у его соседа. Нетрудно убедиться, что в результате по цепочке бистабильных элементов распространяется *волна переключения* из метастабильного в абсолютно устойчивое состояние». Нам также нетрудно заметить, что такой переход характерен для распространенного и преобладающего в геологии представления о том, что формации сложены горными породами (см. табл. 1.3), или ранг 3-й переходит в ранг 5-й.

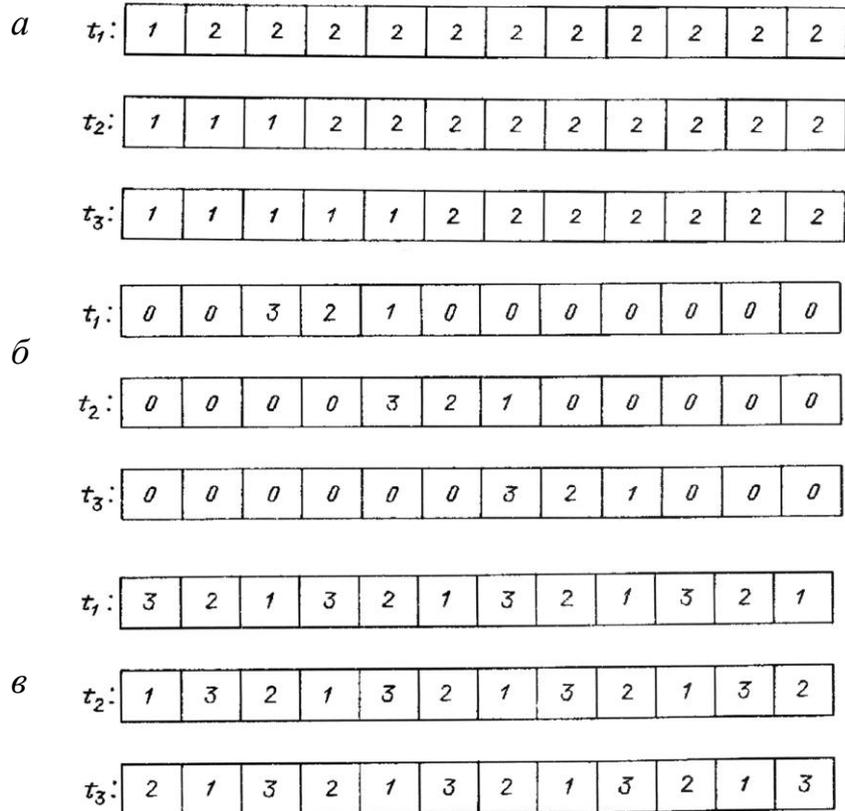


Рис. 4.13. Схемы переходов состояний активных элементов, показанных на рис. 2.6, в последовательные моменты времени t_1 , t_2 и t_3 ⁵³:

a – волна переключения в цепочке бистабильных элементов; *б* – волна возбуждения в цепочке из возбудимых элементов; *в* – фазовая волна в цепочке из автоколебательных элементов

Представляется важным подчеркнуть, что изложенное проистекает из нашего понимания цикличности с **генетических** позиций. Как указано в статье Ю. А. Жемчужникова, отражающей его доклад на 1-м Всесоюзном съезде геологов-угольщиков, состоявшемся в 1944 г.: «Цикличность без углубленного фациального анализа – лишь формальный механический прием. Анализ фаций без цикличности – как вышивка без канвы – лишен направляющего стержня. Только сочетание этих двух принципов делает усилия плодотвор-

ными и ведет к развитию каждого в отдельности»¹²⁹. Однако в практике работ чаще всего преобладает метрический или структурный подход, пример которого приведен на рис. 4.14.

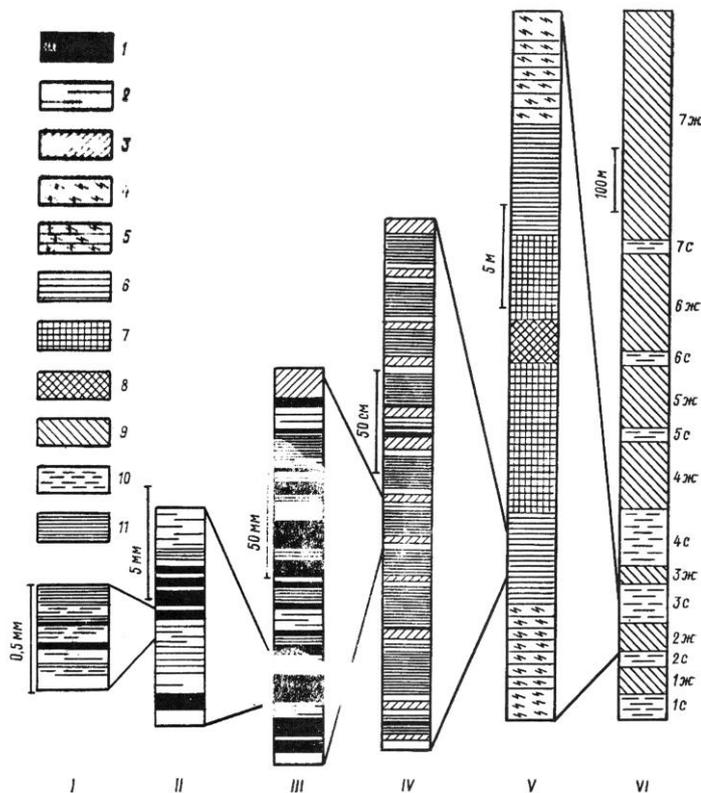


Рис. 4.14. Схематическое изображение разнопорядковой цикличности и «вложения» циклов разного размера (разного порядка) друг в друга¹³⁰:

1 – магнетит-карбонатные породы; 2 – кварц; 3 – силикат-карбонатные и силикатные породы; 4 – железистые сланцы; 5-8 – кварциты: 5 – магнетит-силикат-карбонатные, 6 – силикат-карбонат-магнетитовые, 7 – магнетитовые, 8 – гематит-магнетитовые; 9 – железистые горизонты; 10 – сланцевые горизонты; 11 – смешанные рудно-кварцевые и кварц-рудные слоевые ассоциации. I-IV – порядок вложения мелких циклов в крупные

Приведенными на рис. 4.14 материалами мы переходим на следующий уровень рассуждений, особенно важный именно для надгорнопородного или циклического уровня организации геологических тел. Вначале укажем, что известно довольно большое количество попыток создания «сквозных» структурных иерархий объектов – от микронных (наноуровневых) до галактических. Так, С. Л. Афанасьевым установлено 33 класса (порядка) циклитов – от частоты взмахов крыльев колибри до мегакомплекса земной оболочки¹³¹. Его

¹²⁹ Жемчужников Ю. А. Цикличность строения угленосных толщ, периодичность осадконакопления и методы их изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1947. С. 7-18 (Тр. ИГН АН СССР. Вып. 90. Угольная сер. № 2). См. также: Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. Вып. IV (20). С. 321-332.

¹³⁰ Кулик Д. А. Типы ритмической полосчатости саксаганской свиты Криворожского бассейна: Препринт. ИГФМ АН УССР. Киев, 1986. 64 с.

¹³¹ Афанасьев С. Л. Суперкомплекс, 3 мегакомплекса, 9 макрокомплексов и 33 комплекса природных циклов и ритмов // Циклы: материалы Четвертой Междунар. конф. Ч. 3. Ставрополь, 2002. С. 128-155.

более ранняя классификация с выделением 17 уровней, в частности, была использована М. А. Садовским¹³² при изучении автомодельности геодинамических процессов (табл. 4.3). Им установлено, что распределение отдельностей разного масштаба для горных пород – от мельчайших песчинок до континентальных плит – укладываются в отчетливую иерархическую последовательность (рис. 4.15). Приблизительно она описывается геометрической прогрессией с показателем K , варьирующим от 2 до 5. В среднем, как полагает М. А. Садовский, $K \approx 3,5 \pm 0,9$, и существование такого «статистического» постоянства K свидетельствует об автомодельности процессов образования широкого круга объектов и порождающих их процессов. Представляется очевидной связь установленных закономерностей как с фрактальностью объектов, так и с широким проявлением самоорганизации при их формировании (см. п. 2.2). Самим М. А. Садовским в заключение статьи прямо указано следующее: «Может быть, автомодельность – одно из общих свойств единого вселенского процесса самоорганизации материи».

Оценивая диапазон масштабов, в которых наблюдается иерархическое распределение отдельностей вещества, М. А. Садовский отметил, что он огромен – собственно, это и следует из табл. 4.3 и рис. 4.15. Верхняя его граница, возможно, внегалактическая, а «изначальный размер лежит где-то ниже молекулярных масштабов»¹³².

Таблица 4.3

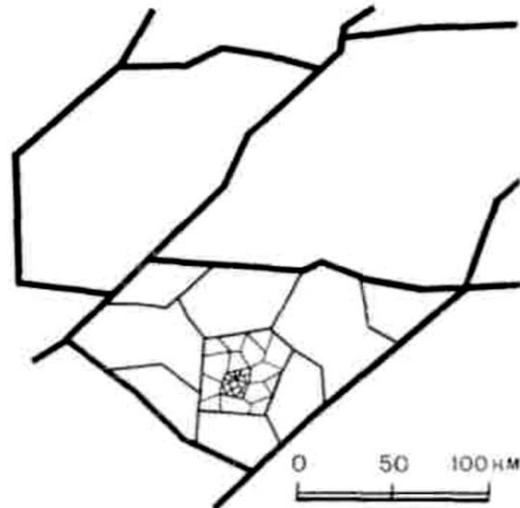
Уровни организации, геологические циклы и их продолжительность
(по С. Л. Афанасьеву, в скобках – дополнения М. А. Садовского¹³²)

Уровень организации	Промежуток времени	Цикл	Средняя продолжительность (T), годы	Класс	Подсистемы	Отношение $T_i : T_{i+1}$
Оболочка	История Земли	Мега	$4,8 \cdot 10^9$	1	Земная кора	3,2
	Мегахрон		$1,5 \cdot 10^9$	2	Оболочка коры	2,4
	Эон		$6,5 \cdot 10^8$	3	Структурный этаж	3,2
	Эпоха		$2,15 - 1,90 \cdot 10^8$	4	Структурный ярус	3,5
Формации	Период	Макро	$58 \cdot 10^6$	5	Комплект	4,1
	Эпоха		$14 \cdot 10^6$	6	Серия	3,8
	Век		$3,7 \cdot 10^6$	6	Свита	4,6
Фацции	Фаза	Мезо	$0,8 \cdot 10^6$	8	Подсвита	4,2
	Пора		$190 \cdot 10^3$	9	Пачка	4,7
	Геомицута		$40 \cdot 10^3$	10	Субпачка	4,2
Слон	Эпизод	Микро	$9,5 \cdot 10^2$	11	Павет	5,3 (5,3)
	Полисекунда		$1,8 \cdot 10^2$	12	Сложный полислои	8,2 (3,0)
	Геосекунда		$(0,6 \cdot 10^2)$	(12а)	Палеомагнетизм	(2,7)
Слойки	Вековой наночикл	Нано	$0,22 \cdot 10^3$	13	Простой полислои	3,7 (3,7)
	Солнечный наночикл		80,0	14	Слоек	4,6
	Геотерции		13,0	15	Сложный слоек	3,7
	Год		3,5	16	Простой полислоек	3,5
	Год		1,0	17	Пара слойков	–

¹³² Садовский М. А. Автомодельность геодинамических процессов // Вестник АН СССР, 1986. № 8. С. 3-11.



Рис. 4.15. Борт карьера для добычи горной породы с ярко выраженным блочным строением породы (слева) и схема строения горной породы, крупные блоки которой являются системами меньшего масштаба, как бы вложенными одна в другую¹³²



Скольжение геологических тел миграционной природы

Данному вопросу (аналогично цикличности) нами в работе⁵ был посвящен 4-й этюд «Скользящие коллекторы». В основном в нем рассматривался закон Н. А. Головкинского и вытекающие из него последствия для терригенных толщ. Основы закона Головкинского изложены в работе этого разностороннего геолога, изданной 140 лет назад¹³³. Сам закон спустя четыре года сформулирован А. А. Иностранцевым и в строго методологической интерпретации выглядит следующим образом: «Фациальные разновидности осадочной породы любого бассейна седиментации сменяются по стратиграфической вертикали в том же порядке, как и по горизонтали»¹³⁴.

Важнейшим следствием указанного закона, «переоткрытого» через четверть века И. Вальтером и за рубежом известного под именем последнего, является возрастное скольжение слоев, то есть их обязательная диахронность при миграционном (по Н. Б. Вассоевичу) механизме слоеобразования. Это

¹³³ Головкинский Н. А. О пермской формации в центральной части Камско-Волжского бассейна. СПб., 1868. 143 с. См. также: Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. Прилож. к вып. III (19). С. 26-183 (репринтное воспроизведение).

¹³⁴ Романовский С. И. Физическая седиментология. Л.: Недра, 1988. 240 с.

явление детально проанализировано в работах С. И. Романовского (¹³⁴ и др.), в наиболее завершённом виде отобразившего такой механизм в виде «спредингвого осадочного конвейера». Показом смещения слоев именно в масштабах геологического времени снимается «внешнее» кажущееся противоречие данного следствия из закона Головкинского основополагающему стратиграфическому принципу Н. Стенона или закону суперпозиции: в ненарушенной последовательности осадочных слоев верхний слой моложе того, на котором он залегает, или временные отношения между геологическими телами определяются их первичными пространственными отношениями. «Внутреннее» противоречие, заключающееся в последовательном смещении по вертикали и латерали соседних фациальных зон, легко снимается с признанием **огромной роли внутри- и межслоевых перерывов (диаستم), на долю которых зачастую приходится основная часть того же геологического (см. выше) времени, отведенного на осадконакопление**^{5, 134}. Здесь легко прослеживается проявление «прерывистой непрерывности», о которой шла речь выше.

Приведем новый литологический «импульс» в развитии идей Н. А. Головкинского, принадлежащий С. О. Зориной^{135, 136}. На рис. 4.16 приведена *эвстатическая** временная модель (ЭВМ), которая показывает процесс формирования *цикла* при отсутствии тектонических подвижек (s.l.), способных повлиять на смещение фациальных обстановок. Сразу отметим, что именно такая модель и соответствует «классическим» представлениям Н. А. Головкинского¹³³. Кстати, это подтверждают и своеобразные конфигурации «чечевиц» в полях кривых *C* и *D* (см. рис. 4.16).

Исходя из геологических реалий, С. О. Зориной определено, что важнейшим из факторов, которые «накладываются» на эвстатические колебания, является *эпейрогенический***. Кстати, дополним здесь, что вполне может быть и «обратная» картина, когда именно эпейрогения либо иные тектонические процессы определяют эвстатические колебания. ЭВМ, осложненная влияниями вертикальных тектонических подвижек, – тектоно-эвстатическая модель (ТЭВМ), рассмотренная при равномерном прогибании и воздымании дна, приведена на рис. 4.17.

* Эвстатические (греч. eu – хорошо, полностью; stasis – стояние на месте, покой) – повсеместно прослеживаемые медленные изменения уровня Мирового океана и связанных с ним морей // dic.academic.ru.

** Эпейрогения (греч. epeiros – материк, суша; genesis – происхождение) – медленные, длительные поднятия или опускания обширных участков земной коры (син.: колебательные движения) // enc.sci-lib.com.

¹³⁵ Зорина С. О. Об относительной скорости геологических событий и диахронности лито- и биостратиграфических границ в готерив-аптских отложениях востока Русской плиты // Меловая система России и ближнего зарубежья. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2007. С. 89-98.

¹³⁶ Зорина С. О. Среднеюрские и палеоценовые осадочные последовательности востока Русской плиты (тектоно-эвстатический и литолого-генетический аспекты формирования полезных ископаемых): автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Казань, 2011. 44 с.

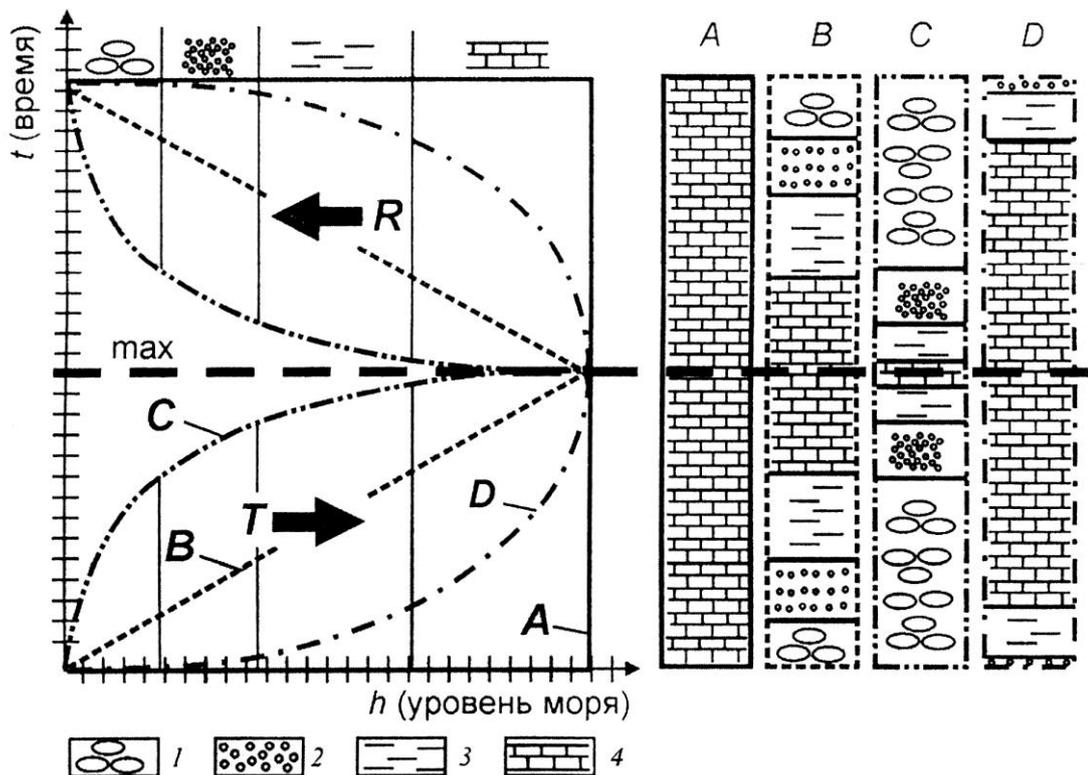


Рис. 4.16. Генерализованная временная модель одностадийного эвстатического цикла и зависимость литологического строения разрезов от изменения скорости эвстатических колебаний^{135, 136}.

h – уровень моря в абсолютных единицах; t – время; T – трансгрессивная часть цикла; R – регрессивная часть цикла; 1-4 – фациальный переход от грубых осадков к тонким илам; A-D – проекции на временную ось этапов формирования осадков: при A – мгновенном повышении и последующей стабилизации уровня моря; B – равномерном повышении уровня моря; C – медленном и последующем быстром повышении уровня моря; D – быстром и последующем медленном повышении уровня моря

Из приведенной на рис. 4.17 модели следует: «если прогибание дна идет с той же равномерной скоростью, что и повышение уровня моря, то за время t сформируется последовательность слоев, в которой фациальный спектр будет смещен на одну фазию в направлении более глубоководных осадков. При очень резком (= «мгновенном») прогибании равномерный рост уровня моря никак не отразится на литологическом составе осадков, так как фациальный спектр с самого начала осадконакопления сместится к самым глубоководным фациям, которыми и будет представлен весь разрез. . . . При равномерном подъеме поверхности дна со скоростью, сопоставимой со скоростью повышения уровня моря, в разрезе будет отмечаться смещение на одну фазию в сторону мелководья. При «мгновенном» подъеме, вероятно, произойдет образование острова и/или резкая смена конфигурации береговой линии»¹³⁶.

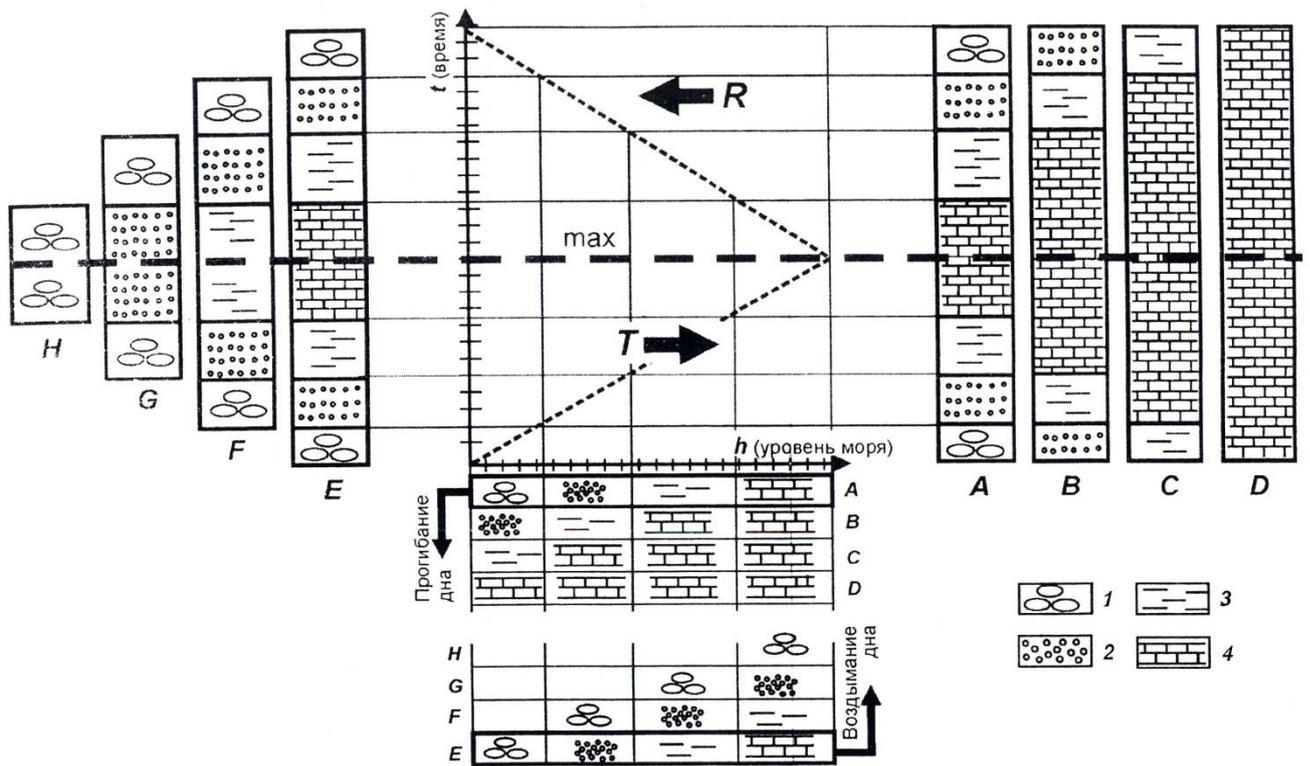


Рис. 4.17. Генерализованная тектоно-эвстатическая временная модель и зависимость литологического строения разрезов от равномерных эвстатических и эпейрогенических колебаний^{135, 136}.

h – уровень моря в абсолютных единицах; t – время; T – трансгрессивная часть цикла; R – регрессивная часть цикла; 1-4 – фациальный переход от грубых осадков к тонким илам; А-Н – фациальная зональность осадков и проекции на временную ось этапов их формирования при равномерном росте / падении уровня моря: А – до прогибания; Е – до воздымания дна; В, С и D - с одновременным равномерным прогибанием дна бассейна; F, G и Н - с одновременным равномерным воздыманием дна бассейна

Вот именно последнее заключение (напомним, что речь идет об исключительно морских выдержанных на площади осадках) напрямую подводит нас к следующему этапу рассуждений: возможности «выключения» эвстатических колебаний, как определяющих сам процесс скольжения слоев. На смену ему (по меньшей мере в континентальных отложениях) приходит механизм саморегуляции осадконакопления. Для русловых отложений он был рассмотрен в 1964 г. Дж. Бирбауэром (автоцикличность)¹³⁷; для дельтовых – В. Т. Фроловым¹³⁸, на примере юрских толщ Дагестана.

Мощный импульс дальнейшему развитию в сущностном понимании как самого закона Головкинского, так и вытекающих из него следствий дает широкое внедрение в нефтелитологическую (прежде всего) практику сеймо-стратиграфических методов. Действительно «... в хороших учебниках напи-

¹³⁷ Beerbower J. R. Cyclothems and cyclic depositional mechanisms in alluvial plain sedimentation // Kansas. Geol. Surv. Bull. 1964. V. 169 (1), P. 31-42.

¹³⁸ Фролов В. Т. О происхождении ритмичности дельтовых угленосных толщ // Бюлл. МОИП, отд. геол., 1972. Т. 47, № 4. С. 111-124.

сано, что ... сейсмические границы (СГ) чаще всего совпадают с хроностратиграфическими», не обязательно прослеживаясь вдоль литологических границ»¹³⁹, добавим, что эти СГ вполне могут фиксировать и зоны фациальных замещений. По нашему мнению, этот импульс может (и должен) также сопровождаться новой парадигмой мышления, определяемой нелинейными представлениями или синергетическим мировидением¹⁴⁰.

Перерывы в седиментации

Как уже отмечалось выше, перерывы в геологических процессах могут занимать значительно бóльшие промежутки времени, нежели отводится на собственно изменения (процесс прерывистого равновесия). В качестве своего рода «предела» (lim) подобной оценки приведем пример из работы С. И. Романовского (¹³⁴, с. 24). «Пусть интересующая нас свита соотносится с 2/3 геологического века, что для мелового периода соответствует приблизительно 3-3,5 млн лет. Свита включает 1000 элементарных циклов турбидита (их мощность в данном случае роли не играет). Если на образование одного цикла уходит 20-30 часов, то вся свита формируется за 30-40 месяцев (считая лишь время чистой седиментации), что составляет только 0,0001 % стратиграфического времени ее образования. Отсюда следует, что вся свита возникла геологически мгновенно».

Очередной раз отметим, что геологическая «база» представленной работы во многом была нами изложена ранее. Так, 2-й этюд в работе⁵ имел название «Скорости осадконакопления и время перерывов». Остановимся на тех позициях этого этюда, которые следует воспроизвести. Отчасти это уже сделано на примере образцов, изображения которых приведены на рис. 2.25, 2.26. Здесь пары слойков (светлое-темное) формировались в течение года, что подчеркнуто корневыми остатками и подкреплено сведениями о солнечной активности с 11-летним периодом. Исходя из толщины данной пары слойков 1-2 мм, устанавливается скорость седиментации, примерно адекватная современной, что показано в работе⁵ на примере других объектов. Схема Дж. Баррелла¹⁴¹, которая давно стала классической (рис. 4.18), наглядно показывает, что собственно время осадконакопления обычно составляет лишь некоторую долю от общегеологического. В этом случае понятие «скорость седиментации» как функция отнесения мощности (м) к геологическому времени (Т) будет явно неправомерной, поскольку нам не известно *время перерывов* ($T_{\text{пер}}$).

¹³⁹ Нургалиев Д. К. Сиквенс-стратиграфия – перспективное направление в интерпретации данных сейсморазведки // Геофорум. 2007. Вып. 1 (12). С. 17-21.

¹⁴⁰ Алексеев В. П. Закон Головкинского в контексте синергетического мировидения (к созданию основ нелинейной литологии) // Верхний палеозой России: стратиграфия и фациальный анализ. Казань: КГУ, 2009. С. 9-10.

¹⁴¹ Barrell J. Rhythms and measurements of geologic time // Bull. Soc. Geol. Amer., 1917. Vol. 28. Pp. 745-904.

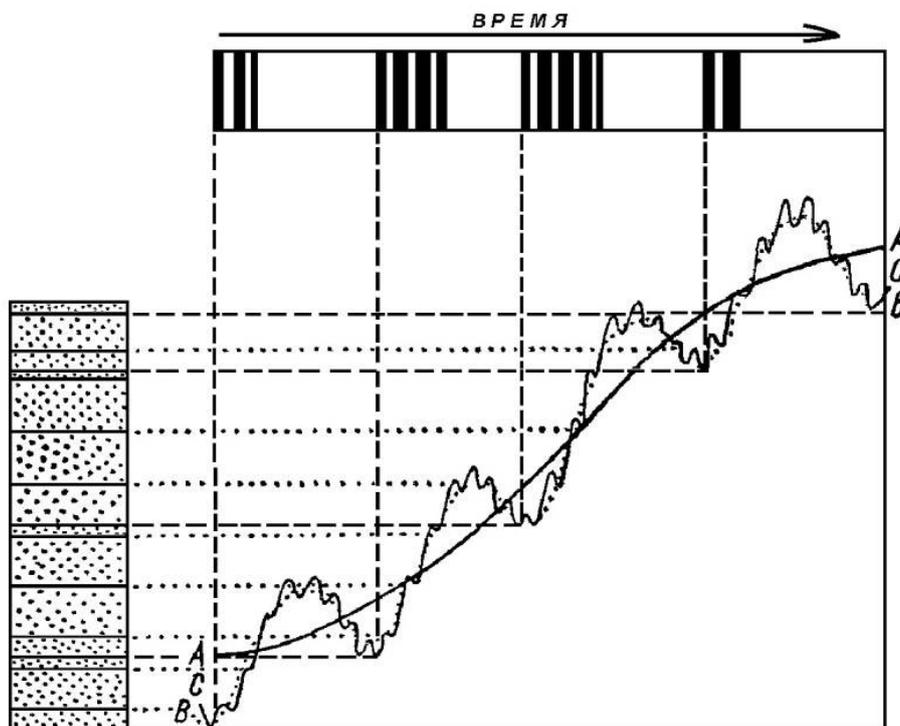


Рис. 4.18. Схема, показывающая отражение в разрезе колебаний уровня накопления (слева) и относительной продолжительности времени накопления и перерывов (вверху) (по Дж. Барреллу¹⁴¹):

С-С – осцилляционная кривая колебательных движений; *В-В* – результирующая кривая; *А-А* – профиль равновесия

Исходя из отмеченного, отнесение толщины накопившихся осадков к геологическому времени их накопления свидетельствует не о скорости их формирования (в принципе она могла быть сколько угодно большой), а о темпах приращения или темпах осадочного породообразования (ТОП)^{142, 143}. Значительный разброс величин ТОП в исследованиях разных авторов, по нашему мнению, свидетельствует о различиях не в самих скоростях седиментации (она априори была близкой для однотипных палеоландшафтов), а о разных условиях, приводящих к возможности локализации отложений на тех или иных участках (большой частью имевших тектоническую природу). В качестве подтверждения данному тезису сошлемся на работы Л. Л. Кулямина и Л. С. Смирнова¹⁴⁴, а также Г. Берто и др.¹⁴⁵. В первой из них «чистое» время седиментации для кембрийско-ордовикских терригенных отложений При-

¹⁴² Тимофеев П. П., Холодов В. Н. Эволюция бассейнов седиментации в истории Земли // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1984. № 7. С. 10-14.

¹⁴³ Холодов В. Н. Кривая Л. И. Салопа – Дж. Гиллули – реальность или артефакт? // Литология и полезные ископаемые. 1994. № 2. С. 49-65.

¹⁴⁴ Кулямин Л. Л., Смирнов Л. С. Приливно-отливные циклы осадконакопления в кембро-ордовикских песках Прибалтики // ДАН СССР. 1973. Т. 212, № 1-3. С. 696-698.

¹⁴⁵ Берто Г., Лаломов А. В., Тугарова М. А. Реконструкция палеолитодинамических условий формирования кембро-ордовикских песчаников северо-запада Русской платформы // Литология и полезные ископаемые. 2011. № 1. С. 67-78.

балтики оценено в 170 суток (можно сравнить с показателями С. И. Романовского, приведенными выше). Во второй работе показано, что «рассчитанное реальное время формирования отложений (кембро-ордовикских песчаников северо-запада Русской платформы. – В. А.) соответствует приблизительно 0,05 % от возрастного стратиграфического интервала толщи»¹⁴⁵.

4.3. Инварианты в строении разноранговых литологических объектов

В данном разделе продолжено изложение сведений, которые для 2-3 рангов организации геологических тел (см. табл. 1.3) были приведены в п. 3.3. Они относятся к 4-му, надгорнопородному или циклическому рангу и во многом были представлены в разрозненных публикациях, в том числе¹⁴⁶.

Начнем изложение материала с общих представлений об иерархии структурных единиц осадочных отложений, что показано на рис. 4.19.

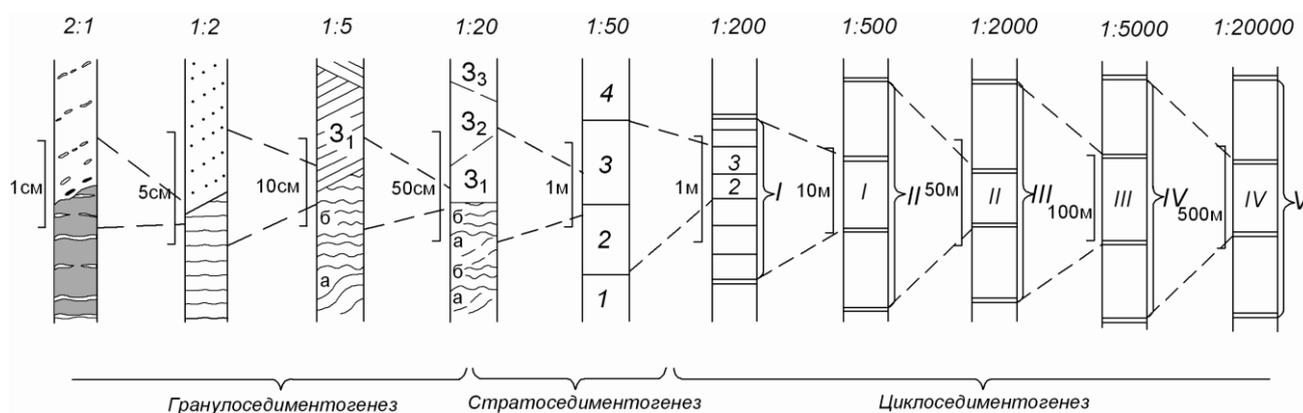


Рис. 4.19. Соподчиненность повторяемости единиц разреза (уровни седиментогенеза, по С. И. Романовскому¹³⁴):

основной является колонка, на которой выделены слои (1, ..., 4), для терригенных толщ, имеющих среднюю толщину 1-2 м⁵. Слева от нее показаны серии косоугольной слоистости в слое 3 (3₁, 3₂, 3₃) и ритмичное чередование типов «а» и «б» в слое 2, вплоть до визуальной характеристики пород (крайняя слева колонка). Справа – литоциклы от 1-го (I) до 5-го (V) порядков

Из приведенных на рис. 4.19 модельных представлений следует весьма важный аспект, до сих пор не привлекавший, насколько нам известно, должного внимания. Речь пойдет о взаимоотношении двух ведущих понятий, во многом определяющих сущность как системных (s. l.), так и синергетических представлений – эмерджентности и фрактальности, с уровнями организации геологических объектов, предусматривающими их иерархичность. Покажем взаимоотношения между рассматриваемыми понятиями на примере в виде

¹⁴⁶ Алексеев В. П., Рыльков С. А., Ворожев Е. С., Медведева Т. Ю., Черемных Д. В. Реализация инвариантов в строении разноранговых литологических единиц (на примере юрско-меловых отложений Западной Сибири) // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры (Двенадцатая науч.-практ. конф.). Ханты-Мансийск, 2009. Т. 1. С. 116-123.

треугольника, являющегося, как известно, самой «жесткой» геометрической фигурой (рис. 4.20).

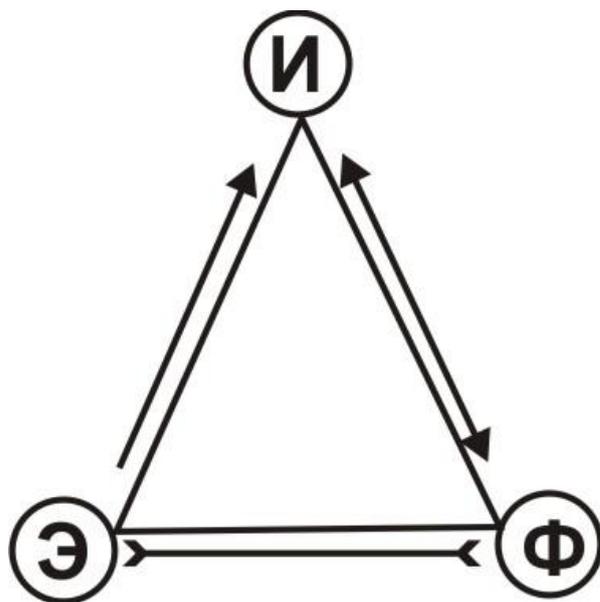


Рис. 4.20. Взаимоотношения между иерархичностью (И) и фрактальностью (Ф) объектов (систем) и их эмерджентным свойством (Э)¹⁴⁷:
 → обусловленность;
 ↔ тождественность;
 ↗↘ взаимоисключаемость (контрадикторность*)

Взаимоотношения между вершинами треугольника характеризуются следующим образом.

- *Сторона Ф-И* определяет полную/неполную тождественность/сходство (инвариантность) объектов, в неограниченном счетном пространстве при условии $0 \rightarrow N \rightarrow \infty$, где N – совокупность исследуемых объектов, не зависящая от их размерности. К примеру, в геологии известна попытка охватить единой классификацией все уровни периодичности (повторяемости, цикличности) в объектах от субмиллиметровых слоев до планетарных оболочек (см. выше: табл. 4.3). Попутно заметим, что сопоставления событий, формировавших осадочные толщи, с диапазоном их реализации, достигающим 10^5 - 10^6 (лет, м², м³ и т. д.), являются если не правилом, то далеко не исключением⁷⁴.

- *Сторона Э-И*, напротив, характеризует важные различия в характеристике геологических тел на последующих, более сложных уровнях их организации. Принципиально это показано в табл. 1.3.

- *Сторона Э-Ф* демонстрирует поляризацию, принципиальное различие «крайних», несовместимых параметров, находящихся в соответствующих вершинах треугольника. Действительно, инвариантность в разноуровневых объектах, что называется, «по определению» исключает или делает излишним понятие эмерджентности при переходе на следующий уровень организа-

* Контрадикторность – логическое отношение между понятиями, одно из которых является отрицанием другого и между которыми не может быть третьего, среднего варианта.

¹⁴⁷ Алексеев В. П., Амон Э. О. Нелинейность во взаимоотношениях разноуровневых геологических тел (на примере терригенных отложений) // Козволюция геосфер: от ядра до Космоса. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2012. С. 76-81.

ции (см. табл. 1.3). Иначе говоря, в этом случае изменения количества не приводят к качественным перестройкам.

*Последнее в геологическом анализе сложноустроенных объектов создает неразрешимые обычными методами ситуации, но выход из сложившихся «патовых» обстоятельств возможен, и заключается он в **нелинейном** подходе.* В предыдущих разделах мы несколько раз фиксировали некоторый **диапазон** действия фрактальных построений. Для седиментологии это сведено в табл. 4.4. Как следует из нее, максимальный диапазон действия инварианта составляет $\approx 10^6$. Более частные случаи, имеющие важное значение при конкретном использовании, имеют диапазон изменений 10^2 , реже 10^3 .

Таблица 4.4

**Реализация инварианта формирования геологических тел
(терригенные осадочные отложения)**

Уровень организации	Геологические тела (образования)	Диапазон толщин	Соотношение толщин (порядок)	
			внутри тел	между телами
Гранулоседиментогенез	Слойки косой слоистости, пачки слойков, серии	0,5-50 мм	10^2	
				10
Стратоседиментогенез	Слои	0,5-5 м	10	10
				10
Циклоседиментогенез	Наборы слоев, формирующие комплексы	50-500 м	10	
Общий диапазон действия инварианта		0,5 мм-500 м	10^6	

Сущностной проверкой изложенному могут служить сведения, показанные на рис. 4.21. Здесь в виде «вкладышей» показаны вариации изменений в черных сланцах, охватывающие диапазон, примерно соответствующий тому же параметру 10^6 (от 50-100 миллионов лет в крайней колонке слева до единиц и (или) нескольких сотен лет в крайней колонке справа). В то же время на каждом из выделяемых уровней (колонок) четко высвечиваются свои параметры, отвечающие более детальной характеристике породы и сжато охарактеризованные в подрисуночной подписи. Как видно, эти данные весьма схожи с приведенными на рис. 4.14 и 4.19.

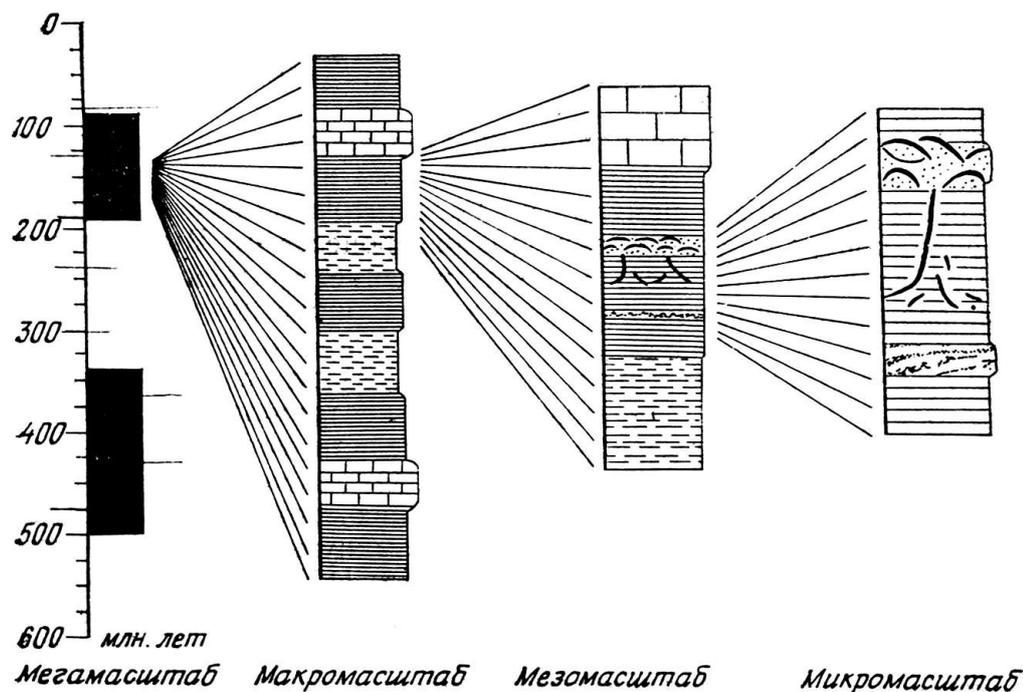


Рис. 4.21. Различные масштабы вариаций, фиксируемые в черных сланцах¹⁴⁸. Мегамасштабные вариации отражают длинные периоды в истории Земли с возобновлением отложения черных сланцев. Макромасштабные вариации связаны с литологическими пачками пород, которые выделяются при документации скважин глубоководного бурения. Мезомасштабные вариации проявляются в слоях пород. Микромасштабные вариации определяются слоями или тонкими слоями в пределах слоев черных сланцев

Выскажем достаточно нетривиальное предположение. В смысловом (и только – !) отношении параметр безразмерной эмерджентности можно соотнести с величиной емкостной размерности фрактальной последовательности:

$$D = - \lim_{\delta \rightarrow \infty} \frac{\log N(\delta)}{\log \delta} \quad , \text{ где } \delta \text{ – размер объекта; } N \text{ – число объектов}$$

Его также можно соотнести с информационным коэффициентом А. Б. Вистелиуса^{149, 150}:

$$I_x = \frac{\ln N - H(X)}{\ln N} \quad , \text{ где } N \text{ – число классов, по которому вычисляется энтропия } H(X).$$

Числовые значения коэффициента I_x заключены в пределах $0 \leq I_x \leq 1$. При этом чем ближе конкретное значение информационного коэффициента к 1, тем определеннее суждение, напротив, чем коэффициент меньше, тем меньше мы имеем информации. Коэффициент безразмерен, поэтому безразлично, в какой системе логарифмов производится измерение энтропии.

¹⁴⁸ Ветцель А. Циклическое и дисциклическое образование черных сланцев // Циклическая и событийная седиментация. М.: Мир, 1985. С. 393-414.

¹⁴⁹ Вистелиус А. Б. Задачи геохимии и информационные меры // Советская геология. 1964. № 12. С. 5-26.

¹⁵⁰ Амон Э. О. Применение энтропийно-информационных мер в биостратиграфии. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 161 с.

Если такое предположение подтвердится, то конкретные последовательности в осадочных толщах можно будет охарактеризовать с количественных позиций *индивидуально*.

Завершим обсуждение стороны Э-Ф (эмерджентность – фрактальность) треугольника, изображенного на рис. 4.20, ссылкой на примечательное высказывание Б. Мандельброта из его основополагающей работы⁵⁴. В ее пятой главе, имеющей весьма симптоматичное для фрактальной геометрии название «Какова протяженность побережья Британии?», Б. Мандельброт пишет так: «... установим на нашем циркуле (для измерения длины береговой линии. – *В. А.*) очень большой размер ϵ и будем его постепенно уменьшать. Как и следовало ожидать, длина береговой линии при этом будет расти. Однако здесь имеется одна интересная особенность: при дальнейшем уменьшении ϵ мы неизбежно попадаем в некую промежуточную зону, где длина L (ϵ) почти не изменяется. Эта зона простирается **приблизительно от 20 м и до 20 см** (выделено нами. – *В. А.*)».

Из этого наблюдения, обладающего «огромной практической ценностью», Б. Мандельбротом выведен ряд следствий, связанных с указанным диапазоном размерности. Не преминем это сделать и мы. *Во-первых*, само наличие такой «промежуточной зоны» свидетельствует о существовании как минимум одного *скачка* в изменении исследуемой характеристики. С нашей точки зрения, он и определяется тем эмерджентным свойством, о котором шла речь выше. *Во-вторых*, интересен сам диапазон указанных значений. Еще более усредним указанный (и так приблизительный) диапазон, сведя его к одной цифре. В логарифмическом десятичном масштабе она составит 2 м. Сравним ее с полученными ранее данными. Так, в работе⁵ автором было указано следующее: «На практике средняя мощность слоя при «обычной» документации составляет 2-3 м, детальной – 1-1,5 м» (с. 72). Конечно, такое совпадение можно отнести и к разряду случайностей, но оно может и претендовать на подтверждение (верификацию) сведений, полученных абсолютно независимыми друг от друга путями.

Обозначив исходные понятийно-методологические позиции, перейдем к рассмотрению их реализации на основных уровнях седиментогенеза, как ранее выполнено в работах (¹⁴⁶ и др.). Сделаем это для инварианта вида *бегающей волны* ($S = x + Dt$), который был рассмотрен в п. 4.1 (см. рис. 4.5).

Гранулоседиментогенез (см. ранг 2 в п. 3.3)

Рассмотрение данного инварианта выполним на конкретном примере, в качестве которого взят образец керна из скв. 301 (Северо-Покачевское месторождение), с глубины 2696 м (рис. 4.22).

В его верхней части (интервал *c*) хорошо видна текстура **восходящих знаков ряби** (англ. – climbing-rippled cross-lamination или ripple-drift cross-lamination). Для нее особенно характерно, что помимо обычного латерально-



Рис. 4.22. Соотношение слоев (текстура):

слева – образец, взятый из керна скв. 301: интервал *a* – пологоволнистая слоистость, частично (в центре) переходящая в косоволнистую слабо срезанную; интервал *b* – пологая однонаправленная слабосрезанная косо-волнистая (внизу в центре образующая линзу); интервал *c* – слоистость восходящей ряби, принципиальная модель которой приведена вверху справа⁷⁷ (α – угол набегания; 1 – откос, обращенный в сторону течения; 2 – то же против течения; 3 – серия);

за счет сильного срезания противотечениеый откос «подбрит», по образному выражению Ю. А. Жемчужникова; интервал *d* – фрагмент очень выположенной косоволнистой слоистости, переходящей в однонаправленную слабосрезанную косую

го смещения слоев по вектору *a* (см. модель в верхней правой части рисунка) и что присуще интервалу *b* образца, здесь происходит вертикальное смещение слоистости по вектору *c* на модели. Образующий при этом угол набегания или взбегания α (англ. – angle of climbing) достигает 10° , а угол откоса слоев по отношению к серийным швам – 20° , что укладывается в наиболее типичные характеристики данного типа текстуры.

Стратоседиментогенез (см. ранг 3 в п. 3.3)

Латеральное смещение седиментационных единиц для *слоевого* (пластового) уровня многократно описывалось в литературе. Одно из наиболее ранних изображений такого механизма предложено Т. Чемберленом (Т. С. Chamberlin, 1914), показавшим соотношение между истинной седиментологической мощностью ($k + k_1 + k_2$) и наблюдаемой или «видимой» мощностью осадков *s* (рис. 4.23, *a*). На рис. 4.23, *b* сделана временная развертка данной схемы в стиле, заимствованном из известной работы под редакцией Ч. Пейтона¹⁵¹ и использованном в частности в работе¹⁵².

¹⁵¹ Сейсмическая стратиграфия – использование при поисках и разведке нефти и газа: пер. с англ. / под ред. Ч. Пейтона. М.: Мир, 1982. 846 с.

¹⁵² Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция. М.: Научный мир, 2004. 526 с. (Труды ГИН РАН. Вып. 543).

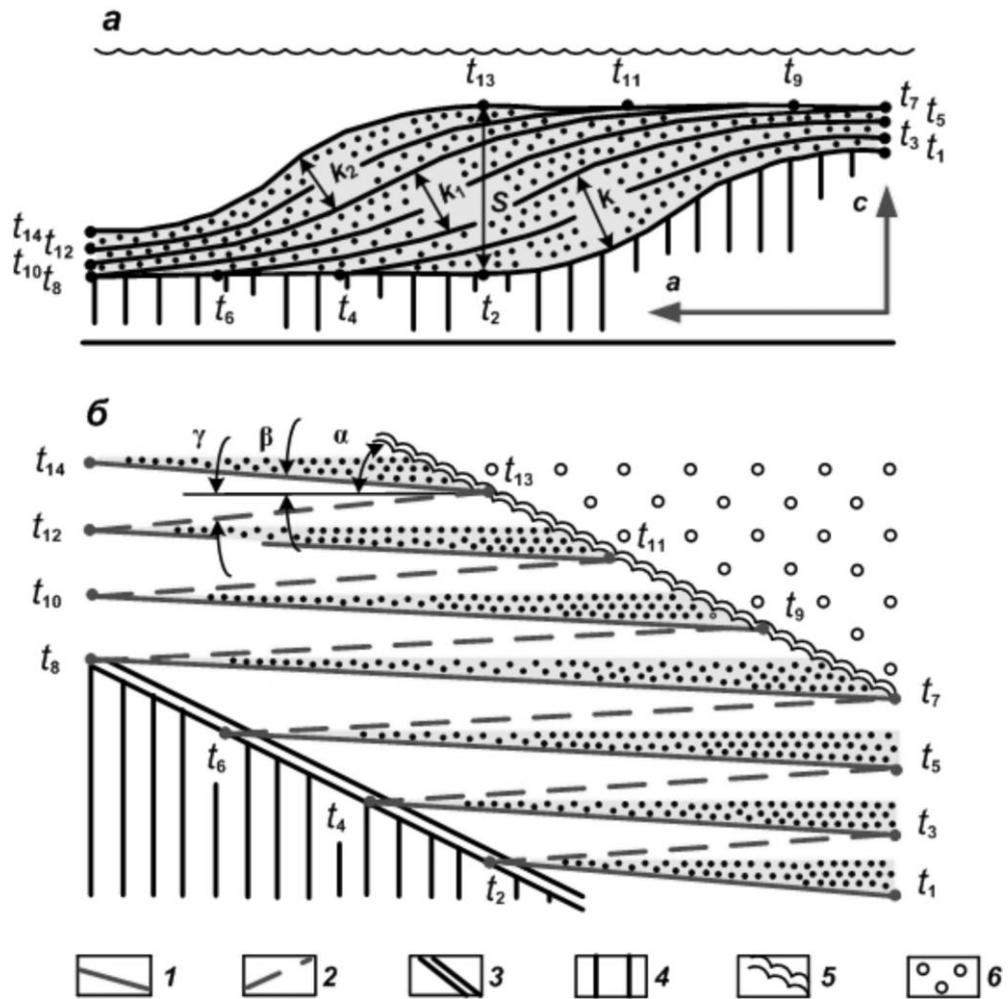


Рис. 4.23. Скольжение слоев: а – схема соотношения между «геологической» или седиментологической ($k + k_1 + k_2$) и наблюдаемой или «видимой» мощностью (s) осадков: по Т. Чемберлену (Т. С. Chamberlin, 1914); $a-c$ – латеральное и временное смещение слоев (см. также рис. 4.22, вверху справа); б – временная развертка верхней части рисунка (а) по последовательным отсчетам времени t_1-t_{14} : 1 – трансгрессивное налегание слоев; 2 – регрессивный возврат в исходную (на чертеже) точку; 3 – общее трансгрессивное (либо ингрессивное) налегание комплекса, с перерывом или размывом ранее сформированных отложений (4); 5 – завершение накопления комплекса, с последующим перерывом или новым этапом осадконакопления (б). Пояснения к показанным углам (α , β , γ) см. в тексте

Особых пояснений данная развертка не требует, поскольку по сути она адекватна знаменитой схеме Н. А. Головкинского, насчитывающей 140-летнюю историю (см. п. 4.2; рис. 4.16, 4.17). Подчеркнем только *зубчатость* диахронных слоевых границ, обозначенную уже Н. А. Головкинским¹³³. Она детально разобрана в работе¹³⁴ и отчасти показана нами⁵. В результате перемещения зоны с осадконакоплением формируется угол взбегания α , выше описанный для текстуры восходящей ряби (см. рис. 4.22). Налегание отдельных слоевых единиц на предыдущие соответствует углу ($\beta + \gamma$), при очень быстрой регрессии по сути равному β , поскольку $\gamma \rightarrow 0$. Чаще всего этот угол составляет первые градусы, что характерно, к примеру, для подводно-дельтовых песчаников. Наконец, укажем, что временные промежутки $t_2 - t_3$,

$t_4 - t_5, \dots$ сводятся к минимуму не только быстрым возвратом к начальному состоянию системы слоенакопления, но и поступательно-налегающим формированием последующих слоев, что обеспечивает диастемальный характер данных частей разреза. Наиболее отчетливо это показано в известной схеме формирования перстративного аллювия* (рис. 4.24). Из нее хорошо видно, что *временная* развертка зон 1-7 намываемого аллювия будет иметь тот же вид, что и на рис. 4.23, б. Особо отметим, что такое возрастное скольжение именно аллювиальных русловых отложений ставит под вопрос детальное картирование изначально меандрирующих стречневых частей для «мгновенных» палеосрезов, что нередко делается в нефтегазовой литологии. Палеогеографические реконструкции следует выполнять для достаточно длительных интервалов (от $\frac{1}{2}$ яруса и более), где можно довольно уверенно диагностировать русловый аллювий уже констративного типа¹⁵³.

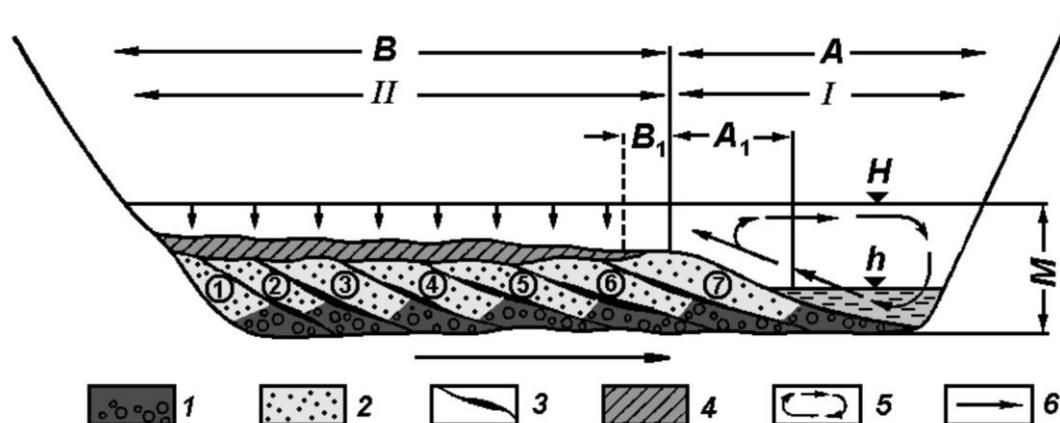


Рис. 4.24. Схема перстративной фазы аллювиальной аккумуляции¹⁵³:

A – русло (A₁ – русловая отмель); B – пойма (B₁ – прирусловый вал); H – уровень полых вод; h – уровень межи; M – нормальная мощность аллювия; I – зона намывания влекомых наносов поперечными циркуляционными токами, цифры в кружках (1-7) – последовательно образующиеся слои руслового аллювия; II – зона осаждения взвешенных наносов.

Русловый аллювий: 1 – грубозернистые пески, гравий и галька; 2 – мелко- и тонкозернистые пески; 3 – прослой заиления; 4 – пойменный аллювий; 5 – токи поперечной циркуляции в русле; 6 – направление смещения русловой ложбины в ходе накопления аллювия

* В. В. Ламакиным в 1948 г. предложены, а в последующем Е. В. Шанцером¹⁵³ детально охарактеризованы следующие фазы аллювиальной аккумуляции⁶⁶:

- *инстративная* (выстилающая), соответствующая врезанию реки;
- *перстративная* (перестилающая), при которой в ходе боковых смещений русла плоское дно долины покрывается сплошным равномерным покровом аллювия ограниченной мощности, частично перемыываемого и вновь переоткладываемого рекой на одном и том же уровне;
- *констративная* (настилающая), выражающаяся в последовательном наложении пачек аллювия одна на другую и в формировании толщи повышенной мощности.

¹⁵³ Шанцер Е. В. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований. М.: Наука, 1966. 239 с. (Труды ГИН АН СССР. Вып. 161).

С нелинейных позиций данный процесс идеально сопоставляется с моделью гистерезиса, которая была приведена на рис. 4.3. Для наглядности данная модель повторена на рис. 4.25, где внизу показана трансляция строения простых «циклитов» Ю. Н. Карогодина¹⁵⁴, а справа – разрез толщи, формирующийся в режиме «прерывистого равновесия» (см. п. 4.1).

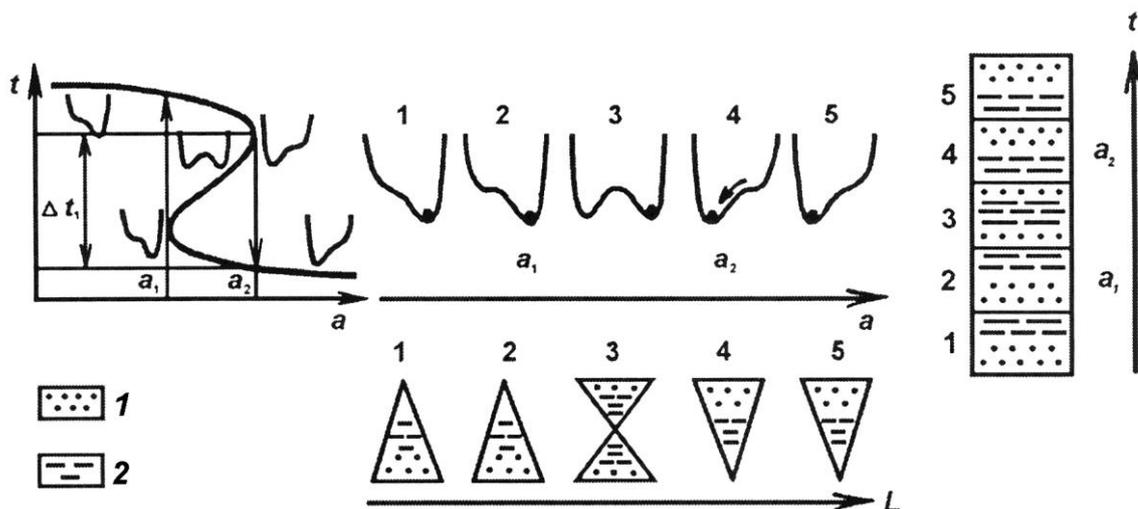


Рис. 4.25. Динамика состояния системы (a, t) при изменении состояния a :

внизу – инверсия строения циклита по латерали, в направлении L ; справа – перемещение песчаной части цикла (коллектора) из нижнего положения в верхнее во времени t ; 1 – песчаники, 2 – алевролиты, аргиллиты

Своего рода «мостиком» между уровнями страто- и циклоседиментогенеза могут служить представления Дж. Бирбауэра¹³⁷. Уже почти полвека назад в ключевом сборнике по цикличности отложений он предложил различать для аллювиальных толщ **автоцикличность**, определяемую развитием самой системы, и **аллоцикличность**, формирование которой контролируется внешними признаками. В приведенных выше примерах это, соответственно, перстративный и констративный аллювий, в представлении Е. В. Шанцера¹⁵³.

Циклоседиментогенез (закономерности в строении толщ)

Все приведенные выше примеры для уровней грануло- и стратоседиментогенеза объединяет четко выраженная «сигмоидная» форма или S -образное строение, что по сути и следует из образа «бегущей» волны (см. выше). Ее образование контролируется *самоорганизованной критичностью* (англ. – self-organized criticality), обычно описываемой как раз на примере кучи песка (!), что нами было охарактеризовано в п. 3.1 (см. рис. 3.5). Повторим очередной раз, что важнейшим выводом из всего показанного является именно скачкообразное (Δt_1 , на рис. 4.3, 4.25) изменение состояния при исчезающе малом изменении управляющего параметра. Теперь покажем на конкрет-

¹⁵⁴ Карогодина Ю. Н. Седиментационная цикличность. М.: Недра, 1980. 242 с.

ных примерах, как это реализуется в строении отложений Западно-Сибирского осадочного мегабассейна (напомним, что ранее подобные примеры мы приводили в работе⁵).

«Правильная» цикличность, с нашей точки зрения, устанавливается посредством *фациально-циклического анализа*, основы которого были разработаны полвека назад для терригенных угленосных толщ¹²³, и в последующем применялись для многих раннемезозойских отложений Северной Евразии⁵. Материалы его реализации для глубокозалегающих нижнеплитных комплексов Западно-Сибирского осадочного мегабассейна нами многократно публиковались, в том числе в работах³⁴⁻³⁸. Реализацию методики для тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района покажем на примере скв. 23 Западно-Тугровского месторождения – рис. 4.26 (схема фациального расчленения отложений приведена в табл. 4.5).

Таблица 4.5

Схема фациального расчленения отложений:

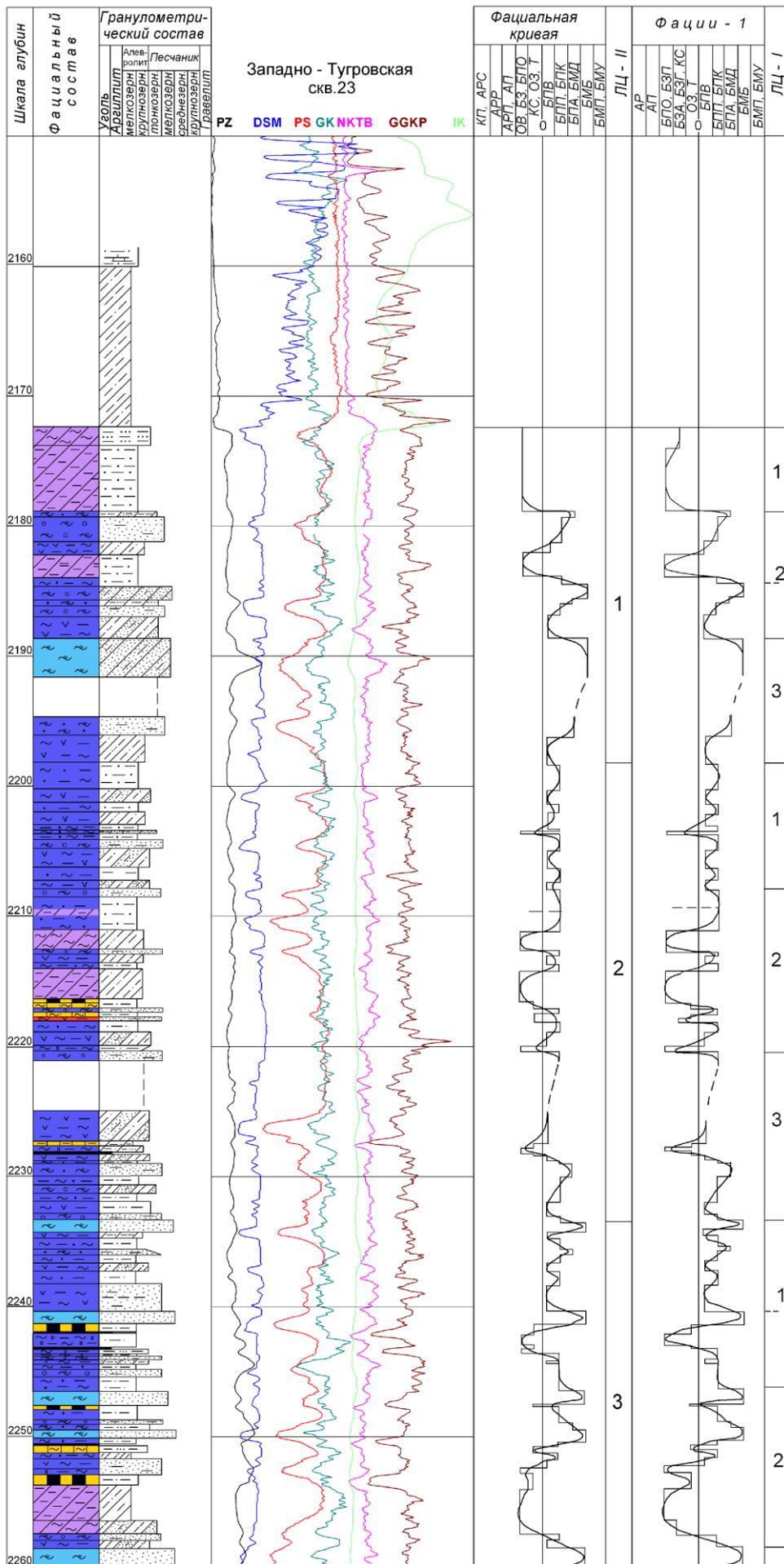
во всех названиях очень сокращенно дана только генетическая составляющая («ключевые слова»)^{5, 35}

Группа, подгруппа	Макро-фация	Фа-ция	Ин-декс	Обозн.
	Проллю-вия - КП	1. потоков конусов выноса	КПП	
		2. шлейфов конусов выноса	КПШ	
		3. конусов выноса в озера	КПО	
Аллювиальная - А	Русловый аллювий - АР	4. стрежневой части русел	АРС	
		5. русел крупных равнинных рек	АРР	
		6. русел малых рек и прирусловых отмелей	АРП	
	Поймен-ный аллювий - АП	7. прирусловой части поймы	АПП	
		8. слабопроточной поймы	АПС	
		9. застойных и зарастающих частей поймы	АПВ	
		10. приозерных пойменных равнин	АПО	
Озерная - О	Застойных и заболочивающихся озера - ОЗ	11. заболочивающихся озера	ОЗУ	
		12. слабопроточных зарастающих озера	ОЗО	
		13. заиляющихся и застойных озера	ОЗЗ	
		14. проточных участков зарастающих озера	ОЗП	
	Открытых озерных водоемов - ОВ	15. небольших озера	ОВН	
		16. полуизолированного мелководья (ватты)	ОВП	
		17. активного подвижного мелководья	ОВМ	
		18. конусов выноса рек в озера	ОВД	
		19. глубоководных частей озера	ОВГ	
Мелких прибрежных водотоков - КС		20. русловых частей	КСР	
		21. пойменных частей	КСП	
Бассейновая - Б	Заливов и лагун - БЗ	22. полуизолированного побережья	БЗП	
		23. прибрежных частей	БЗА	
		24. центральных, глубоких частей	БЗГ	
	Малоподвижного мелководья - БП	25. приморских озера	БПО	
		26. приливно-отливной зоны (ватты)	БПВ	
		27. малых аккумулятивных форм (косы)	БПК	
		28. малоподвижного мелководья	БПП	
		29. активных участков мелководья	БПА	
	Открытого подвижного мелководья - БМ	30. сильноподвижного мелководья	БМБ	
		31. подводной части дельты	БМД	
		32. подвижного удаленного мелководья	БМП	
		33. наиболее удаленной открытой части	БМУ	

На приведенной колонке уверенно выделяется верхняя часть шеркалинской свиты с характерным грубозернистым составом и комплексом стрежневого аллювия (интервал глубин 2327-2345 и ниже, где керн не отобран). Аллювию присуща характерная этажность, при абсолютно типичной «высоте этажа» около 15 м. Выше, в интервале глубин 2304-2327 м, вскрыты в целом монотонные отложения алевроаргиллитового состава со скрытой слоистостью (наиболее типичные на глубине 2312-2316 м). В нижней части этого интервала довольно часты прослой и линзы угля; единичны – тонкозернистого песчаника. В целом он относится к радомской пачке, имеющей здесь заливовой генезис. Верхний контакт с собственно тюменской свитой определен по повышению размерности материала до мелкозернистого и отчасти крупнозернистого алевролита, усилению проточности и большей дифференциации растительного материала. Эти визуально установленные признаки получили хорошее подтверждение на кривых ГИС. Так, указанный рубеж (2304 м) характеризуется (снизу вверх) вначале существенным повышением карбонатности (кривая PZ), вплоть до конкреции (ею здесь разрушена часть керна), а потом ее резким снижением. Контакт четко отбивается кривой плотностного радиоактивного каротажа (GGKP), чутко реагирующего на общее снижение содержания органического материала.

Таким образом, отложения тюменской свиты определились в интервале толщин 2172,5-2304,6 м. Верхний ее контакт совершенно четко выделяется как по смене пород, так и по комплексу ГИС. При общей толщине 125 м, что близко к максимальной, установленной для тюменской свиты в пределах Шаимского НГР, в ее разрезе достаточно уверенно выделяются *четыре* литоцикла II порядка. Мощности (толщины) выделенных нами в Шаимском нефтегазоносном районе ЛЦ-II изменяются в довольно узком диапазоне 25-40 м, характерном для всех терригенных угленосных толщ Северной Евразии. Составляющие их элементарные литоциклы первого порядка, в силу невыдержанности отложений, надежно прослеживаются только на небольшие расстояния, в пределах отдельных месторождений и участков.

Сделаем сущностное отступление от разбора конкретной колонки в сторону рассуждений, имеющих общеметодологический характер. Для этого имеет смысл обратиться к методологии работ. Так, все этапы работ при *фациально-циклическом анализе*, включая выделение циклов, идут по пути «... анализа и обобщения материалов исследования, с постоянной взаимной, так сказать «обратной» проверкой исходных данных и предыдущих построений и выводов»¹²³. В данном контексте совершенно естественной выглядит та ситуация, когда цикличность не отрисовывается «сама по себе». В каких-то случаях границы между циклами устанавливаются однозначно и уверенно; в каких-то они допускают неоднозначность их выделения. Все это идет «в процессе» и зависит от многих факторов. Среди последних одно из первых мест занимает расстояние между точками наблюдений (для прослеживания выделяемых границ и решения той самой «обратной задачи», о которой шла речь



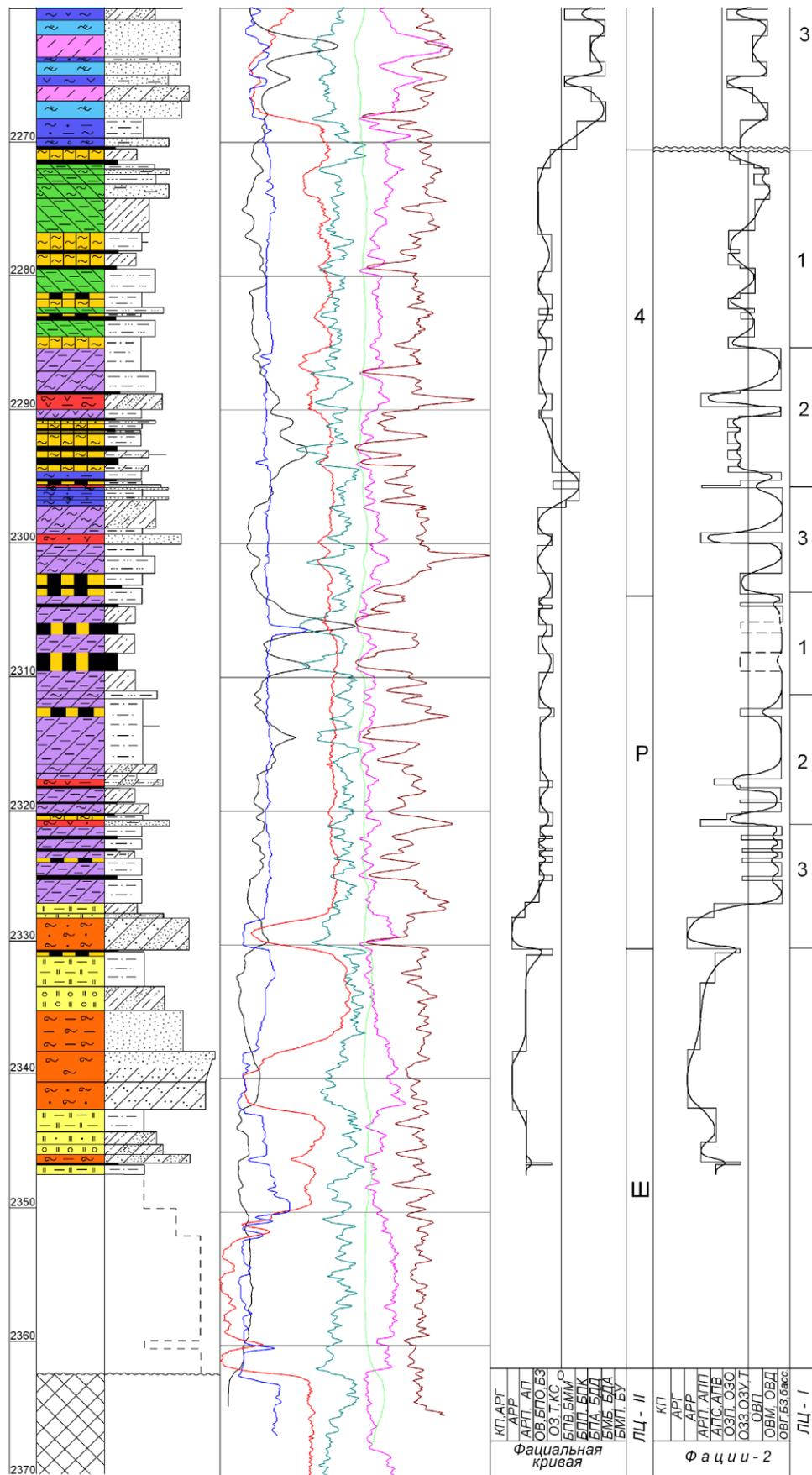


Рис. 4.26. Колонка по скв. 23 Западно-Тугровского месторождения (фациальные обозначения см. в табл. 4.5)

выше). Что же касается каждой конкретной точки (в нашем случае скважины), то надежность установления цикличности большей частью зависит от рельефности фациальной кривой.

Возвращаясь к скв. 23, укажем, что нижний литоцикл II порядка (ЛЦ-4) как раз четко выделяется своим заливово-озерным палеоландшафтом, выше глубины 2270 м сменяющимся мелководно-бассейновым. Чуть выше это сопровождается накоплением песчаного подводно-дельтового и барового комплексов, «фиксирующих» нижнюю границу ЛЦ-3. Его верхняя граница достаточно четко фиксируется на обобщенной фациальной кривой (2234 м) накоплением последнего (снизу вверх) слоя барового песчаника открытого мелководья. Следующий ЛЦ-2 имеет довольно «невнятную» верхнюю границу (2198 м), которая, впрочем, достаточно хорошо фиксируется по кривым основного комплекса ГИС, особенно – радиоактивным методам (ГК, НКТВ, GGKP). Добавим к изложенному, что оба этих литоцикла – ЛЦ-3 и ЛЦ-2 – имеют достаточно симметричное строение на обобщающей ФК, с отчетливо выраженной регрессивной частью.

Толщины трех нижних литоциклов весьма близки между собой (35-36 м). Меньшая толщина верхнего ЛЦ-1 (26,5 м) вполне объяснима с позиций кажущейся «незавершенности» его формирования. По сути, она и подчеркивается заливовым генезисом самых верхних 6,5 м, что нехарактерно для отложений тюменской свиты в целом. В то же время определим, что каких-либо признаков перерыва не наблюдается. Более того, отмеченный интервал имеет «промежуточно-переходный» облик, в целом фиксирующий именно завершенность процессов седиментации.

Проведенное описание иллюстрирует «вмонтированность» представлений о цикличности, базирующихся на основе чередования фаций, в процессы *самоорганизации*, с формированием основного инварианта в виде литоциклов II порядка^{5, 155}. Установив это для отложений тюменской свиты, мы получили возможность проверить правильность основных положений на материале *безугольной* части разреза ЗСОМБ – викуловской свите³⁸. На рис. 4.27 приведена характеристика данной части разреза (его общее положение см. на рис. 1.3), а на рис. 4.28 – представление о цикличности.

Не вдаваясь в описание полученных результатов, укажем на удивительное соответствие коллекторов ВК₁ и ВК₄, подробно охарактеризованное в работе³⁸. Иначе, чем высокой степенью **самоорганизованности** в протекании осадочного процесса, это трудно объяснить. В целом для этой части разреза мы получили следующее.

¹⁵⁵ Алексеев В. П., Рыльков С. А., Ворожев Е. С., Медведева Т. Ю., Черемных Д. В. Нелинейность и самоорганизация в процессе циклоседиментогенеза – основа для установления закономерностей строения осадочных толщ с горючими ископаемыми // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры (Тринадцатая науч.-практ. конф.). Ханты-Мансийск, 2010. Т. 1. С. 189-199.

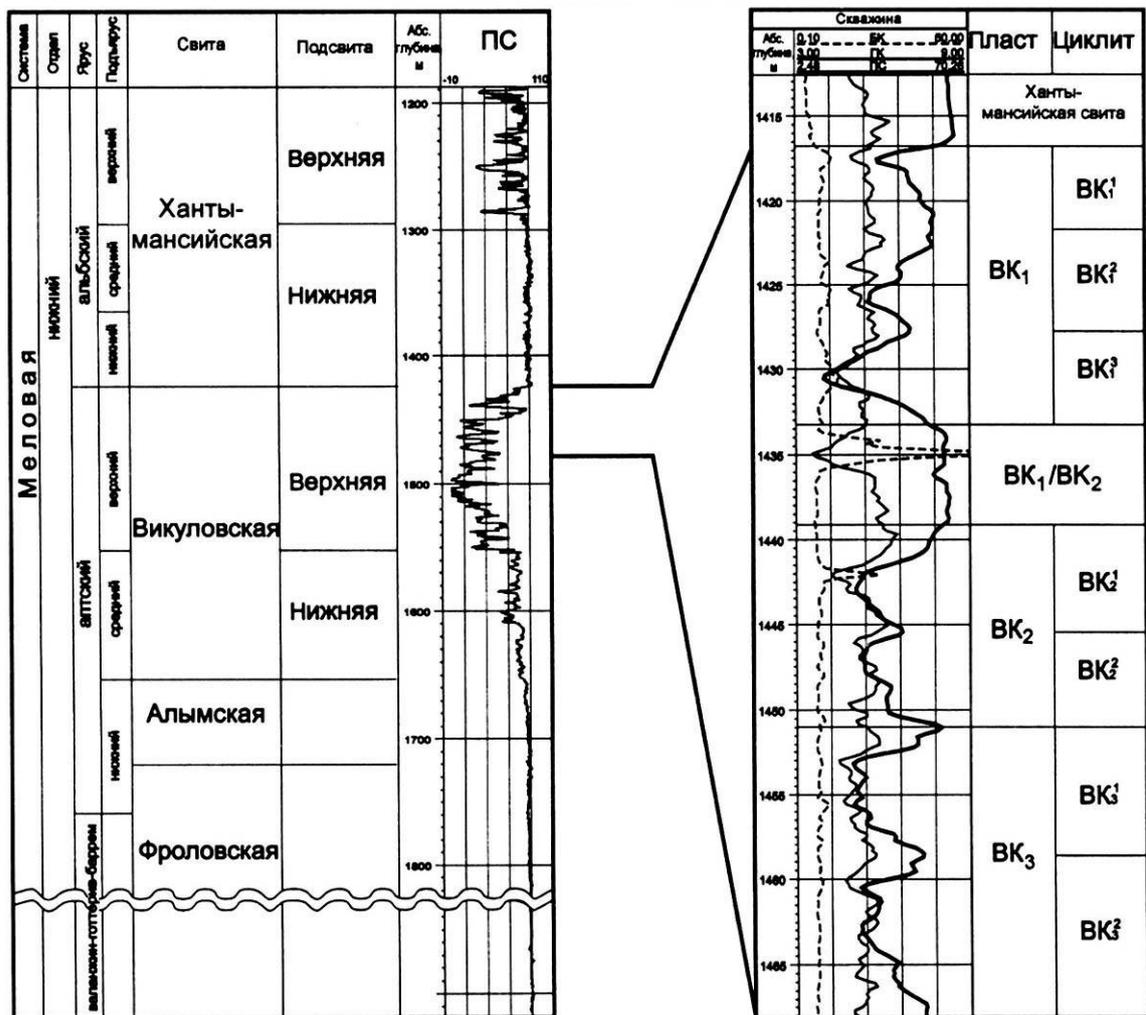


Рис. 4.27. Стратиграфическая схема нижнемеловых отложений и номенклатура продуктивных пластов викуловской свиты¹⁵⁶

1. Общая характеристика викуловской свиты с четырьмя хорошо выдержанными ее частями наилучшим образом соответствует *мутационному* режиму, с формированием *хроногенных* комплексов (рис. 4.29). Он же присущ для коллекторов ВК₄ и ВК₁, в целом четко проявляясь в отграничении их верхней и нижней границ соответственно. Именно хроногенность отмеченных границ особенно отчетливо видна в образцах, характеризующих контакт викуловской и ханты-мансийской свит.

2. Значительная изменчивость строения отложений средней части продуктивного комплекса, особенно коллектора ВК₂, в полной мере соответствует *миграционному* режиму в различных модификациях. В основном он регулируется законом Головкинского¹³³, установленным 140 лет назад и рассмотренным в многочисленных работах, в том числе в последние годы, для мезозойско-кайнозойских отложений востока Русской плиты С. О. Зориной^{135, 136} (см. выше).

¹⁵⁶ Медведев А. Л., Хэндфорд Р., Лопатин А. Ю. и др. Новый нефтеперспективный объект – комплекс заполнения врезанных долин в продуктивных пластах викуловской свиты Каменного месторождения // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2009. № 1. С. 4-20.

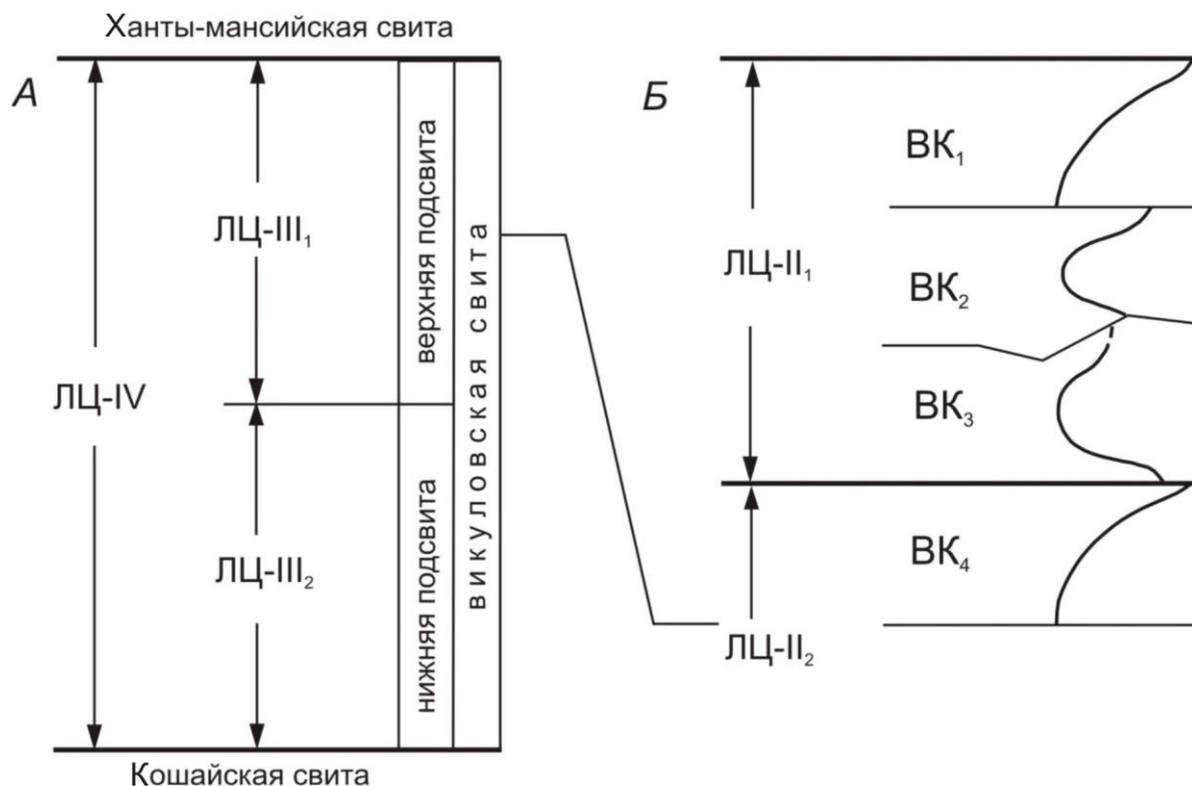


Рис. 4.28. Циклическое строение викуловской свиты (А) и ее верхней части (Б). Справа условными символами показана направленность смены отложений в достаточно условной трансгрессивности (слева направо)



Рис. 4.29. Классификация режимов образования элементарных седиментационных циклов¹⁵⁷ (с добавленным автором прибрежно-мелководным режимом)

¹⁵⁷ Романовский С. И. Динамические режимы осадконакопления. Циклогенез. Л.: Недра, 1985. 263 с.

3. Такое сочетание двух принципиально различных механизмов позволяет нам полагать, что в целом изучаемая толща формировалась в режиме **миграционно-мутационного** циклического наслоения пород. Этот своего рода «синтетический» режим С. И. Романовским охарактеризован в двух вариантах: ледниковом и флювиальном (см. рис. 4.29). Для узкого стратиграфического диапазона в целом монотонных терригенных толщ такое сочетание режимов ранее, видимо, не рассматривалось (нам, по меньшей мере, такие примеры неизвестны). Поэтому предложим для данного класса третий (аналогично, как и для двух «простых»: см. рис. 4.29), **прибрежно-мелководный режим**, к каковому и отнесем механизм формирования верхней части викуловской свиты или пакета пластов ВК₁₋₄.

Циклоседиментогенез (на примере «дельтовой цикличности» и неокомских клиноформ* Западной Сибири)

В продолжение приведенных сведений, имеющих линейный или плоскостной (2D) характер (см. рис. 4.3; 4.22-4.24), попробуем изобразить представления о гистерезисе в объемном виде (3D), что показано на рис. 4.30. Здесь наглядно проиллюстрировано формирование перерывов и (или) диастем, описанных в п. 4.2 (см. рис. 4.18), а также изменения векторов осадконакопления (угол β на плоскостном срезе: см. рис. 4.23).

Наиболее ярким примером самоорганизации при процессе циклоседиментогенеза, на наш взгляд, является формирование подводно-дельтовых конусов выноса. Выше мы упомянули о том, что этот вопрос в отечественной литературе впервые был освещен В. Т. Фроловым¹³⁸. В новейшем издании этот крупнейший российский литолог пишет уже о «синергетическом (! – В. А.) механизме дельтовой седиментации» и **саморегуляции** процессов осадконакопления (¹⁵⁸, с. 52, 53).

Не вдаваясь здесь в детальное описание процесса, наиболее глубоко изученного к настоящему времени на многих объектах^{78, 159, 160, 161}, обратимся к высказыванию В. Т. Фролова, имеющему непосредственное значение для рассматриваемого вопроса: «Регулятором дельтовой циклической седиментации в конечном итоге оказывается сам осадочный материал (следовательно, это саморегуляция), и чем равномернее, даже не пульсационно он поступает в область дельты, тем четче и однообразнее будет циклитовость. Но и любая более короткая цикличность подачи материала, например паводками,

* Клиноформа (англ. *clinoform*; Rich J. L., 1951) – линзовидное геологическое тело, формирующееся в склоновой части палеобассейна седиментации за один цикл колебания и ограниченное поверхностями несогласия. Граничит с ундаформой (в сторону континента) и фондоформой (в сторону моря). Правильнее называть клинотемой.

¹⁵⁸ Фролов В. Т. Наука геология: философский анализ. М.: Изд-во МГУ, 2004. 128 с.

¹⁵⁹ Дельты – модели для изучения: пер. с англ. М.: Недра, 1979. 232 с.

¹⁶⁰ Рейнек Г. - Э., Сингх И. Б. Обстановки терригенного осадконакопления: пер. с англ. М.: Недра, 1981. 439 с.

¹⁶¹ Einsele G. Sedimentary basins: Evolution, facies and sediment budget. Springer, 2000. 792 p.

не собьет ритм основного циклообразования. Нециклический инициал, таким образом, порождает циклиты (в этом — диалектика) ...»¹⁵⁸, с. 53). Полностью солидаризуясь с этим апробированным временем и обильным фактическим материалом высказыванием, мы дополнили бы его только одним изменением: слово «диалектика» поменяли бы на «синергетика».

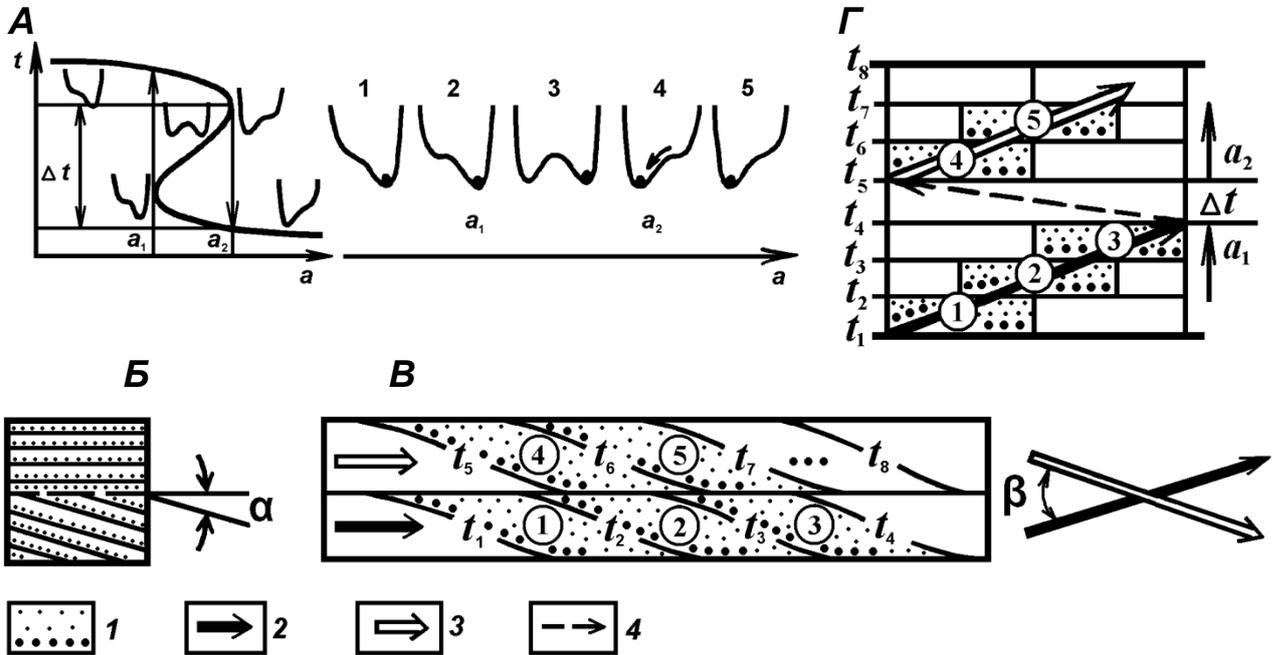


Рис. 4.30. Модельное представление о диахронности границ¹⁶²:
 А – изменение состояния системы (а, t) при изменении состояния а (см. также рис. 4.3, 4.25); Б – наблюдаемый разрез «двухэтажного» строения, в котором нижняя часть соответствует положению шарика в яме 1-3, а верхняя – 4, 5 (см. А); В – седиментологическая модель, иллюстрирующая изменение состояния системы в положениях 1-5 (см. А) во временные отрезки t_1-t_8 ; Г – временная последовательность формирования седиментологической модели (см. В). Между положениями 3 и 4 (см. А, В) – скачок, физически мгновенный для общей модели, но имеющий существенную длительность для «геологического» времени (!). 1 – инварианты слоев, слоев и (или) их комплексов, часто имеющих градиционное строение, 2 – перемещение слоевых единиц при положении шарика в правой ямке (см. А); 3 – то же, в левой ямке; 4 – катастрофический скачок (для Г)

Затрагиваемый вопрос исключительно важен, потому что в дельтах, занимающих около 2 % поверхности Земли, осаждается более 50 % осадочного вещества, перенесенного реками (1-й глобальный уровень лавинной седиментации, по А. П. Лисицыну¹⁶³). Их роль в сложении древних толщ очень велика и во многом, на наш взгляд, остается недооцененной. Причиной этому служат многие частные факторы, в том числе нередко – неумение распознавать данные отложения не только по косвенным или дистанционным мето-

¹⁶² Алексеев В. П. Об использовании синергетических представлений при изучении процессов осадконакопления // Проблемы синергетики и коэволюции геосфер. Саратов: Изд-во Сарат. ин-та РГТЭУ, 2008. С. 209-212.

¹⁶³ Лисицын А. П. Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. М.: Наука, 1988. 306 с.

дам, но и непосредственно в керне. Поскольку данный вопрос освещен в наших работах^{35, 36, 38}, а также в специальной статье¹⁶⁴, отдельно останавливаться на нем мы не станем.

Формирование дельтовых конусов выноса по типу «птичьей лапки» (Бёдфрут) дельты р. Миссисипи полностью вписывается в модель, приведенную на рис. 4.30. Эта же схема почти в идеальном виде реализована при формировании неокомского комплекса (НК) отложений Западно-Сибирского осадочного мегабассейна (ЗСОМБ). При углах падения по отношению к выдержанным субгоризонтальным сейсмогоризонтам «Б» и «М» (их положение см. на рис. 1.3) 3-1 и менее градусов, НК имеет отчетливо выраженную косо-слоистую текстуру (рис. 4.31). Глубины залегания преимущественно алеврито-песчаных отложений составляют 1,5-3 км, толщина 100-900 м, песчанистость 10-50 %.

НК, история его изучения и эволюция взглядов на условия формирования подробно освещены в обобщающей работе¹⁶⁵ и в большом количестве публикаций разного объема и назначения^{72, 166}. Располагая некоторым количеством лично изученного кернового материала по данному объекту, приведем представления о его формировании с нелинейных позиций.

Не вдаваясь особо в расшифровку условий формирования НК (фациальную характеристику), отметим, что мы являемся сторонниками концепции, связывающей их с достаточно мелководными отложениями дельтовой и баровой природы^{167, 168}. Главным для наших рассуждений является то, что смещение основных клиноформ НК в западном направлении происходит в столь упорядоченном режиме, что проявление *самоорганизации* для данного процесса попросту очевидно. В целом *миграционный* механизм осадконакопления легко вписывается в понятия о динамических системах с распределенными параметрами, описанными в виде бегущей волны в п. 4.1 (см. рис. 4.5), а для уровней грануло- и стратоседиментогенеза – выше.

¹⁶⁴ Алексеев В. П. Подводно-дельтовые песчаники юрских отложений Северной Евразии (распространение, значимость и критерии установления) // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры (Двенадцатая научно-практ. конф.). Ханты-Мансийск, 2009. Т. 1. С. 144-156.

¹⁶⁵ Гурари Ф. Г. Строение и условия образования клиноформ Западно-Сибирской плиты (история становления представлений). Новосибирск: СНИИГГиМС, 2003. 141 с.

¹⁶⁶ Северное Приобье Западной Сибири. Геология и нефтегазоносность неокома (системно-литологический подход) / Ю. Н. Карогодин, В. А. Казаненков, С. А. Рыльков, С. В. Ершов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. 200 с.

¹⁶⁷ Алексеев В. П., Амон Э. О. К вопросу о генезисе песчаников неокомских клиноформ Западной Сибири и синфазности их латеральной и стратиграфической миграции // Меловая система России. Новосибирск, 2008. С. 16-18.

¹⁶⁸ Еремеев Н. В., Еремеев В. В. Литология, фации и коллекторские свойства верхнеберриасских-нижневаланжинских отложений севера Западной Сибири и прогноз коллекторов нефти и газа // Бюлл. МОИП. отд. геол. 2010. Т. 85. Вып. 3. С. 29-44.

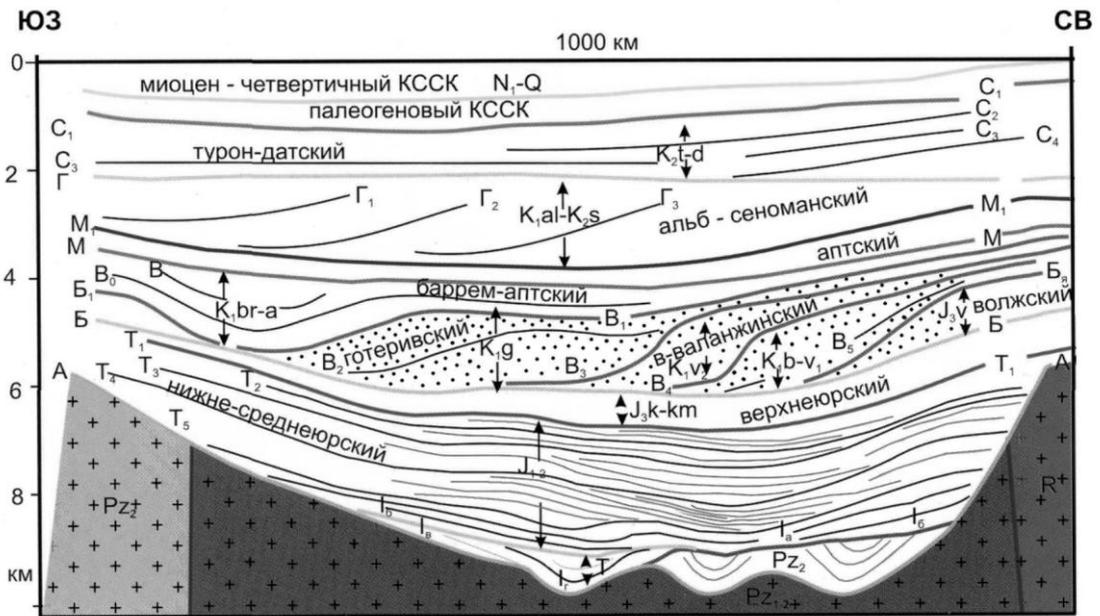


Рис. 4.31. Сейсмостратиграфический разрез осадочного чехла Западной Сибири (¹⁵², с сокращениями) (исходные данные: Н. Я. Кунин и др., 1995)

На рис. 4.32 приведена временная развертка данного комплекса, которая к настоящему времени детально рассмотрена во многих работах. Очевидно, что она удивительно соответствует текстуре восходящей ряби (см. рис. 4.22) и развертке модели Т. Чемберлена (см. рис. 4.23). Таким образом, наличие *инвариантная* схожест рассмотренных примеров, несмотря на огромные различия в их размерах: по толщине в 10^4 – 10^5 раз (от первых сантиметров до сотен метров), а по латерали или на площади в 10^5 – 10^6 раз (от десятков сантиметров и первых метров до десятков и сотен километров). Естественно, что с повышением уровня организации СЕ такое соотношение имеет тенденцию к увеличению, при уменьшении угла α (см. рис. 4.22, 4.23).

Верифицируем наши рассуждения несложными расчетами. Пусть (очень и очень примерно!) толщина одной клиноформы составит 40 м, а ее ширина – 40 км. Это, опять же очень примерно, будет соответствовать наличию 20 клиноформ общей толщиной (без временной суперпозиции) 800 м в полосе шириной 800 км. Тогда, при длительности неокома около 20 млн лет, скорость «стратиграфического» скольжения составит 40 м/млн лет, а латерального – 40 км/млн лет.

Собственно проверка заключается в следующем. 1. Соотношение компонент стратиграфического и латерального скольжений (градиент) составляет 1:100, что вполне соответствует реальному виду клиноформ на сейсмических разрезах. 2. Реальная скорость осадконакопления на 1-1,5 порядка превышала показанную выше величину скорости закрепления осадков в разрезе. Принимая первую за 400-2000 Бубнов (Б*), выявили, что 90-95 % «стратиграфического» времени приходится на перерывы в осадконакоплении, в ос-

* 1Б (Бубнов) = 1 м/млн лет = 1 мм/тыс. лет – единица скорости, названная в честь геолога С. фон Бубнова.

новном «барреловские» диаастемы (см. выше). З. «Сохраняя» градиент 1: 100, но изменив скорость осадконакопления на 1000 Б, мы получим «генетическую» скорость латерального продвижения отдельных клиноформ 100 км/млн лет. Эта цифра поразительно схожа со скоростью морских трансгрессий в маастрихте Северной Америки, определенной в 110-145 км/млн лет (¹⁶⁹, с. 166).

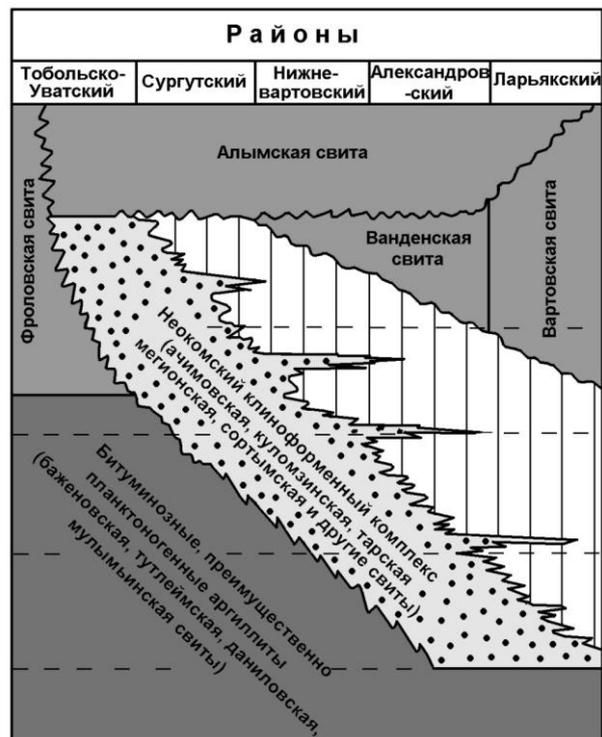


Рис. 4.32. Стратиграфическая схема (последовательность напластования) неокома Среднего Приобья (показан крапом: предположение Ф. Г. Гурари, сделанное в 1994 г.¹⁶⁵), по сути представляющая временную развертку интервала Б-М (см. рис. 4.31)

Таким образом, мы можем уверенно констатировать широкое проявление *самоорганизации* при формировании НК. Это иллюстрирует процессы коэволюции – «...подгонки частей друг к другу при образовании сложного целого, их резонансного взаимного расположения и *синхронизации* их темпов развития...» (⁶, с. 193). В свою очередь, изучение данных процессов требует соблюдения последовательности в исследованиях фациального направления. Они должны начинаться с определения генезиса отложений в *кернах*¹⁶⁴. Такой подход дает, в частности, положительное решение даже для стратиграфически почти «немых» толщ, что показано нами на примере юрских внутриконтинентальных терригенных толщ¹⁷⁰; позволяет понять формирование «аномальных» явлений (см. п. 2.3; рис. 2.24).

В качестве заверки выполненных рассуждений и показа их прогнозной значимости приведем соответствующие примеры.

Полноценной **проверкой** изложенному – как с позиций формирования подводно-дельтовых конусов выноса, так и неокомского комплекса ЗСОМБ – служит схема, приведенная на рис. 4.33.

¹⁶⁹ Кукал З. Скорость геологических процессов: пер. с чешск. М.: Мир, 1987. 246 с.

¹⁷⁰ Алексеев В. П., Амон Э. О. Бассейновая непалеонтологическая стратиграфия юры Северной Евразии: поиск и значимость инвариантов // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Второе Всерос. сов. Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2007. С. 4-6.

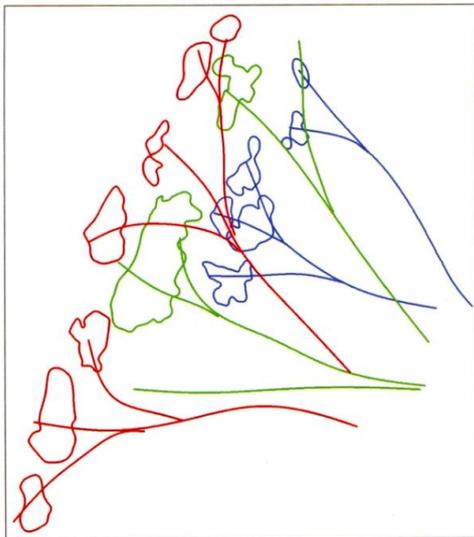


Рис. 4.33. Схема сопоставления дельтовых систем во время формирования клиноформ БВ₄₋₅, БВ₆₋₇ и БВ₈₋₉ резервуара БВ₈₋₉⁷²

Иллюстрацией же **значимости** установления закономерностей на базе предложенной модели (см. рис. 4.30) могут служить следующие цитаты из публикаций последних лет издания:

1. «При всем многообразии факторов, обуславливающих формирование депоцентров* ачимовских песчаников, уже давно отмечается **шахматный порядок их расположения** (выделено нами. – В. А.). Это обстоятельство можно объяснить различной степенью уплотнения депоцентров песчаников ачимовской толщи и разделяющих их преимущественно глинистых перемычек. Песчаники уплотняются значительно меньше, чем глины. Соответственно, депоцентры песчаников создавали холмистый рельеф в зоне бровки шельфа последующего секвенса, а разделяющие холмы впадины отвечали глинистым перемычкам между депоцентрами (рис. 4.34)¹⁷¹.

2. В песчаниках неокомских коллекторов «... депоцентры конусов выноса располагаются в **шахматном порядке** (выделено нами. – В. А.). Там, где в более древнем конусе выноса наибольшие мощности, в перекрывающем его пласте мощности уменьшаются, и зоны наибольших мощностей сдвигаются. Это связано с тем, что наибольшая мощность отложений накапливается в понижениях рельефа, и на время формирования следующего пласта в этом месте возникает возвышение из песчано-алевритовых отложений»¹⁷².

* Депоцентр (фр. *dépôt* – склад) – участок наиболее быстрого осадконакопления в осадочном бассейне; его часть, характеризующаяся наибольшей толщиной стратиграфической единицы разреза.

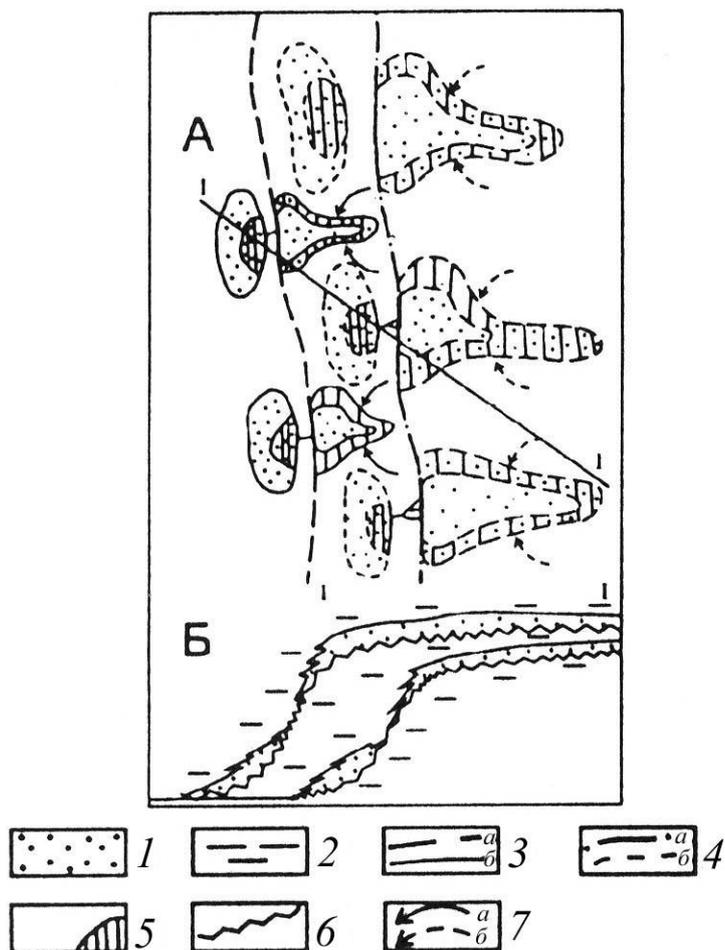
¹⁷¹ Жарков А. М., Цимбалюк Ю. А. Основы локального прогноза неантиклинальных ловушек УВ в ачимовской толще на примере юга Западной Сибири // Состояние, тенденции и проблемы развития нефтегазового потенциала Западной Сибири. Тюмень: ЗапСибНИИГГ, 2008. С. 112-117.

¹⁷² Ухлова Г. Д., Варламов С. Н., Кос И. М., Медведев Н. Я. Особенности строения неокомских отложений восточного склона Фроловской мегавпадины (на примере Ляминской площади) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2006. № 10.

Рис. 4.34. Модель связи накопления шельфовых и ачимовских песчаников¹⁷¹:

А – схема распространения депоцентров песчаников в сопредельных секвенсах (клиноформмах); Б – схематический геологический разрез по линии I-I.

1 – песчаник; 2 – аргиллит; 3 – контуры границ вышележащего пласта: а) бровки шельфа; б) депоцентров песчанности шельфовых отложений и ачимовской толщи; 4 – контуры границ нижележащего пласта: а) бровки шельфа, б) депоцентров песчанности шельфовых отложений и ачимовской толщи; 5 – зоны наиболее вероятного распространения неструктурных ловушек УВ в шельфовых отложениях и ачимовской толще; 6 – поверхность размыва; 7 – направления сноса песчаного материала: а) вышележащего пласта, б) нижележащего пласта



Из приведенных цитат следует допущение как син-, так и постгенетических процессов, приводящих к появлению «шахматного порядка», который для Западной Сибири впервые, по-видимому, был описан в работе¹⁷³. На наш взгляд, изначальное заложение такой конфигурации связано исключительно с седиментогенезом, при регулировке различным уплотнением разнокомпонентных пород **во время перерывов в осадконакоплении**. Как частное замечание, отметим, что характерная блоковость отложений, частично описанная выше (см. п. 4.1; рис. 4.15), дезавуирует попытки выделения линейных структур эстуариевого типа в несвойственных для их формирования палеогеографических областях^{156, 174}. Это относится к отложениям верхней части нижнемеловой викуловской свиты, где нами предположительно намечено блоково-«шахматное» распределение коллекторов группы ВК. В соответствующей работе³⁸ мы отметили, что «шахматная» смена направленности процессов осадконакопления имеет как вертикальный, так и латеральный векторы направленности, что требует дальнейшего осмысления и изучения.

¹⁷³ Мкртчян О. М., Трусов Л. Л., Белкин Н. М., Дегтев В. А. Сейсмогеологический анализ нефтегазовых отложений Западной Сибири. М.: Наука, 1987. 126 с.

¹⁷⁴ Медведев А. Л. Врезанные речные долины: история изучения и современное состояние вопроса // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2010. № 4. С. 31-43.

Подытоживая обширные и разноплановые сведения и используя менее известную сентенцию, чем о капле воды и Океане, признаем, что «интегралом скважину не пробуришь». Поэтому, не претендуя на сколько-нибудь представительное перечисление явного и скрытого *значения* выделенных *закономерностей*, приведем по одному конкретному заключению, имеющему вид рекомендации, для каждого из трех рассмотренных уровней.

Гранулоседиментогенез

Любые исследования, касающиеся седиментологических (читай - генетических) процессов, требуют соблюдения четкой *последовательности* пусть даже интуитивного характера. Они непременно должны начинаться с определения **генезиса** отложений в *керне* или, по меньшей мере, верифицироваться его изучением. Модельный подход позволит снять некритическое использование «фациальных ярлыков», нередко не обеспеченных достаточным фактическим материалом.

Стратоседиментогенез

Геометрическая «неправильность» литологических границ, выражающихся в их *зубчатости*, установленной еще Н. А. Головкинским, весьма важна при изучении пластовых тел с миграционной природой формирования (песчаных коллекторов). Надежность корреляции отложений существенно повышается при использовании *фациально-циклического анализа*, апробированного при изучении юрских отложений Западно-Сибирского осадочного мегабассейна.

Циклоседиментогенез

Именно процессами, описываемыми в рамках нелинейных представлений (самоорганизованная критичность и др.), хорошо объясняется формирование сигмоидных геологических тел («вейлитов^{*}», неокомских клиноформ), изучение которых имеет большое практическое значение. В то же время не следует механически переносить особенности их формирования на те объекты, где данный процесс не мог реализовываться «по определению» – например, в нижнеплитном этаже Западно-Сибирского осадочного мегабассейна. Замыкая цепочку рассуждений, повторим, что любые построения, выполненные без должной *верификации* генетических реконструкций на керновом (для глубокозалегающих толщ) материале, следует рассматривать только на уровне предположений.

* Вейлит – секвенция, стратиграфическая единица разреза, происхождение которой связано с эвстатикой, и названная по имени П. Р. Вейла (P. Wail): <http://strata.geol.sc.edu/index.html>. По сути почти тождественна клиноформе, точнее, клинотеме (см. выше).

Эссе 5. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ КАК ИНВАРИАНТНЫЕ РЕШЕНИЯ ЧАСТНЫХ ПРОЦЕССОВ (СОБЫТИЙ)

Накопленные в предыдущих эссе сведения позволяют перейти к обобщениям, имеющим собственно синергетическое содержание. В целом оно соответствует мультидисциплинарному подходу (см. п. 1.1) и в наименьшей степени может быть «математизировано», имея в виду множественные решения анализируемых вероятностных, нелинейных процессов. Особенно это относится к геологии как специфической отрасли знания, имеющей дело с «непроверяемыми» объектами прошедшего времени. Тем более, новый взгляд на известные факты может по-новому, синергетически представить картину ушедших эпох.

5.1. Сопряженность в развитии событий – оперение «стрелы времени»

Проблема времени вообще, а геологического – как в частности, так и в особенности – чрезвычайно обширна и не имеет к настоящему моменту достаточного решения. Поэтому, не вдаваясь глубоко в рассуждения философского характера, определимся с несколькими базовыми понятиями. Так, несомненная необратимость процессов в природе, часто определяемая как эволюция, как бы задает направление на оси времени* от прошлого к будущему. Это свойство времени английский физик и астроном А. Эддингтон в 1920-х гг. образно назвал «стрелой времени». Продолжая данный образ, можно представить себе, что события, по которым реставрируется полет данной стрелы, являются ее оперением. Естественно, чтобы обеспечить этот полет по прямой траектории, необходима сбалансированность оперения, определяющаяся сопряженностью происходящих процессов.

Такую сопряженность в условиях постоянного и необходимого изменения процессов можно назвать **коэволюцией**. Отметим, что определения данного понятия нет ни в БСЭ, ни в «Геологическом словаре»¹⁷⁵. Приведем несколько его характеристик из разных источников.

- Коэволюция – совместная и взаимосогласованная эволюция сложных структур мира (⁸⁶, с. 200).

- Коэволюция представляет собой соразвитие взаимодействующих систем, расположенных на одном уровне организации материи или включенных друг в друга в силу принадлежности к разным уровням ее организации¹⁷⁶.

* Ось времени, временная ось (именуемая также в контексте термодинамики стрелой времени) – концепция, описывающая время как прямую (т. е. математически одномерный объект), протянутую из прошлого в будущее. Из любых двух несовпадающих точек оси времени одна всегда является будущим относительно другой // ru.wikipedia.org.

¹⁷⁵ Геологический словарь. В трех томах. Изд. третье, перераб. и доп. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011. Т. 2. 480 с.

¹⁷⁶ Гетманов И. П. Принципы коэволюции: автореф. дисс. ... д-ра филос. наук. Ростов-на-Дону, 2005. 48 с.

- Коэволюция – взаимодействие двух (или более) природных систем, приводящее к ускорению исторического развития каждой из них¹⁷⁷.

- Коэволюция (лат. со – с, вместе и evolutio – разворачиваться, развиваться) – совместная эволюция биологических видов, взаимодействующих в экосистеме (пример: «хищник – жертва» – см. рис. 4.7) // ru.wikipedia.org.

Из этих определений следует, что в узком смысле (s. str.) под коэволюцией понимается взаимодействие некоторых систем или их элементов, то есть изначально **разных** объектов. Одновременно в более широком смысле (s. l.) этим понятием можно охватывать и различные стороны **одного** процесса(ов), в которые вовлечена(ы) сложная, гетерогенная система. Именно такой подход, например, прослеживается в ряде докладов, представленных на конференции, проведенной в 2012 г. в г. Саратове¹⁷⁸. Мы считаем, что имеющаяся неоднозначность в употреблении того или иного термина не должна служить препятствием в обобщении материалов. Чтобы обосновать это, далеко не бесспорное, положение, приведем некоторые примеры.

- Выше, в п. 3.3, было указано на неоднозначность многих геологических терминов, особенно понятия «фация». Однако это не является непреодолимым препятствием для использования литолого-фациального анализа, например, в нефтегазогеологических и промысловых работах.

- В конце 1970-х гг. имела место длительная дискуссия, начатая Н. Б. Вассоевичем^{179, 180}, связанная с терминологией, относящейся к периодичности чередования пород. В ее результате более или менее укоренился термин «циклит», призванный отделять результат от собственно процесса (цикл как временной промежуток). (Мы используем для этой цели термин «литоцикл», охарактеризованный в п. 4.2.) Однако уже 20 лет назад было подчеркнуто, что «и термин «литоцикл» следует употреблять лишь в тех случаях, когда необходимо подчеркнуть именно то, что речь идет о составном элементе разреза (а не о процессе), а из контекста это почему-либо неясно (или недостаточно ясно)». В иных случаях можно оставлять всем привычный и понятный термин «цикл» (или «седиментационный цикл»), уже прочно вошедший в многочисленные публикации и у нас, и за рубежом» (⁵⁷, с. 14). Дополним к этой цитате, что истекшие двадцать лет вполне позволяют вернуться к этому предложению, вернувшись на новом «витке спирали» к циклу.

¹⁷⁷ Барсков И. С. Коэволюция минерального и биологического миров // Тез. докл. Междунар. раб. сов. «Происхождение и эволюция биосферы». Новосибирск, 2005. С. 71-72.

¹⁷⁸ Коэволюция геосфер – от ядра до Космоса: Материалы Всерос. конф. памяти члена-корреспондента РАН, лауреата Государственной премии СССР Глеба Ивановича Худякова. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2012. 472 с.

¹⁷⁹ Вассоевич Н. Б. Уточнение понятий и терминов, связанных с осадочными циклами, стадийностью литогенеза и нефтегазообразования // Основные теоретические вопросы цикличности седиментогенеза. М.: Наука, 1977. С. 34-58.

¹⁸⁰ Вассоевич Н. Б., Гладкова Е. Г. О необходимости упорядочения терминклатуры, связанной с периодичностью и цикличностью литогенеза, нефтеобразования и других природных явлений // Современные проблемы геологии и геохимии горючих ископаемых. М.: Наука, 1973. С. 9-31.

• В отношении ряда терминов можно использовать понятие «смыслового поля», охарактеризованного в работе⁴⁷. Справедливо указано, что «Поле смыслов одного слова до и после введения ограничений (в контексте) может выглядеть так, как показано на рис. 5.1.

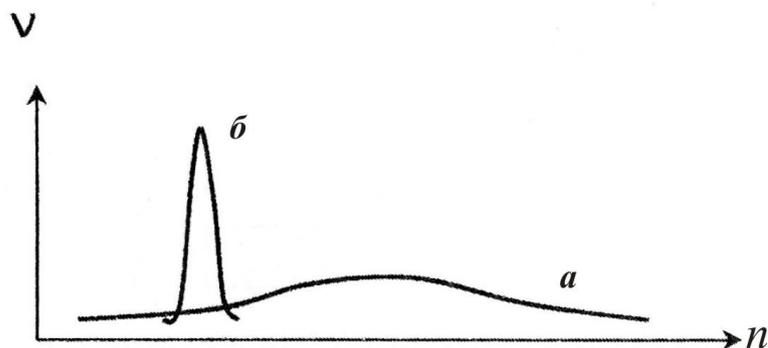


Рис. 5.1. Смысловое поле многозначного термина до (*а*) и после (*б*) его ограничения в контексте: *V* – частота использования термина, *n* – смысловой континуум

У служителей науки периодически возникает стремление дать однозначное толкование каждому термину, заменить слова с нечетко определенным содержанием группой максимально узких обозначений. Издаются профессионально ориентированные нормативные словари. Для науки это действительно актуально, но нередко уважаемые ученые перегибают палку. В разных ситуациях оптимальная строгость определений различна. Чрезмерно «зауженные» смысловые поля перестают соответствовать реальному разнообразию жизненных явлений, теряется гибкость, теряются оттенки смыслов»⁽⁴⁷⁾, с. 158-159).

• Наконец, проиллюстрируем существенную *трансляцию* терминов на примере понятия «каузальность» (лат. *causalis* – причинность), отражающего взаимообусловленность событий во времени. Н. Д. Кондратьев в цитированной выше работе³² предложил различать два типа научных законов: каузальные, со строгой причинно-следственной зависимостью, и эмпирические, когда причины, обусловившие ту или иную закономерность, не истолкованы. По сути, продолжением данной позиции может служить выдержка из современного представления: «Отрицание необходимой каузальности, признание нелинейности развития – важная презумпция в синергетике»¹⁸¹. Одновременно приведем истолкование данного понятия с позиций лингвиста (!), использовавшего синергетический подход, толкующий каузальность как саморегулирующийся механизм¹⁸². В этой работе один из лейтмотивов звучит так: «Специфика построения каузальной рамки для естественно-языковой аргументации заключается в том, что «причина» и «следствие» рассматриваются как относительные понятия, определяемые количественными и качественными

¹⁸¹ ru.wikipedia.org.

¹⁸² Сташ А. В. Каузальность как компонент категориального поля аргументации: автореф. дис. ... канд. филол. наук. Краснодар, 2011. 26 с.

ми характеристиками. Причина и следствие – основные компоненты каузального механизма – *содержательно* взаимозаменяемы в силу синергетического начала, т. е. мобильной иерархии причинно-следственных отношений, *прагматически* акцентируемы в зависимости от стратегического начала, *формально* вычленимы с помощью определенных маркеров» (¹⁸², с. 14). Достаточно очевидно, что весьма строгая причинно-следственная природа каузальности транслировалась в ее сущностную относительность. В целом же в приведенном высказывании, на наш взгляд, отчетливо высвечивается проверка общеметодологического, междисциплинарного значения синергетики, на что нами указывалось многократно, в т. ч. в п. 1.1 (см. рис. 1.1, иллюстрирующий NBIC).

Дополним приведенные рассуждения еще одной развернутой цитатой, на этот раз из работы К. Майнцера⁵¹, в основном посвященной проблемам эволюции s. I. – от материальных объектов до системы «разум – мозг» и человеческого общества.

«Иногда современные материаловеды называют созданные ими системы сообразительными или даже «умными» материалами. Цель исследований иногда описывается как «оживление неживого мира»¹⁸³. С философской точки зрения представляется, что такой девиз возвращает нас к традициям алхимии. Возможно, что кто-то из философов науки может критиковать словарь материаловедов как ненаучный анимизм. Но с точки зрения сложных систем, в нем есть твердое научное ядро. Свойства самоорганизации не обязательно соединяются с сознательным поведением на базе нервной системы. Они даже не обязательно зависят от биологических катализаторов или информационных устройств, закодированных в генах. Таким образом, **между так называемыми неживой и живой природой нет разрыва** (выделено нами. – В. А.). При эволюции материи мы наблюдаем системы с более или менее высокими степенями организации. Ясно, что мы сделали лишь самые первые шаги в понимании таящегося в них потенциала» (⁵¹, с. 109-110).

В этом контексте, в очередной раз возвращаясь к изложенным ранее сведениям, подчеркнем их соответствие неклассической парадигме (см. табл. 1.1), с переходом в постнеклассический вариант вида (Субъект ↔ Средства ↔ Объект), когда «Субъект» становится полноправным участником процесса познания. По-иному начинает звучать крылатое выражение «И камни говорят» (А. Е. Ферсман, 1945) и мрачные аллегории в стихотворении «Камень» Н. С. Гумилева (1908). (Естественно, что приведены примеры, соответствующие контексту представленной работы.)

Суммируя приведенные сведения, определим, что под коэволюцией нами понимается не только взаимодействие разных объектов различных систем (или входящих в одну систему), но и разные стороны эволюции одного и того же объекта (или объектов), рассматриваемые под различающимся углом зрения или различными способами (методами). Правомерность такого взгляда

¹⁸³ Amato I. Animating the material world // Science, 1992. V. 255. P. 284-286.

да находит полное подтверждение в специальном исследовании¹⁸⁴. Его авторы пришли к выводу о том, что «термин «коэволюция» приобретает в русскоязычных словарях все более широкий смысл, он переходит из чисто биологического понятия в категорию общенаучного. При этом в англоязычных словарях биологический смысл, вкладываемый в этот термин изначально, сохраняется, он не расширяет своего смысла».

В завершение раздела приведем ряд положений из работы Е. Н. Князева и С. П. Курдюмова с символическим названием «Нелинейность времени и ландшафты * коэволюции»⁸⁶:

- «... изучая универсальные закономерности эволюции и самоорганизации сложных нелинейных систем, синергетика открывает глубинный изоморфизм живого и неживого, общность образцов эволюции, самоорганизации и структурных образований в царствах живой и «мертвой» природы» (с. 14-15).

- «В становящейся синергетической картине мира раскрывается сложная, амбивалентная природа нового. С одной стороны, оно непредсказуемо, неожиданно, эмерджентно (т. е. невыводимо из наличного), ибо прохождение через точки бифуркации делает эволюционный процесс необратимым. А с другой стороны, новое запрограммировано, потенциально дано в настоящем. ... Природа нового парадоксальна: ничто не ново в этом открытом креативном (т. е. постоянно творящем новое) мире» (с. 144).

- «Коэволюция – не просто процесс подгонки частей друг к другу при образовании сложного целого, их резонансного взаимного расположения и синхронизации их темпов развития, но и инактивированное познание человеком мира, синергизм познающего и конструирующего субъекта и окружающей его среды. ... Это – обнаружение универсального средства всего со всем и таинственной связи между прошлым, настоящим и будущим» (с. 193).

Приведением столь обильных цитат автор стремится показать, что серия монографий данных авторов^{6, 86, 185} является, наравне с исследованиями П. М. Горянова и др.^{28, 29}, главными ориентирами, которыми он пользовался в своих работах. Постоянное обращение к ним, сверка полученных результатов позволяют быть достаточно уверенным в достоверности таковых при положительном совпадении итогов исследования. В частности, поэтому в заголовке раздела использован «ландшафтный» образ, отражающий топологическое представление времени, спроецированное на геологическое прошлое.

* Ландшафт (нем. Land – земля и schaft – суффикс, выражающий взаимосвязь, взаимозависимость) – многозначный термин. Географический ландшафт – конкретный индивидуальный природно-территориальный комплекс // ru.wikipedia.org. Фация – это элементарный палеоландшафт (см. табл. 3.5).

¹⁸⁴ Иванов А. В., Криницкая К. И. Дефиниции термина «коэволюция» в разных англоязычных и русскоязычных словарях // Коэволюция геосфер: от ядра до Космоса. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2012. С. 38-41.

¹⁸⁵ Князева Е. Н., Курдюмов С. П. Основания синергетики. Человек, конструирующий себя и свое будущее. М.: КомКнига, 2006. 232 с.

Переходя к последующему изложению сведений, не откажем себе в удовольствии сделать еще одну ссылку на исследования Н. Д. Кондратьева, в буквальном смысле предвосхитившего многие положения науки и практики. В дважды упоминавшейся выше работе³² им написано следующее: «Сюда (к индуктивному методу. – В. А.) относится, например, историко-сравнительный метод. По своей логической сущности историко-сравнительный метод имеет связь с методом индуктивного умозаключения по принципу сходства, различия или сопутствующих изменений. Однако об установке индукции в точном смысле слова здесь говорить нельзя. И хотя этот метод оказал, несомненно, очень большие услуги развитию социально-экономических наук, но очевидно, что сам по себе он может привести к установлению лишь эмпирических связей и эмпирических законов, не допускающих количественного выражения, не могущих служить основанием для точного предвидения».

В приведенной цитате нами видится два достаточно важных аспекта. Первый, геологический, заключается в том, что указанный выше историко-сравнительный метод нашел через некоторое время реализацию в виде сравнительно-исторического метода Н. М. Страхова¹⁰. Второй, синергетический, заключается в проекции мыслей Н. Д. Кондратьева на сегодняшний уровень развития науки. То, о чем почти девяносто лет назад было «говорить нельзя» (установка индукции в точном смысле слова: см. вышеприведенную цитату), сегодня является предметом активного исследования в рамках нелинейного мышления.

5.2. Палеоландшафты геологической коэволюции

Выше мы неоднократно подчеркивали, что иерархичность – главная характеристика геологических объектов. Среди их многообразия осадочные толщи представляют собой лучший объект для изучения, в связи с наличием неоспоримого самостоятельного надгорнопородного или циклического уровня (см. табл. 1.3). На рис. 5.2 в схематизированном, модельном виде представлено соотношение основных отраслей геологического знания, применительно к стратиформным* (s. l.) объектам (в иных случаях «место» литологии должно быть отведено магматизму либо геохимии и т. п.).

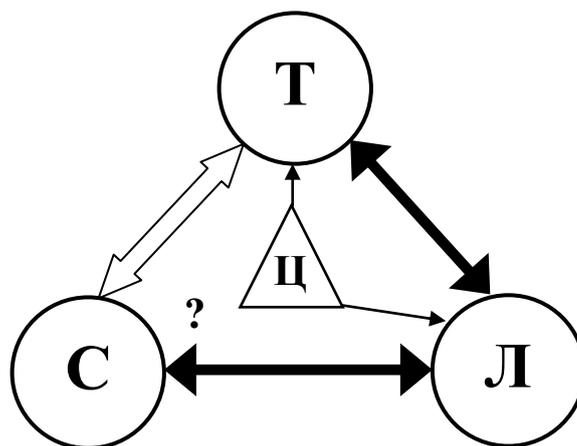
Каждая из вершин треугольника, изображенного на рис. 5.2, характеризуется набором своих признаков, своей значимостью и т. д. В нашу задачу не входит даже краткое их пояснение, что заняло бы слишком много места. Сосредоточимся на иллюстрации связей между элементами показанной системы, что делается не столь часто.

* Стратиформность (лат. *stratum* – настил, слой; *forma* – вид, облик) – залегание объектов изучения среди слоистых толщ, при окончательно неустановленном генезисе.

Рис. 5.2. Взаимоотношение основных геологических направлений:

- Т – геотектоника, геодинамика;
- С – стратиграфия;
- Л – литология (петрография для магматических пород);
- Ц – цикличность (иерархичность)

Сплошные стрелки – объект рассмотрения в представленной работе



Предварительно приведем некоторые суждения общего характера, которые, на наш взгляд, достаточно убедительно верифицируют представленную на рис. 5.2 модель, с позиций помещения в центр треугольника показателя цикличности, определяющего иерархию (уровни организации) геологических тел. Так, в работе²⁷ показано, что «Целесообразно развитие **фрактально-ячеистой модели геосфер** (выделено нами. – В. А.), базирующейся на следующих основных положениях (даны с сокращением).

1. Каждая геосфера потенциально может быть расслоена на подсферы практически бесконечно. (В пределах действия инварианта: см. табл. 4.4 – В. А.)

2. Границы геосфер по латерали также фрактальны (наиболее известный пример – береговые линии и эрозионные структуры).

3. Все геосферы пронизаны фрактальными структурами.

4. «Особый интерес представляет вопрос динамики и развития фрактально-ячеистой структуры геосфер в свете глобальной эволюции Земли и **коэволюции ее оболочки** (выделено нами. – В. А.)».

В рамках магистральной линии наших рассуждений первое из перечисленных выше положений относится к линейной координате, расположенной перпендикулярно к поверхности Земли. (Понятно, что используемая терминология предельно условна). Назовем ее C . Кстати, напомним, что в определенных случаях нахождение координаты C на вертикальной линии может быть неоднозначным (см. рис. 4.4), в связи с трансляцией отображения в вертикальной плоскости P (геологический разрез вида $2D$). Второе положение относится к горизонтальной плоскости L (также $2D$), а третье – к объему Q , соотносимому с моделью вида $3D$. Наконец, четвертое положение соотносит отстраиваемые модели к категории полно определенных ($4D$), где четвертая координата – это возраст (T). Такие модели ($C \cdot P \cdot Q \cdot T$) строятся для нефтегазоносных толщ с помощью сейсмостратиграфических методов, базирующихся на четырех принципах: адекватности, конечности и дискретности, специализации (одинаковости геологической природы граничных поверхно-

стей) и иерархичности (!)¹⁸⁶. Очевидно, что последний принцип логично завершает цепочку наших рассуждений, предоставляя проверку предложенной модели (см. рис. 5.2).

Очень кратко остановимся на характеристике основных отраслей геологического знания, показанных на рис. 5.2 в кружках, с позиций именно их иерархичности. Как неоднократно отмечалось выше, для литологии (Л) цикличность является характерной чертой, начиная с выделения самостоятельного надгорнопородного уровня (см. табл. 1.3). Диапазон проявления собственно геологических циклов в основном ограничивается пятью порядками, что показано на рис. 4.19 и охарактеризовано в табл. 4.4. Данный аспект является лейтмотивом представленной работы в целом.

Основы тектонической (Т) цикличности заложены еще в XVIII веке, не претерпев с тех пор особенно принципиальных изменений. Один из вариантов соотношения циклов, реализованных в геосферах, приведен в табл. 5.1. Скорее в «справочном» порядке отметим, что иерархичность тектонических структур издавна является объектом пристального внимания. В качестве одного из примеров сошлемся на работы Л. И. Красного, выделяющего мега-, макро-, микро- и наноделимость¹⁸⁷ (мы бы добавили еще мезоуровень). Кстати, достаточно понятно, что каждый из выделенных уровней характеризуется своим эмерджентным свойством. По латерали такая делимость соответствует блоковому строению, что ранее было показано на рис. 4.15. Наибольший интерес для нефтегазовой геологии будут представлять блоки, меньшие по размерам, чем показанные в табл. 5.1. В этом случае будет иметь место «взаимопроникновение» ранжировки объектов «сверху вниз» (т. е. от большего к меньшему) и «снизу вверх» (от меньшего к большему), что было проиллюстрировано в табл. 4.2. «Стыковку» таких векторов классификации проиллюстрируем следующим высказыванием. «При анализе морфологических особенностей поверхности фундамента Западно-Сибирской плиты фиксируется его блочное строение, проявляющееся в строении чехла. Крупные блоки (первого порядка) размерами $(20...24) \times (23 \dots 32)$ км, в свою очередь, разбиты на блоки последующих порядков, вкладывающиеся друг в друга. Размеры блоков (второго. – В. А.) порядка $(6 \dots 8) \times (4 \dots 5)$ км и мельче»¹⁸⁸. Как из него следует, первый порядок описанных структур соответствует 5-6 рангам ГС, до которых «не дошла» классификация, показанная в табл. 5.1.

¹⁸⁶ Антипов М. П., Волож Ю. А., Чамов Н. П. Четырехмерные модели нефтегазоносных бассейнов // Современные проблемы геологии. М.: Наука, 2004. С. 251-270 (Труды ГИН РАН. Вып. 565).

¹⁸⁷ Красный Л. И. Разномасштабная делимость // Вестник РАН. 2002. Т. 72, № 6. С. 515-519.

¹⁸⁸ Устинова В. Н., Устинова И. Г. Дискретные иерархические системы в геофизике // Известия ТПУ. 2012. Т. 320, № 1. С. 91-97.

Геодинамика иерархически соподчиненных геосфер¹⁸⁹

Ранг ГС	Геосфера, h , км	Ареал	Процессы, структуры	Ранг ГЦ t , Ма	h/t , см/год
ГС-0	Вся Земля 6370	Повсеместно	Западная и северная компоненты дрейфа континентов, связанные с поднятием Антарктиды и опусканием Арктики по «правилу буравчика»	Цикл северного дрейфа 1700	0,37
ГС-1	Вся мантия 2900	Повсеместно	Созидание и распад суперконтинентов	Циклы Вилсона 650	0,45
ГС-2	Верхняя мантия 660-670	Под океанами	Субдукция, коллизия, спрединг	Циклы Бертрана 175-200	0,33-0,38
ГС-3	Астеносфера + литосфера		Двухъярусная конвекция:		
	ГС-3а 300-400	В зонах повышенного теплопотока (субдукции, коллизии, спрединга)	В зонах субдукции и коллизии – мантийные диапиры, впадины над ними, дугобразные желоба и зоны Беньофа или центробежно-вергентные складчато-покровные сооружения на периферии	?	?
	?			?	
	ГС-3б 100-220		В зонах коллизии - системы линейных продольных поднятий с «корнями» и впадин с «антикорнями»	Циклы Штилле 30	0,33-0,73
ГС-3в 50-100	В зонах спрединга - системы линейных поперечных поднятий с корнями и впадин с антикорнями		?	?	
ГС-4	Осадочный чехол 5-15	В зонах коллизии	Термофлюидная конвекция. Региональный метаморфизм. Антиклинории и синклинии, складки	Фазы складчатости 1-3	~ 0,50

Примечание: ГС – геодинамические системы; ГЦ – геодинамические циклы; циклы Вильсона, Бертрана и Штилле – по В. Е. Хаину¹⁹⁰; h – мощность геосферы; t – длительность цикла в Ма (млн лет).

В отношении третьей вершины треугольника – стратиграфии (С) констатируем, что в отечественном варианте она как бы «уберегла» себя от цикличности. Действительно, ни в Стратиграфическом кодексе¹⁹¹, ни в Дополнениях к нему¹⁹² по существу нет упоминаний о циклостратонах, хотя такие

¹⁸⁹ Гончаров М. А., Талицкий В. Г., Фролова Н. С. Введение в тектонофизику. М.: КДУ, 2005. 496 с.

¹⁹⁰ Хаин В. Е. Тектоника континентов и океанов (год 2000). М.: Научный мир, 2001. 606 с.

¹⁹¹ Стратиграфический кодекс России. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 96 с.

¹⁹² Дополнения к Стратиграфическому кодексу России. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. 112 с.

предложения высказывались многократно, например, в работе¹⁹³. Отметим, что речь идет не о простейших циклитах в виде треугольной иллюстрации направленности в изменении размерности терригенных пород¹⁵⁴. Преимущества циклов (или литоциклов), выделяемых на основании генетических реконструкций, при использовании в качестве стратиграфических единиц, в частности, разобраны в работе^(57, с. 302-307). Главное из них заключается в том, что они могут быть прослежены в пространстве на основании характера направленности изменений их компонентов во времени, независимо от того, что их состав по площади может существенно меняться. Отметим, что именно такая характеристика цикличности успешно используется в сиквенс-стратиграфии (сейсмостратиграфия), опирающейся на хорошо прослеживаемые в объеме 3D границы геологических тел. Задача расчленения толщ решается в рамках сейсмостратиграфии, базирующейся на четырех принципах: адекватности, конечности и дискретности, специализации (одинаковости геологической природы граничных поверхностей) и иерархичности (!)^(186; см. выше). Сопоставляемые с соблюдением этих принципов квазистатические модели нефтегазоносных бассейнов относятся уже к категории полно определенных четырехмерных (4D), где четвертая координата – это возраст. Не вдаваясь непосредственно в методику сейсмостратиграфических исследований, отметим, что под основной элементарной системой, или *парасеквенсом* (parasequence), понимается «мелеющая вверх последовательность слоев (регрессивный циклит), ограниченная поверхностями морского затопления (marine flooding surface) – уровнем наибольшей мористости осадков, а под пакетом парасеквенсов (parasequence set) – последовательность парасеквенсов по вертикали. Выделяются три типа таких последовательностей: проградационный (регрессивный), ретроградационный (трансгрессивный), характеризующие соответственно наступление и отступление береговой линии и аградационный с относительно стабильным положением ландшафтных обстановок»^(192; с. 60-61). Как видно, приведенные определения по сути подчеркивают примат генетических (фациальных) построений при установлении цикличности в терригенных (и не только – !) толщах.

Здесь остается только очередной раз высказать сожаление по поводу того, что давние и многолетние призывы к использованию явлений цикличности (ритмичности) при стратиграфических построениях^(193 и мн. др.) так и не нашли должного отклика в отечественной стратиграфии. В противовес этому, секвентная стратиграфия была внедрена очень быстро (см. выше). В данном плане приведем развернутую цитату из работы ведущего российского литолога В. Т. Фролова, с которой в целом мы вполне согласны. «Возникла секвентная стратиграфия, в которой адекватно отразились успех и «грехопадение» американской геологии, блеск которой – в ведущей роли в разработке сейсмостратиграфии, а «грех» – в полной непоследовательности, в измене

¹⁹³ Попов В. И., Тихомиров С. В., Макарова С. Д., Филиппов А. А. Ритмостратиграфические, циклостратиграфические и литостратиграфические подразделения. Ташкент: ФАН, 1979. 112 с.

себе. ... То они обвиняли русских геологов в излишнем генетизме, видя в нашем постоянном стремлении понять природу геотел недопустимый уровень спекулятивности, теперь сами вдруг впали в такое малообоснованное «навешивание генетических ярлыков», на которое мало кто из российских геологов отваживался: смену секвенций они однозначно укладывали в прокрустово ложе кривой колебаний уровня океана, как будто не действовали тектонические и другие факторы. Видимо, справедливо выражение «крайности сходятся»: крайний позитивизм («верю только в очевидные факты») и чрезмерные спекуляции (генетические заключения под идею или теорию)»⁽¹⁵⁹⁾, с. 94).

Изложенным мы в предельно сжатом виде осветили сложившуюся ситуацию с использованием представлений об иерархичности для рассмотренных отраслей геологического знания. Выражаясь образно, оно дано «в статике», наложенной на стрелу геологического времени. По сути, последним определяется эволюция для каждого из направлений, являющаяся объектом многих исследований. Теперь попробуем оценить связи между рассмотренными позициями в динамике, делая попытку оценить коэволюцию между ними, в том понимании, что было изложено в п. 5.1. Таким образом, оценке подлежат три стороны треугольника, приведенного на рис. 5.2.

Характеристика этих сторон, как и следовало ожидать, исходя из существенной специфики геологического знания, будет неравнозначной. Так, имеется огромное количество работ, описывающих **историю геологического развития** тех или иных объектов. По сути, они характеризуют взаимоотношение **Т – С** (см. рис. 5.2), чаще всего именно с позиций коэволюции, пусть не всегда осознанной. Литология для стратиграфии (сторона **Л – С** на рис. 5.2) выступает в двойном виде. С одной стороны, первая часто выглядит в виде «служанки», иллюстрируя тот или иной состав установленного разными способами стратиграфического подразделения. С другой – она может быть и «госпожой», что приводит к выделению огромного количества свит по однородности их литологического состава, как это имеет место в Западной Сибири. Это ведет к «кризису бассейновой стратиграфии», который особенно ярко наблюдается для неокомских отложений Западно-Сибирского бассейна (см. рис. 4.31).

Оставив эти отношения для другого, специального рассмотрения, сосредоточимся на стороне треугольника **Т – Л** (см. рис. 5.2), которая также издавна привлекает пристальное внимание. Вначале определим соотношение уровней организации геологических тел с общих позиций, что показано в табл. 5.2.

Разные «векторы» ранжирования объектов (см. табл. 4.2), частично отмеченные выше, при описании тектонической иерархии показывают различия в мышлении тектонистов и седиментологов (от большего к меньшему и наоборот). Ключевую позицию здесь занимают «стыковочные» ранги: ГС-4 в «тектонической» классификации и 6-й в общегеологической, которым соответствует основное понятие «осадочный бассейн» (ОБ).

Сопоставление объектов геодинамических исследований

Геосферы ¹⁸⁷			Уровни организации (⁴¹ ; см. табл. 1.3)			
Ранг	Геосфера h (км)	t , Ма	группа	ранг	виды элементов	
ГС-0	Вся Земля, 6370	1700	Планетарный		Земля	
ГС-1	Вся мантия, 2900	650	Глобальная	12	Сегменты планеты	
ГС-2	Верхняя мантия, 660-670	175-200		11	Геосфера	
ГС-3	Астеносфера + литосфера ГС-3а, 300-400	?		10	Глобальные зоны геосфер	
	ГС-3б, 100-220	30		Геоструктурная	9	Геоструктурные области
	ГС-3в, 50-100	?			8	Слои земной коры
ГС-4	Осадочный чехол, 1-5	1-3**		Формационная	7	Тектонические комплексы
ГС-5*	Изолированные депрессии, впадины, до 0,5 (1)	до 5	6		Формационные комплексы (серии)	
			Минеральная	5	Геоформации (свиты)	
				4	Наборы пород (литоциклы***)	
				3	Породы	
				2	Минералы	
				1	Молекулы	

* Добавлен нами

** Обычно больше, в том числе и значительно

*** У автора⁴¹ – фации

Сопоставление, произведенное в табл. 5.2, имеет совершенно определенное эмерджентное значение. Именно стык 4-5 рангов по первому, геотектоническому, и 5-6 рангов по второму, литологическому, подходам, по нашему мнению, определяет ту минимальную и достаточную величину толщины осадочного чехла, которая свидетельствует о необходимости и целесообразности проводить границу между открытыми и закрытыми системами. К подтверждению этой позиции приведем небольшую цитату: «... геодинамические системы (ГС) более высокого (менее масштабного) ранга функционируют не во всей геосфере того же ранга, а только в «благоприятных» для нее сегментах этой геосферы, обусловленных функционированием ГС более низкого (более масштабного) ранга»¹⁹⁴. Как видно, это высказывание, подтвержденное (в том числе экспериментально) в работе¹⁸⁷, свидетельствует об изначальной интерференции, а следовательно, нелинейности тектонических процессов, приводящих, в частности, к формированию осадочного чехла или

¹⁹⁴ Гончаров М. А. От тектоники литосферных плит – к геодинамике иерархически соподчиненных геосфер // Отечественная геология. 1999. № 3. С. 10-14.

геодинамических структур 4-го ранга (ГС-4). В свою очередь, ГС-4 определяется термофлюидной конвекцией* в осадочном чехле¹⁹⁴, причем уже в цитируемой статье, написанной более 10 лет назад, автор прямо указал, что разрабатываемую концепцию компенсационной, многоярусной и иерархической геодинамики «... надо рассматривать в аспекте нелинейной геодинамики, к чему постоянно призывает Ю. М. Пушаровский ... и подтверждение чего содержится в результатах компьютерного моделирования...».

В подтверждение изложенных позиций приведем их разноплановую верификацию в виде выдержки из работы²⁹. «Впервые идея о самоподобии геофизической среды была озвучена нашим выдающимся геофизиком М. А. Садовским (1979). В соответствии с этой идеей, он предлагал рассматривать литосферу как систему взаимодействующих неоднородностей, которая в процессе непрерывной подпитки эндогенной энергией самоорганизуется в единую структуру, имеющую самоподобный (иерархический) характер. Именно по этой причине в пределах одного и того же геологического объекта могут быть реализованы многие фрактальные структуры – в этом случае их геометрические характеристики (фрактальная размерность, интервалы масштабов фрактальности и т. д.) оказываются взаимосвязанными» (с. 352).

Приступая к рассмотрению *коэволюции* в анализируемых процессах, прежде всего обратим внимание на **геодинамическую константу** или ГК, приведенную в правом столбце табл. 5.1. Она определяется соотношением мощности геосфер (h), в которых функционируют конвективные геодинамические системы, к длительности (t) соответствующих геодинамических циклов. Как видно из табл. 5.1, значение ГК для разных геосфер весьма близко, составляя в среднем $4,5 \pm 0,1$ мм/год, или 4,5 тыс. Б (бубнов).

В своих исследованиях мы многократно констатировали постоянство скоростей осадконакопления (не путать со скоростью закрепления осадков в разрезе! – см. п. 4.2 и рис. 4.18). По нашему мнению, она составляет 1-2 мм в год, или 1-2 тыс. Б, а постоянство такой величины для терригенных толщ позволило назвать ее **седиментологической константой**¹⁹⁵, или СК. Существенная близость значений ГК и СК позволила нам полагать коэволюцию в протекании тектонических и седиментационных процессов¹⁹⁶. Фактически она и рассмотрена выше, при анализе достаточно высоких рангов скольжения геологических тел (см. п. 4.3). При этом связь седиментологии с геодинамикой в принципе присуща даже уровню гранулоседиментогенеза, реализуясь релаксацией напряжений в виде волновой либо пилообразной¹⁸⁷ функции.

* Конвекция (лат. convectio – доставка) – процесс перемешивания, при некоторых условиях самоорганизующийся в структуру отдельных вихрей с более или менее правильной решеткой из конвекционных ячеек // ru.wikipedia.org.

¹⁹⁵ Алексеев В. П. Седиментологическая константа – основа для палеореконструкций (мезозой Северной Евразии) // Новые идеи в науках о Земле. М.: РГГРУ, 2009. Т. 1. С. 113.

¹⁹⁶ Алексеев В. П. Парадоксальные выводы из основного закона седиментологии: роль и значение при изучении мезозойских отложений Западно-Сибирского осадочного бассейна // Проблемы региональной геологии Северной Евразии: материалы совещ. М.: РГГРУ, 2010. С. 4-6.

Для циклоседиментогенеза примером служат неокомские клиноформы Широкого Приобья, со скоростью латерального перемещения их депоцентров, соответствующей ГК, и скоростью осадконакопления, равной СК (см. рис. 4.31, 4.32).

Верификацией изложенных представлений, по нашему мнению, может служить «принцип инвариантности периода цикла и линейных размеров формирующей его системы», в трактовке его авторов представленный следующим образом. **Период генерируемых системой циклов прямо пропорционален линейным размерам данной системы** (¹⁹⁷, с. 432). Коэффициент циклической инвариантности $K = t/L$, где t - период цикла, а L - линейные размеры генерирующей системы, примерно равен единице. Таким образом, нами получена возможность связать воедино все три параметра, являющиеся предметом геологического изучения: мощность (толщину) осадочных тел (h), их протяженность (l) и время формирования (t). Для достаточно условного примера укажем, что если принять соотношение *закрепляемой* в разрезе мощности (толщины) слоя и его латеральной протяженности как 1 : 100, то с учетом высказанных выше положений ($t \approx h \approx l$) для $h = 1$ м, l будет составлять 100 м, скорость накопления осадков ($t_{ос}$) – 1 тыс. лет, а скорость их закрепления в разрезе ($t_{геол}$) около 100 тыс. лет. Если перейти на конкретный геологический пример, то 50-метровый продуктивный горизонт A_{1-3} или BK_{1-3} в Западной Сибири будет наиболее четко реализовываться в блоке с линейными размерами около 5 км и соответствовать времени накопления 1/3 аптского яруса, что и соответствует действительности.

Перечисленное полностью вписывается в современные представления о самоорганизованности многих процессов, протекающих в материальном мире: «... только те материальные образования окажутся соотнесенными в их общей темпоральной структуре, которые влияют друг на друга, детерминируют состояния друг друга, т. е. находятся в устойчивом взаимодействии. В устойчивом взаимодействии порождается упорядоченная и самоподдерживающаяся латеральная структура, события и процессы внутри которой характеризуются общей – совмещенной, или разделяемой, темпоральностью» (¹⁹⁸, с. 198).

Затрагиваемые вопросы достаточно детально рассмотрены в ряде работ, относящихся к изучению мощных осадочных комплексов, естественно, прежде всего в нефтегазовой литологии. Этому способствует «наложенность» флюидного потока, что уже само по себе определяет нелинейность анализируемых процессов. К примеру, в статье¹⁹⁹ показано, что «... стадийные изменения в толщах осадочных бассейнов не носят непрерывного ли-

¹⁹⁷ Хаин В. Е., Халилов Э. Н. Цикличность геодинамических процессов: ее возможная природа. М.: Научный мир, 2009. 520 с.

¹⁹⁸ Алюшин А. Л., Князева Е. Н. Темпомиры: Скорость восприятия и шкалы времени. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 240 с.

¹⁹⁹ Бурлин Ю. К., Карнюшина Е. Е. Нелинейные процессы в нефтегазовой литологии // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 1998. № 6. С. 35-41.

нейного характера (это было описано в п. 3.2: см. рис. 3.10, 3.11. – В. А.). ... Наличие цикличности строения толщ способствует развитию ... периодических процессов. ... Осадочные породы подвергаются необратимым изменениям. Каждая стадия преобразования имеет свои предельные значения характерных параметров, после достижения которых постепенные линейные изменения пород заканчиваются, и они переходят в неустойчивое критическое состояние». Для углей тюменской свиты это было показано в п. 3.3, на модели Z-метаморфизма (см. рис. 3.14). Главное, что мы отметим в данном разделе, это *рассогласованность* процессов преобразования исходного растительного вещества (метаморфизм углей) и общего эпигенеза пород, то есть явная нелинейность в их реализации. Преобразование углей *скачками* высвечивает специфику их коэволюции, делая процесс объяснимым с точки зрения процессов самоорганизации.

По сути к тем же выводам пришел и О. В. Япаскурт^{200, 201}. Проанализировав многие работы, в том числе И. Г. Киссина²⁰² и С. Л. Шварцева²⁰³, и опираясь на собственные детальные исследования, он констатировал следующее. **«Осадочная фазовая дифференциация, принимаемая ныне большинством литологов как основной закон, управляющий механизмами и всем «сценарием» эволюции осадочного процесса, – суть важнейшая составляющая глобальной самоорганизации флюидно-породных систем стратисферы и, по-видимому, геосфер».** Коэволюционность процессов, происходящих в условиях глобального рециклинга вещества, хорошо видна из схемы, приведенной на рис. 5.3, иллюстрирующей производность процессов литогенеза, метаморфизма и магматизма от самоорганизации земных сфер.



Рис. 5.3. Тернарность во взаимозависимости процессов²⁰¹

Отмечая, вслед за Р. Г. Баранцевым^{52, 204}, предпочтительность **тернарного** (иначе – тринитарного) методологического подхода к изучению объектов (см выше: п. 2.2), О. В. Япаскурт указывает на то, что начиная с самых

²⁰⁰ Япаскурт О. В. Генетическая минералогия и стадийный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования: учеб. пособие. М.: ЭСЛАН, 2008. 356 с.

²⁰¹ Япаскурт О. В. Методология познания осадочного процесса и некоторые итоги ее внедрения в практику научных работ // Обзор концептуальных проблем литологии. М.: ГЕОС, 2012. С. 4-33.

²⁰² Киссин И. Г. Флюидные системы и геофизические неоднородности как проявление принципов самоорганизации // Синергетика геосистем. М.: ИГЕМ РАН, 2007. С. 96-101.

²⁰³ Шварцев С. Л. Прогрессивно самоорганизующиеся абиогенные диссипативные структуры в геологической истории Земли // Литосфера. 2007. № 1. С. 65-89.

²⁰⁴ Баранцев Р. Г. Становление тринитарного мышления. М.-Ижевск: НИЦ РХД. 2005. 124 с.

ранних этапов существования Земли «... осуществлялся периодический рециклинг веществ, при котором литогенез, метаморфизм и магматизм выступают как вполне равноправные (равнозначимые) категории геологических процессов. Доминирующая роль каждого из них возникала лишь временно (поочередно), на отдельных историко-геологических этапах...»²⁰¹.

Из приведенного легко заметить коэволюционность рассматриваемых процессов в рамках *геологического* времени. Его нелинейное несоответствие со временем обычным, «бытовым», можно проследить из следующей цитаты: «... обычно предполагается, что время, во-первых, по существу одномерно и что, во-вторых, имеется единый временной ряд, ассоциируемый с миром как с целым. Первое предположение возникает из психологического осознания человеком определенного последовательного во времени ряда событий в его непосредственном опыте осознания. Второе является экстраполяцией данного опыта на мир в целом»²⁰⁵. В свою очередь, таковая должна реализовываться в рамках актуализма или сравнительно-исторического метода, но ни в коем случае не униформизма, то есть при эмпирической проверке гипотез (см. п. 3.3).

Наводя «мостик» к последующему изложению материалов, выразим солидарность со следующим соображением. «Реально в науках о Земле мы имеем ситуацию, более соответствующую интуициям о времени в случае самоорганизации – **системы координируют свои внутренние процессы** (выделено нами. – В. А.) в соответствии с собственным временем (релятивизм* системного времени). Время, измеряемое дискретно (как последовательность событий), не обязательно соответствует времени, фиксированному как непрерывный процесс...»²² (с. 149).

Именно дискретность процессов фиксирования отдельных этапов осадконакопления для кажущегося непрерывным разреза была проиллюстрирована Дж. Барреллом¹⁴¹ (см. рис. 4.18). Развернем предложенную схему в виде модели, представленной на рис. 5.4^{206, 207}. На схеме, с упрощенным профилем равновесия, показано развитие процесса в *двух* вариантах: 1) с ускорением (активизацией) и 2) ослаблением (стабилизацией) тектонического режима. В

* Релятивизм (лат. *relativus* – относительный) – методологический принцип, состоящий в метафизической абсолютизации относительности и условности содержания познания. Проистекает из одностороннего подчеркивания постоянной изменчивости вещей и явлений. Приводит к отрицанию объективности познания вообще, к агностицизму (греч. *agnosticos* – непознаваемый, непознанный) – позиции, полагающей принципиально возможным познание объективной действительности только через субъективный опыт, и невозможным познание любых предельных и абсолютных основ // ru.wikipedia.org (выдержки).

²⁰⁵ Уитроу Дж. Естественная философия времени: пер. с англ. М.: Прогресс. 1964. 431 с.

²⁰⁶ Алексеев В. П., Амон Э. О. Нелинейные процессы в литологии (на примере юрских и терригенных отложений) // Проблемы синергетики и коэволюции геосфер. Саратов: Изд-во СИРГТЭУ. 2008. С. 206-209.

²⁰⁷ Алексеев В. П., Амон Э. О. Диахронность литостратиграфических рубежей как реализация нелинейного процесса (миграционный тип стратоседиментогенеза) // Био- и литостратиграфические рубежи в истории Земли. Тюмень: ТюмГНГУ, 2008. С. 33-38.

зависимости от этого конкретный объект может формироваться в разное время (рис. 5.4, а), либо занимать разное положение в разрезе (рис. 5.4, б).

Используя этот подход, покажем, как при тех же различных режимах по-разному может происходить вовлечение в процессы осадконакопления отдельных участков (блоков) исследуемой территории (рис. 5.5).

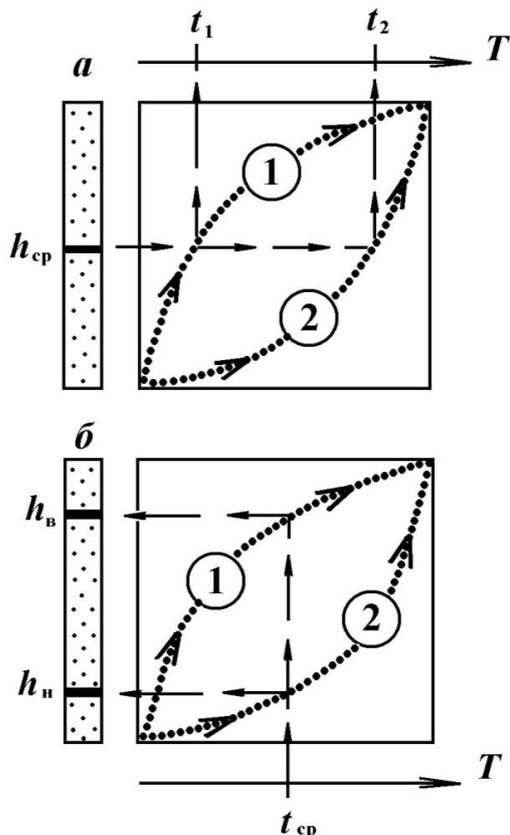


Рис. 5.4. Модель, иллюстрирующая положение геологического объекта, залегающего в непрерывном разрезе (столбик слева, с точками), на шкале геологического времени (T), в зависимости от траектории динамики тектонического режима (цифры в кружках): 1 – с замедлением; 2 – с ускорением):

а – при *одном* положении в разрезе (h_{cp}) объекта, он будет формироваться в *разное* время (t_1, t_2), в зависимости от ускорения или замедления режима во времени;

б – при *одном* времени (t_{cp}) формирования объект может занимать *разное* положение в разрезе (h_n, h_b), в зависимости от изменения режима

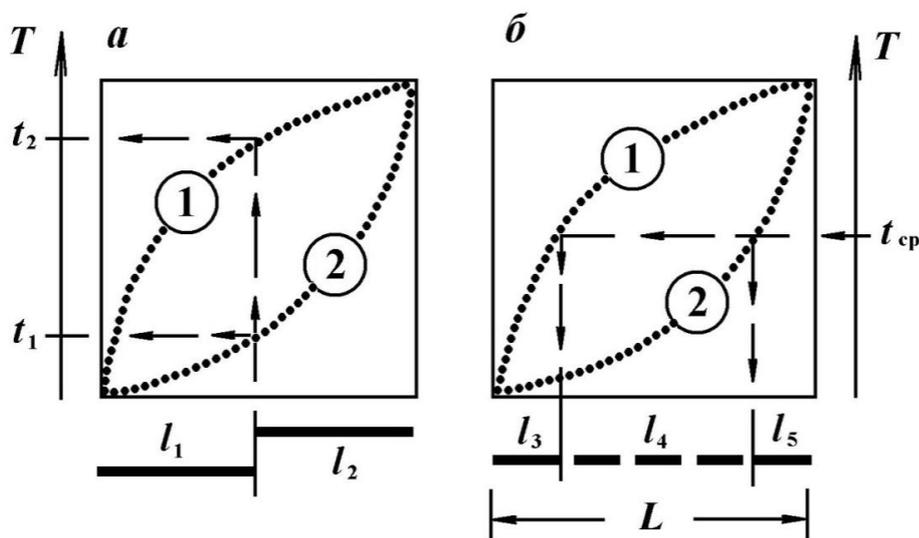


Рис. 5.5. Модель, иллюстрирующая различия в начале и продолжении процесса осадконакопления в геологическом времени (T), в зависимости от динамики тектонического режима (см. рис. 5.4):

- а – вовлечение в процесс осадконакопления блока l_2 может начаться раньше (t_1) или позже (t_2), в зависимости от режима (см. рис. 5.4);

- б – одновременный импульс тектонической активности должен привести к одновременной активизации разноудаленных блоков территории (l_3, l_4, l_5)

Приведенная на рис. 5.5 схема с принципиальных, модельных позиций *верифицируется* примером из работы С. И. Романовского¹³⁴ (рис. 5.6). Здесь отчетливо видно, как меняется возраст литологически однородных отложений за время послеэоценового движения Тихоокеанской плиты. Для модели, предложенной нами на рис. 5.5, такое продвижение «усредненно» будет соответствовать *диагонали* прямоугольника ($T \times L$), с линейным перемещением осадконакопления во времени. Здесь же, в продолжение верификационной линии, приведем цитату.

«Трудно удержаться еще от одного сравнения: «цикл» отложений на рис. 5.6 (добавим: и на рис. 5.4, 5.5. – В. А.) в точности соответствует рисовке «геологической чечевицы» Н. А. Головкинским, который совершенно из других, разумеется, соображений пришел к аналогичным результатам» (¹³⁴, с. 208).

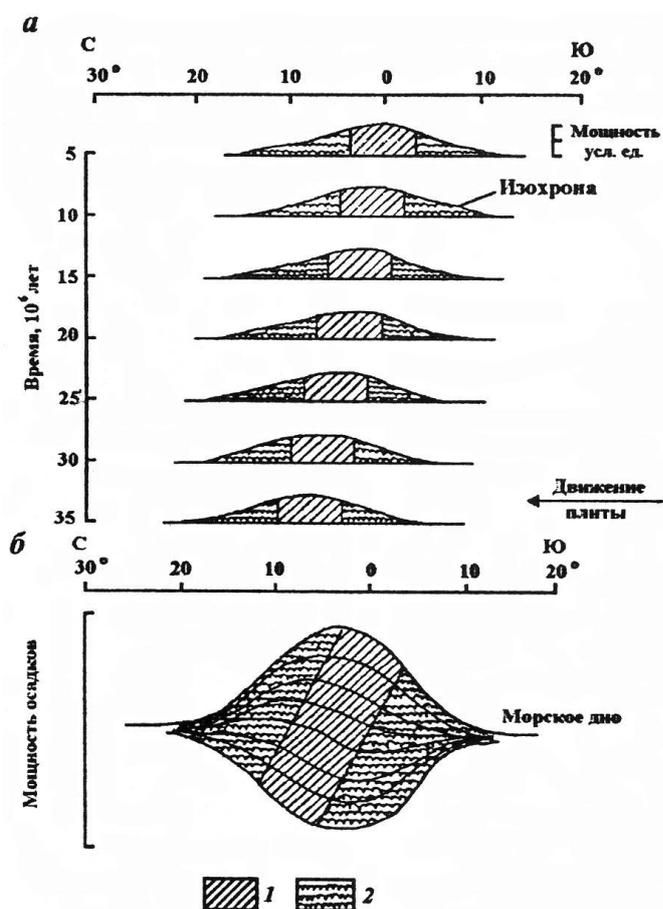


Рис. 5.6. Схематическая модель, объясняющая появление изохрон и фациальных границ в пределах Тихоокеанского экваториального пояса пелагических осадков (¹³⁴, с. 209):

фации: 1 – ортоэкваториальные (карбонатно-кремнистые циклические отложения); 2 – параэкваториальные (кремнистые оозы)

Исходя из сказанного, сформулируем *принцип*, выражаемый следующей формулировкой. *Геологические тела, занимающие одинаковое положение в разрезе, могут быть разновременными образованиями, равно как и одновременно сформировавшиеся геологические тела могут занимать разное положение в разрезе.*

Производным синтеза моделей, приведенных на рис. 5.4 и рис. 5.5, является *сводная модель*, изображенная на рис. 5.7. Она требует дополнительных пояснений.

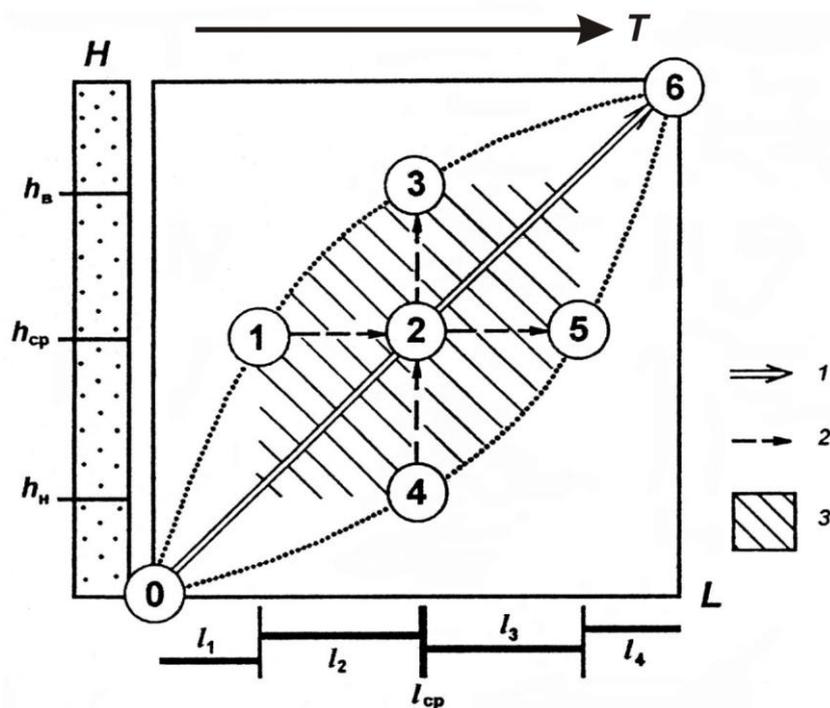


Рис. 5.7. Сводная модель, отражающая нелинейность процессов осадконакопления в коэволюции с тектоническим режимом развития территории: 1 – «стрела» времени; 2 – возможные траектории процесса (цифры в кружках: узловые точки, с пояснениями в тексте); 3 – поле нелинейности; остальные параметры показаны на рис. 5.4, 5.5

Базовым допущением является то положение, что при равномерном латеральном продвижении слоевых границ во времени и при постоянстве тектонического режима («стрела времени» на рис. 5.7 как диагональ прямоугольника $L \times H$), то есть в условиях миграционного типа стратоседиментогенеза, *должны* формироваться «чечевицеобразные» или сигмоидные тела. В нефтегазовой литологии они наиболее известны как неокомские клиноформы Западной Сибири (Широтное Приобье); в сейсмостратиграфии – это сиквенсы (sequences). Равномерно реализуясь по пути от точки 0 к точке 6 (0→6) (см. рис. 5.7), при достижении некоторого предела, процесс скачком возвращается в начальную или близкую к ней позицию (точка 0), что обеспечивает его *нелинейность*, а в седиментологии – зубчатость слоевых границ.

Проанализируем развитие процесса осадконакопления при различном, но в целом *неизменяющемся* режиме. Это удобно сделать посредством прослеживания траекторий между точками, показанными кружками на рис. 5.7.

- Вариант 0→1→2→5→6: при «скоростном» (лавинном) режиме осадконакопления и достижения положения h_{cp} , накопившиеся слои будут закреплены в разрезе, а последующие за ними – перемываться, в соответствии с моделью Баррелла, переходя в разряд фантомов. Иначе, при обеих *быстрых* полуветвях (0→1 и 5→6) неизбежен режим *перекомпенсации*, с ненакоплением (вариант: размывом) отложений в промежутке 1→5 (см. рис. 5.7).

- Вариант $0 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 6$: при общем «вялом» (скорее всего, внутривулканном) режиме, на рубеже l_{cp} будет реализовываться его активизация, что особенно характерно для орогении (*s. lato*). Иначе, при обеих *медленных* полуветвях ($0 \rightarrow 4$ и $3 \rightarrow 6$) неизбежен период тектонической стабилизации (в частности с формированием кор выветривания), с *недокомпенсацией* осадконакопления в промежутке $4 \rightarrow 3$ (см. рис. 5.7). Здесь же, для блока l_3 будет характерно формирование базальных отложений.

Другие варианты траекторий развития осадконакопления сводятся к образованию диастем при одном режиме осадконакопления с замедлением ($0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 6$); ступенчато-блоковому режиму вовлечения территории в процесс осадконакопления при режиме с ускорением ($0 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 6$). В принципе возможны и существенно более сложные варианты, траектории которых на сводной модели не показаны, но которые следуют из моделей, приведенных на рис. 5.4, 5.5. К примеру, это сложный путь $0 \rightarrow 1 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6$, с последовательным вовлечением в процесс осадконакопления блоков l_1 - l_2 - l_3 - l_4 (сравн. с рис. 5.5). При этом в разрезе будет фиксироваться глубокий размыв с амплитудой ($h_{cp} - h_n$), в соответствии с диаграммой Баррелла.

Очевидно, что рассмотренные векторы и события, их сопровождающие, отражают наличие «поля нелинейности» (см. рис. 5.7), которое определяет размывость, точнее – отсутствие «...все и вся текущих изохронных плоскостей...»⁸⁰, к которым стремится стратиграфия. Не рассматривая здесь разные геологические инварианты показанных моделей для разных уровней организации геологических тел, отметим, что они, на наш взгляд, в достаточно полной мере иллюстрируют процессы *коэволюции* – «...подгонки частей друг к другу при образовании сложного целого, их резонансного взаимного расположения и синхронизации их темпов развития...»⁶ (с. 193). Наиболее важным следствием для бассейновой стратиграфии здесь является перевод «глубокомысленных рассуждений о временных скольжениях, диахронности стратиграфических границ и тому подобных плодах ненаучной фантастики»⁸⁰ на позиции, основанные на четком понимании *нелинейного* протекания многих геологических процессов.

Вместе с тем, подобный вывод не освобождает исследователя, занимающегося вопросами бассейновой стратиграфии и структурной геологии, от поиска внешнеотсчетных шкал, наиболее адекватно отвечающих условиям и истории формирования бассейна как такового и более крупной территориальной единицы – мегабассейна седиментации (в пределе – всей планеты). На такие шкалы, как на своего рода стержни каркаса, «одевается» модель развития бассейна, на них же размещаются наиболее значимые временные и латеральные точки, по которым, собственно, и ведется отсчет динамических параметров.

5.3. Нелинейность и коэволюция иерархически структурированных событий при формировании осадочных толщ

В предлагаемом разделе речь пойдет в основном как о надгорнопородном, так и о следующем **формационном** уровне организации геологических тел (5-й ранг в табл. 1.3). Обращаясь к модели, показанной на рис. 5.2, отметим, что в предлагаемом разделе мы остановимся на сторонах треугольника **Т – Л** (тектоника – литология) и **С – Л** (стратиграфия – литология. Сторону **Т – С** (тектоника – стратиграфия) оставим за пределами нашего рассмотрения, поскольку такой анализ требует и специальных исследований.

Тектоника – литология

Взаимосвязь тектонической активности территории с уровнем приемного бассейна и типами осадконакопления показана на рис. 5.8. На нем выделено девять ассоциаций, охватывающих большую часть обстановок осадконакопления.

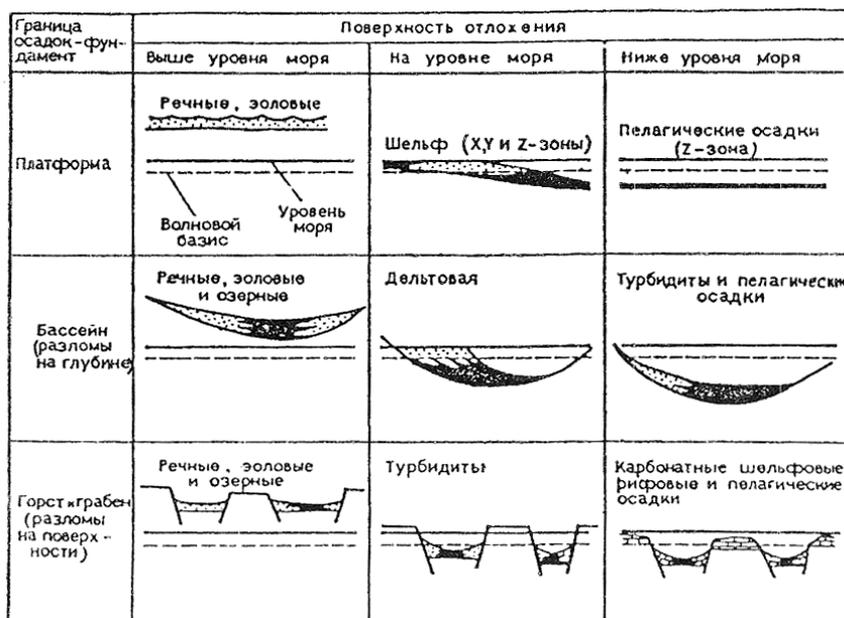


Рис. 5.8. Диаграмма, иллюстрирующая зависимость характера границы раздела между осадком и фундаментом от тектонического строения, положения уровня моря и волноприбойной деятельности²⁰⁸

Более схематизированная, принципиальная модель соотношения тектонических процессов в области сноса/области седиментации с темпами последней показана на рис. 5.9. Как следует из него, оптимальный режим осадконакопления создается при соответствии поступающего материала из области сноса и его аккумуляции в приемном водоеме (озере, лагуне, море). Это прямоугольники 1 и 5 на рис. 5.9. При превышении объемом поступающего материала его возможной аккумуляции имеет место перекомпенсация – частичная (прямоугольник 2) или полная (3, 6). Заметим, что этот случай описывается механизмом СОК (см. п. 3.1, рис. 3.5). Следствием этого являет-

²⁰⁸ Селли Р. Введение в седиментологию: пер.с англ. М.: Недра, 1981. 370 с.

сы транзит материала в более глубокие части, или перераспределение в иные водоемы. Частным случаем может являться изостазия – продавливание «подложки» тектонического субстрата, с формированием сверхмощных осадочных призм (обычно дельтового генезиса).

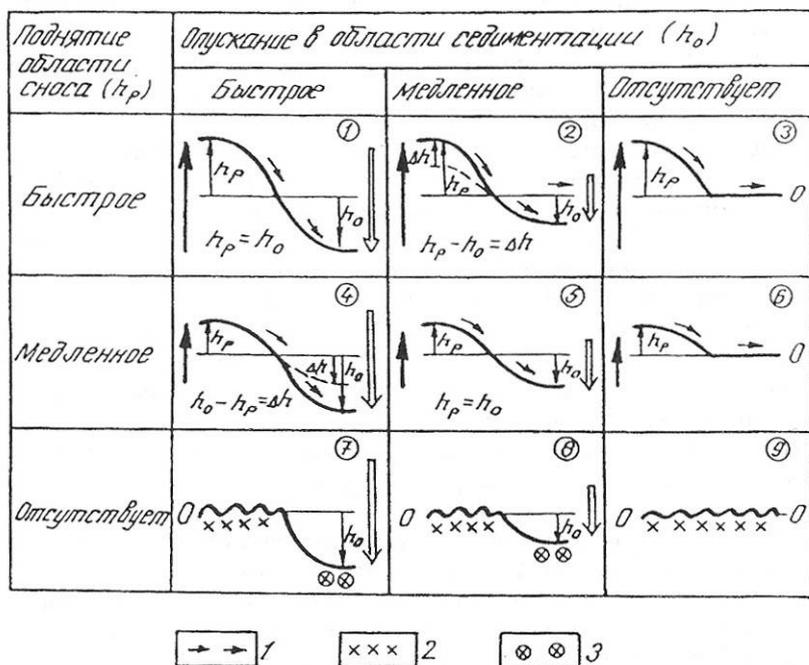


Рис. 5.9. Варианты взаимоотношений темпов роста питающей области сноса (h_p) и опускания дна приемного водоема (h_c)

Обозначения: 1 – перемещение материала; 2 – наземное выветривание (гипергенез); 3 – подводное выветривание (гальмиролиз)

Наоборот, при недостатке поступающего материала имеет место недокомпенсация – частичная (прямоугольник 4) или полная (7, 8). Это ведет к увеличению глубины осадконакопления и рано или поздно – спазматическому поступлению материала из других областей сноса.

Наконец, прямоугольник 9 отражает стазис (тектонический покой), фиксируемый в геологической летописи перерывами стратиграфической значимости.

Приведенные данные показывают принципиальную коэволюцию тектонических (s. l.) и седиментационных процессов, с несомненным приматом первых. В данном случае соблюдается принцип каузальности (см. п. 5.1) – без создания необходимых начальных условий (возможности накопления материала) таковой формироваться не будет.

В качестве показательного примера рассмотрим коэволюцию тектонических и седиментационных процессов для нижнеплитного этажа Западно-Сибирской плиты в целом, и Шаимского НГР – в частности^{35, 36}.

В отложениях нижнеплитного подкомплекса ($T_3 - J_2$, без келловоя) осадочного чехла Западно-Сибирской плиты (ЗСП) сосредоточены огромные ресурсы углеводородного сырья как в твердой (уголь), так и флюидной (преимущественно нефть) фазах. Именно с позиций комплексного подхода к их изучению нами выполнены реконструкции условий формирования тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (НГР), с их «вмонтированием» в общую историю раннемезозойской ($T_3 - J_2$) эпохи торфо(угле)накопления³⁴.

Общая картина развития нижнеплитного этажа для всей территории ЗСП, посредством последовательного расширения орогенной территории осадконакопления, сопровождающегося направленным сглаживанием рельефа, приведена на рис. 5.10, б. На рис. 5.10, а показано ее «зеркальное отражение» для Шаимского НГР. Отчетливо проявлена *редукция** нижней части тюменской свиты, чем подчеркивается нижнее положение толщи в тектоно-седиментационном цикле высокого порядка²⁰⁹. Особенно четко ее видно на разрезе, пересекающем Шаимский НГР с юго-запада на северо-восток и приведенном на рис. 5.11.

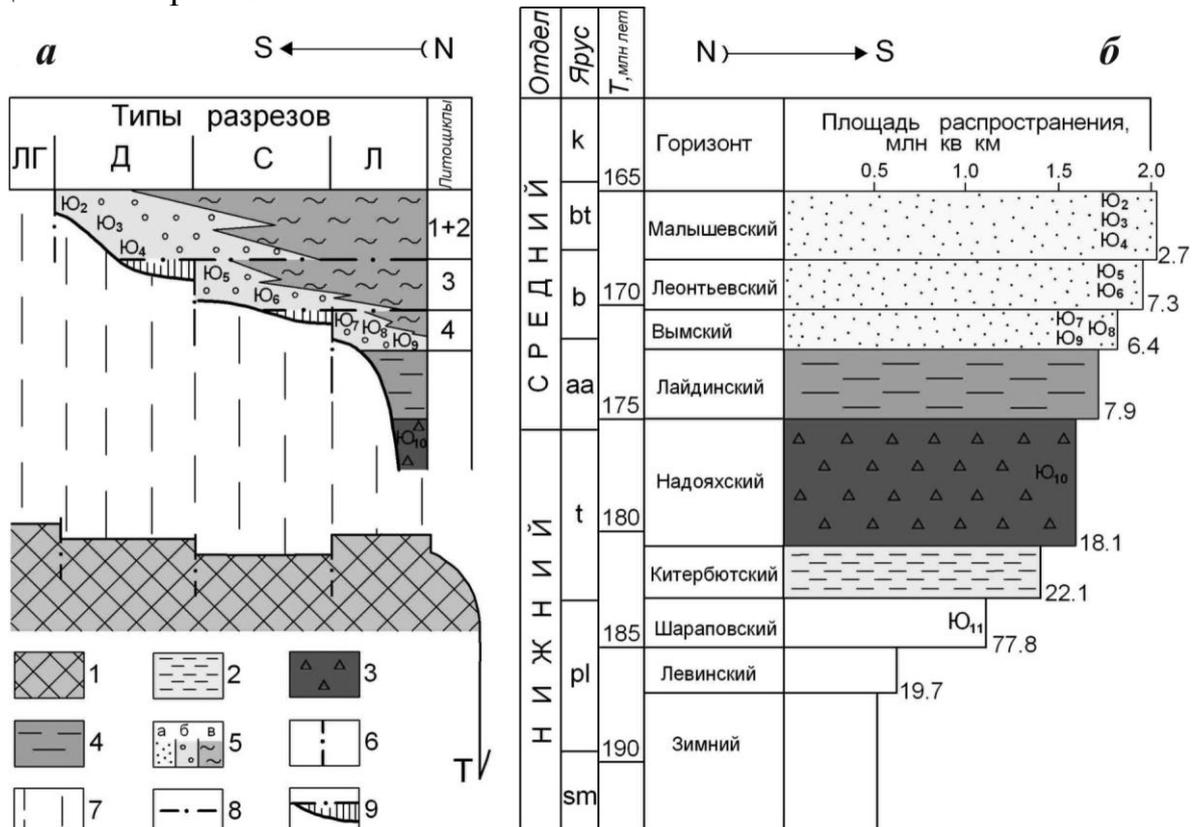


Рис. 5.10. Строение отложений нижнеплитного комплекса: а – Шаимского НГР (типы разрезов³³: ЛГ – «лысых гор», Д – даниловский, С – сыморьяхский, Л – ловинский); б – ЗСП в целом, с приращением площади по горизонтам, в %²¹⁰

1 – нерасчлененные породы доюрского фундамента; 2-5: нижне-среднеюрские отложения Обь-Иртышской фациальной области: 2 – тогурская свита, 3 – шеркалинская свита, 4 – радомская пачка, 5 – тюменская свита (а – в целом, для части «б»; б – озерно-аллювиальные и в – бассейновые отложения для части «а»); 6 – границы тектонических блоков, 7 – стратиграфический перерыв; 8 – границы литоциклов; 9 – инициальные части разреза

* Редукция (лат. *reductio* – сведение, возведение, приведение обратно) – в частности, развитие, ведущее к упрощению строения организма; сокращения чего-либо // ru.wikipedia.org.

²⁰⁹ Цейслер В. М. Угленосные формации и эпохи торфонакопления // Изв. вузов. Геология и разведка. 2004. № 4. С. 3-7.

²¹⁰ Западная Сибирь // Геология и полезные ископаемые России. Т. 2. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. 477 с.

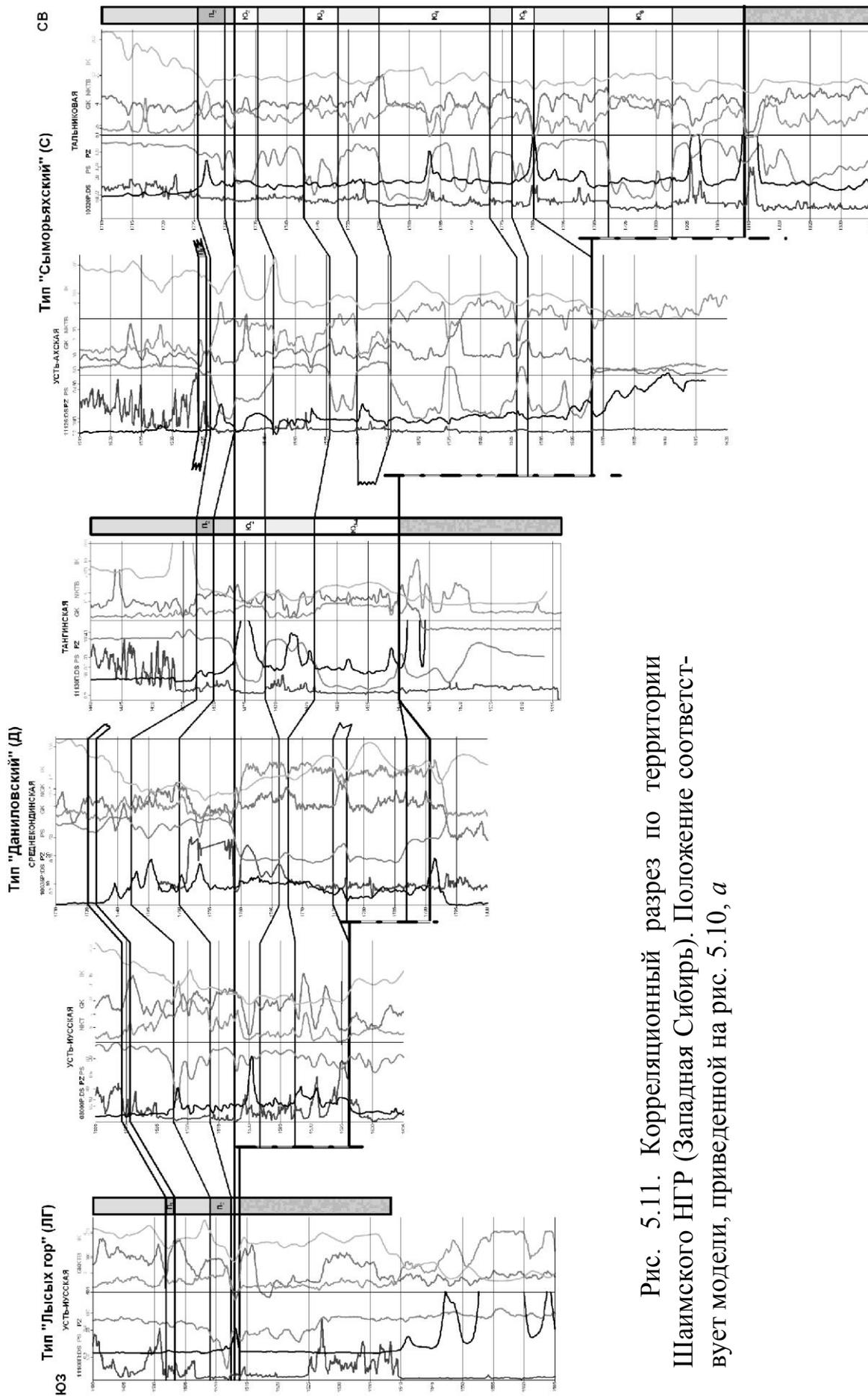


Рис. 5.11. Корреляционный разрез по территории Шаимского НГР (Западная Сибирь). Положение соответствует модели, приведенной на рис. 5.10, а

Модель ступенчатого, скачкообразного вовлечения территории Шаимского НГР в осадконакопление приведена на рис. 5.12. Из него отчетливо следует, что, отражая общее *скольжение* (диахронность) инициально-базальной части разреза (см. рис. 5.10), эта поверхность имеет свою геологическую историю.

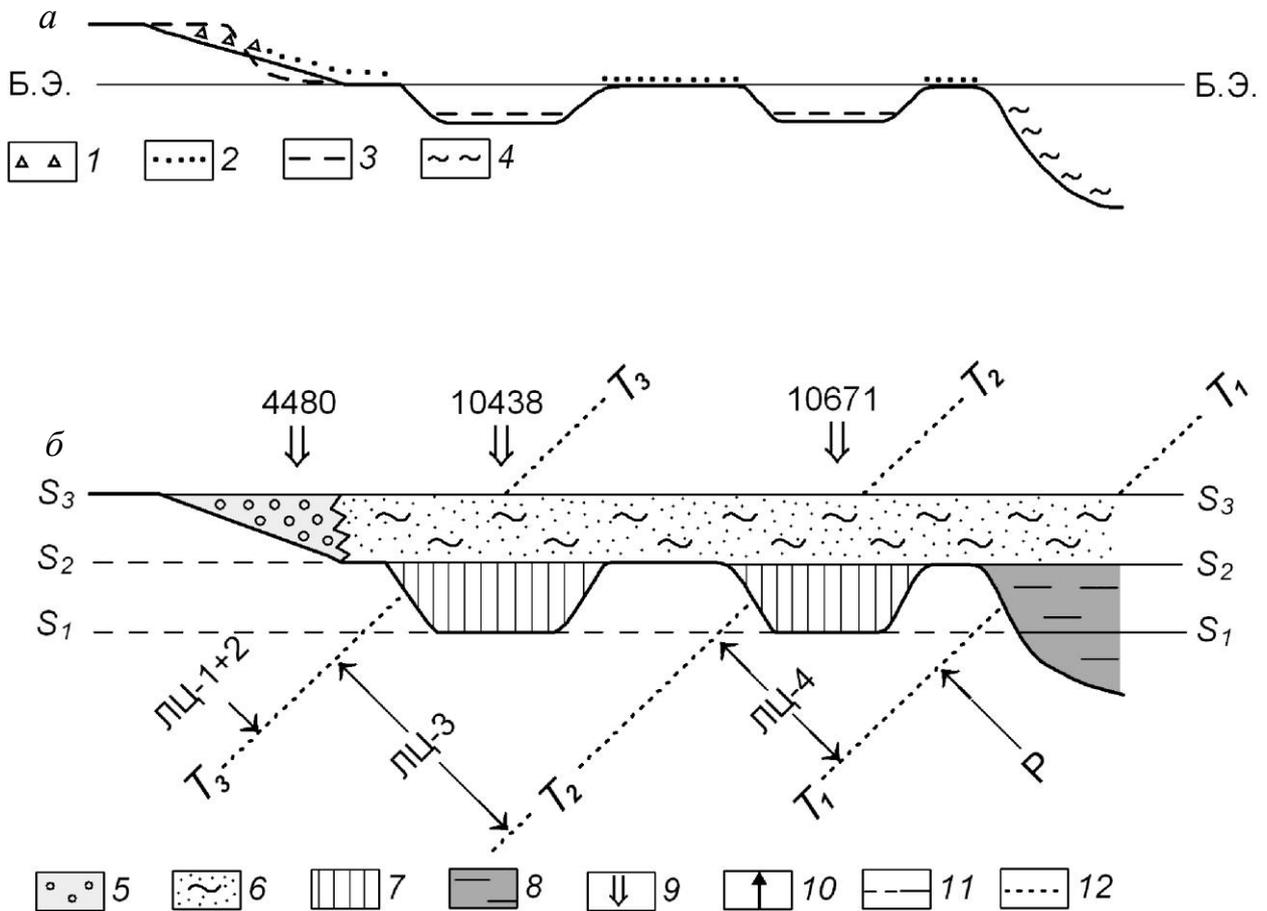


Рис. 5.12. Модель контакта отложений тюменской свиты с доюрским фундаментом:

a - слепок плоскости контакта вне временных параметров (Б.Э. - базис эрозии): осадки: 1 - грубые склоновые, 2 - алеврито-песчаные континентальные (озерно-аллювиальный ландшафт), 3 - алевроаргиллитовые застойных озерных водоемов, в т. ч. 4 - развивающихся по приемным водоемам эпиконтинентальных морских бассейнов (ЭМБ);

б - развернутая геологическая история контакта (проекция схемы «а»): 5-8 - генезис осадков: 5 - делювиально-пролювиальные, переходящие в аллювиальные, 6 - открытых озерных водоемов, 7 - инициальных озерно(болотных) котловин, 8 - обширной озерно-болотной равнины с влиянием ЭМБ; 9 - седиментологические уровни (*S*), отвечающие эквивиальным этапам формирования отложений; 10 - изохроны (*T*), соответствующие границам: *T*₁ - радомской пачки (Р) и нижнего контакта тюменской свиты, *T*₂, *T*₃ - литоциклов II порядка (см. рис. 5.10, *a*)

Приведенная модель соответствует представлениям, ранее изложенным Д. В. Наливкиным. Так, им указано, что «Резкое различие возраста базальных толщ больших трансгрессий очевидно. К сожалению, в геологической практике это недостаточно учитывается, и нередко попытки втискивать базаль-

ные толщи различного возраста в одни и те же возрастные рамки. ...Такая практика глубоко ошибочна потому, что базальные толщи, с которых начинается серия осадков трансгрессии, образуются очень быстро в условиях интенсивного накопления в прибрежной наземной области и почти не отличаются по возрасту от вышележащих отложений. Если последние относят к самому нижнему горизонту какого-нибудь яруса, то лежащие ниже немые базальные толщи можно относить к верхам предшествовавшего яруса» (²¹¹, т. I, с. 31). Как видно, налицо абсолютное совпадение с нашими сведениями о характере инициальной части разреза тюменской свиты.

Принципиальная коэволюционность тектонических и седиментационных процессов отражена в модельном виде на рис. 5.13, б, в последовательным смещением синхронных точек бифуркаций 1, 2, 3 *внутри* одного иерархического уровня. На практике это четко верифицируется строением тюменской свиты в Шаимском НГР (см. рис. 5.10, а).

Исходя из общей модели бифуркации, описанной в п. 2.1 (см. рис. 2.2), и которая для геодинамики использована в работе²¹², на рис. 5.13, б мы предложили схему последовательного вовлечения в процессы седиментации отдельных участков или блоков ЗСП. Для всей ее территории (см. рис. 5.10, б) оно фиксируется несколькими последовательными «скачками», из которых наиболее значимо разрастание в шараповское время. Для Шаимского НГР такие импульсы присущи всем горизонтам – вымскому, леонтьевскому и малышевскому (см. рис. 5.10, а). Существенно важно, что перемещение точек бифуркаций из исходной позиции 1 в конечную 4 инвариантно для обеих уровней геодинамических систем или ГС (¹⁸⁷; см. табл. 5.1, 5.2): ГС-4 для юрских горизонтов ЗСП в целом и ГС-5 для этих же горизонтов Шаимского НГР.

На рис. 5.13, в приведена модель процесса седиментации по отношению к последовательному вовлечению в него отдельных блоков, и отражающая коэволюцию с тектоническими импульсами. Здесь этапы $S_1 - S_3$ соответствуют литоциклам II порядка (1+2) – 3 – 4 (см. рис. 5.10, а), имеющим толщину 25-40 м^{5, 36}. Особенно важно, что время закрепления отложений в геологическом разрезе весьма мало по сравнению с геологическим. Время мелких перерывов соответствует диастемам Дж. Баррелла, а «затягивания» – «циклитовым» перерывам высокого ранга (⁵; см. выше).

Перечисленное полностью укладывается в концепцию *синергетического мировидения*^{6, 86}. Во-первых, поскольку между бифуркациями система находится в *автоколебательном* режиме (см. рис. 5.13, а, в), ее поведение здесь определяется неким притягивающим множеством – *аттрактором*. Попадая в поле притяжения некоторого аттрактора, среда неизбежно эволюционирует к относительно устойчивому состоянию (см. п. 4.1; рис. 4.7). Во-вторых, через рассмотрение инвариантов создается «...возможность отыскивать элементы прошлого и будущего в наличных структурах нелинейного мира» (⁸⁶, с. 153).

²¹¹ Наливкин Д. В. Учение о фациях. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 1. 534 с; Т. 2. 393 с.

²¹² Пушаровский Ю. М., Соколов С. Д. Нелинейная тектоника // Фундаментальные проблемы общей тектоники. М.: Научный мир, 2001. С. 476-508.

При выявлении черт «предстоящего будущего» мы вновь неизбежно приходим к заключению о том, что «...за процесс «воспоминания» системы ответственно некоторое циклическое возвращение на структуру-аттрактор»⁸⁶, с. 155). Очевидно, что это полностью совпадает с выполненными выше рассуждениями об «оси времени».

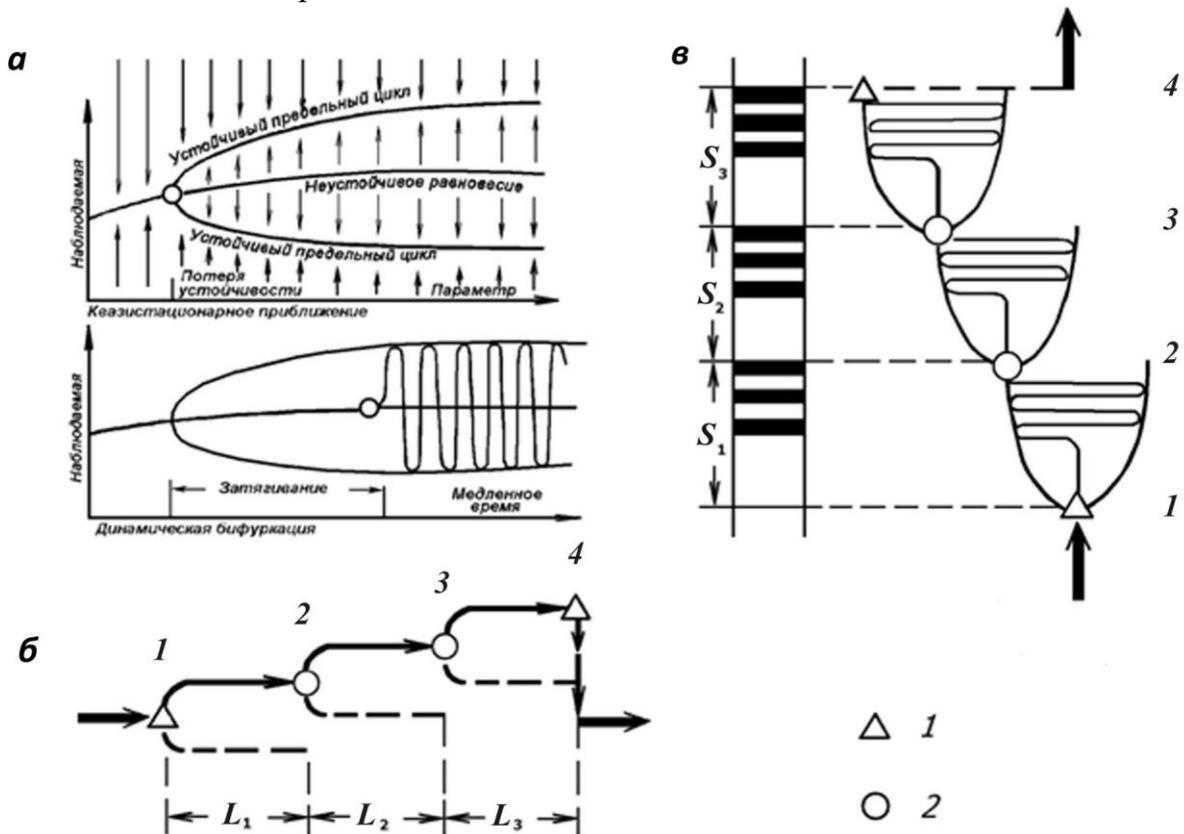


Рис. 5.13. Бифуркации в процессе текто- и седиментогенеза нижне-плитного подкомплекса ЗСП:

a – схема бифуркации (вверху) и затягивание процесса устойчивости при динамической бифуркации (внизу) (см. рис. 2.2);

б – последовательное вовлечение блоков в процесс осадконакопления, с шагом L_n ;

в – последовательное наращивание разреза с формированием комплексов отложений (литоциклов) S_m . В колонке зачернены отрезки с закрепленными в разрезе отложениями (в соответствии со схемой Дж. Баррелла: см. рис. 4.16);

1 – переход на более высокий иерархический уровень, 2 – точки бифуркации

С региональных позиций одним из следствий изложенного является изначальная предопределенность четко выраженной границы нижнеплитного и собственно плитного комплексов ЗСП, в соответствии с закономерностями, присущими всей эпохе раннемезозойского торфо(угле)накопления^{5, 34}. С позиций практического значения это реализовано в регионально распространенном горизонте с коллектором Ю₂, «запечатанным» в Шаимском НГР глинистой покрывкой абалакской свиты (см. рис. 5.10, *a*). Импульсом более высокого порядка определяется бифуркация в точке 4 (см. рис. 5.13, *б, в*), приводящая к коэволюционному изменению режима осадконакопления и фор-

мированию вогулкинской толщи с коллектором П, что описано в работе³⁶.

В п. 2.3 мы уже описывали верхний контакт тюменской свиты, на примере образца керна из скв. 23 (см. рис. 2.37). Дополним эти сведения. В работе³⁵ мы отметили следующее. 1. Непосредственный контакт обычно имеет свой третий линейный параметр – толщину, но она часто измеряется лишь сантиметрами, реже переходя в первые метры («пограничный» интервал условной «келловейской трансгрессии»). Будучи транслируемым в вогулкинскую толщу, он становится весьма распознаваемым, однако является предметом особого рассмотрения. 2. Длительность перерывов на границе тюменской свиты и вышележащих отложений, судя по ряду многих признаков, очень невелика и не выходит за рамки первых сотен лет. Это принципиально соответствует длительности межслоевых диастем^{5, 213}. 3. На описываемой границе происходит резкое углубление дна приемного водоема – от 0 ÷ 5 м и даже десятков метров (верхняя литораль с сероводородным заражением)» (³⁵, с. 188). Так вот все эти позиции отчетливо проявлены в образцах, сканированные изображения которых приведены на рис. 5.14 и 5.15. Основная суть излагаемого заключается в том, что первый образец взят из скв. 341, пробуренной на Каменном месторождении Красноленинского НГР, а второй – из скв. 160 Кечимовского месторождения (Широтное Приобье). Тем самым изложенные для Шаимского НГР представления *верифицируются* в полном объеме. В рамках представляемых материалов достаточно сравнить оба образца с образцом из скв. 23 (см. рис. 2.37), чтобы оценить почти полную идентичность описываемых контактов с позиций механизма их ния. Одновременно сравнением описываемых образцов хоть и опосредованно, но верифицируются представления о «переходном» интервале.

Приведенные на рис. 5.14 и 5.15 изображения контактов верифицируют соображения, ранее изложенные для Шаимского НГР (см. рис. 2.37). Исходя из общего вида всех образцов, они больше тяготеют к типу «твердого дна» (hardground), о чем свидетельствует в частности остроугольность литифицированных до размыва обломков. Не противоречит такому определению и нехарактерное сочетание мгновенного по сути «запечатывания» контакта с «вогулкинскими» или «пахомовскими» песчаниками, с наличием достаточно глубоких ходов пескожилов, причем для обр. 5.14 двух типов: одного в интервале $c'-c$, и существенно иного – в интервале d (см. рис. 5.14), а также инъективных внедрений в обоих случаях. Небезынтересно также, что описываемый тип контакта принципиально не зависит от толщин тюменской свиты. Несомненный интерес может представить анализ смены типов контактов (hardground ↔ softground) на площади, но это уже представляется предметом специального рассмотрения.

²¹³ Вылцан И. А. Осадочные формации Горного Алтая. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1974. 189 с.

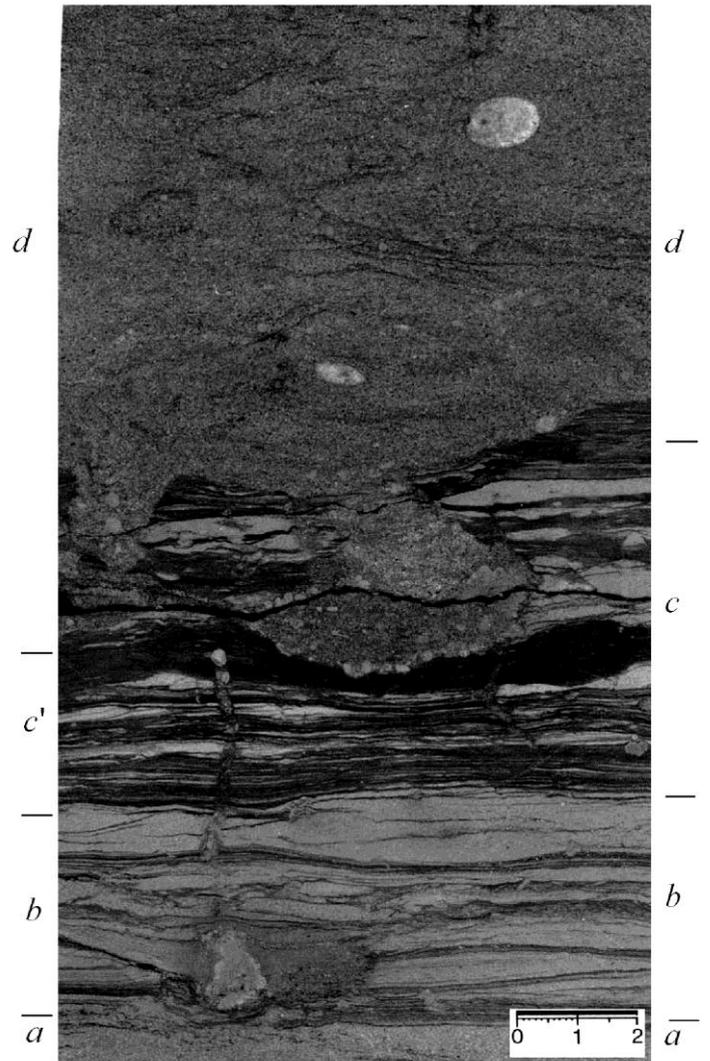
Рис. 5.14. Контакт абалакской и тюменской свит в скв. 341 Каменного месторождения (Красноленинский НГР); глубина по контакту 2505,4 м.

Нижняя часть образца *abc* (*c'*) – тюменская свита (малышевский горизонт, коллектор Ю₂): *a* – тонкозернистый среднесортированный песчаник с прерывистой косоволнистой слоистостью, подчеркнутая крупным растительным детритом; *b* – крупнозернистый алевролит с хорошей сортировкой материала. Слоистость линзовидно-волнистая, с тонкими слоями мелкозернистого алевролита, в нижней части интервала нарушена взмучиваниями; *c* – переслаивание мелко- и крупнозернистого алевролитов в соотношении ~2 : 1, определяющее бимодальность размерности. Тонкая пологоволнистая, участками до линзовидно-волнистой, слоистость. Есть корневые остатки. Ходы пескожилов, в том числе крупных, гипсхлещальных по отношению к тюменской свите (заполнены песчаником из верхнего горизонта). Верхний толстый слой интервала *c*₁ залегает на нижележащих (более грубого состава!) с локальным мини-несогласием – левый обрез образца.

Верхняя часть образца (*d*) – тонкомелкозернистый песчаник абалакской свиты (аналог вогулкинской толщи; пласт Ю₂⁰: см. рис. 5.9), с массивной текстурой, белемнитами и вертикальным ходом пескожила (вверху).

Непосредственный контакт с толщиной в образце до 4 см (соответствует различию в толщине *c* - *c'*; что фиксируется углублениями в левой и центральной частях), представляет собой взламывание слабоконсолидированных осадков тюменской свиты, при сохранении их первоначальной текстуры в остроугольных обломках. Пиритизирован. Дополнительные пояснения в тексте

Завершим изложение материалов о рубежах осадконакопления позицией, которая замыкает цепочку наших рассуждений, во многом относящихся к самой идее базальности горизонтов Ю₁₀₋₁₂ → Ю₍₆₎ → Ю₁ (Ю₂⁰). Укажем, что вопросам состава, распространения и механизма формирования базальных горизонтов (БГ) в позднем бате – келловее (пахомовская пачка, Ю₂⁰), а также позднем оксфорде (барабинская пачка, Ю₁⁰) посвящена серия публикаций новосибирских литологов ИГНГ СО РАН (^{214, 215} и др.). Они основываются



²¹⁴ Конторович А. Э., Вакуленко Л. Г., Казаненков В. А. и др. Седиментогенез коллекторов среднего-верхнего бата и их нефтеносность в Широком Приобье // Геология и геофизика, 2010. Т. 54, № 2. С. 187-200.

почти исключительно на материале по юго-восточным, в меньшей степени – центральным районам ЗСП, тем самым не затрагивая условия формирования весьма специфической вогулкинской толщи. В то же время ряд положений, высказанных в указанных выше работах, по нашему мнению, применим и для позднебатско-келловейского комплекса Шаимского НГР.

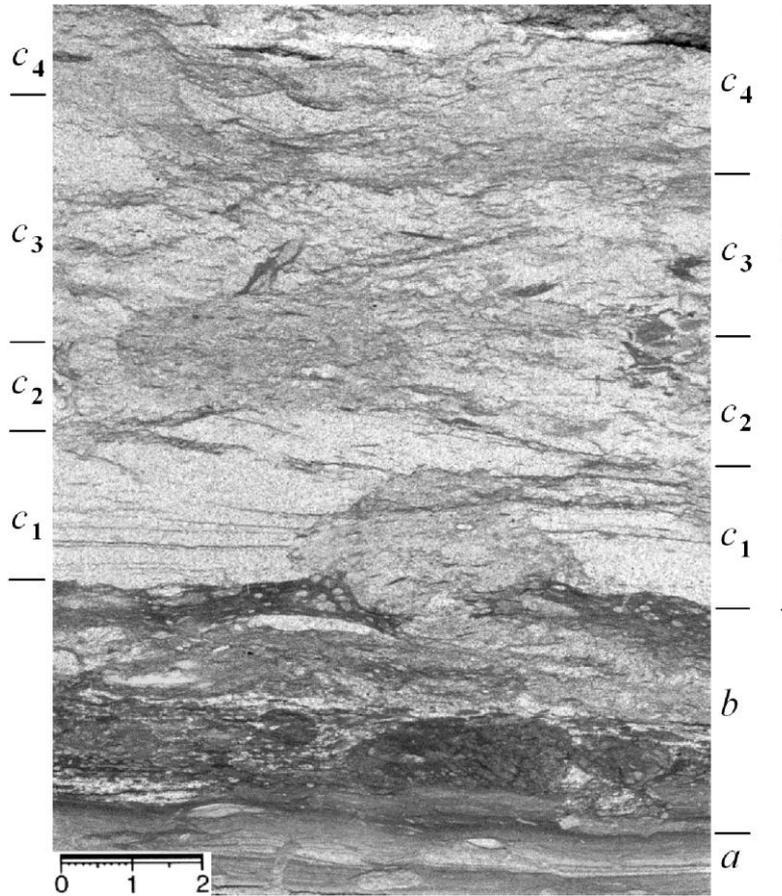


Рис. 5.15. Контакт васюганской и тюменской свит в скв. 160 Кечимовского месторождения (Широтное Приобье); глубина по контакту 2896,4 м:

a – тюменская свита (малышевский горизонт).

Мелко-крупнозернистый алевролит средней стабильности, с разной по толщине слоев полого-волнистой слоистостью, с микронарушениями. Есть ходы пескожилов;

b – переходный интервал в виде интенсивного взмучивания и перераспределения алевритовых осадков, первоначально накопившихся в тех же условиях, что и интервал «*a*». Не-

большой перенос материала слева направо (в плоскости образца), с формированием сложной «пузырьковой» текстуры раннедиагенетической подстадии. Смещение подчеркнуто «выдавливанием» материала в направлении от нижнего левого угла образца к его центру по контакту *b/c*;

c – васюганский горизонт (пахомовская пачка, Ю₂⁰). Тонкозернистый, достаточно хорошо сортированный песчаник. Первичная тонкая слабосрезанная косоволнистая слоистость, сохранившаяся в отдельных фрагментах (вблизи нижнего контакта), нарушена интенсивными взмучиваниями сингенетического характера. В результате сформированы взламывания в нижней части слоя; активная волновая рябь – в верхней, с индексом *RI* 3÷5. Перемещение материала разнонаправленное, в разрезе интервала сингенетически менялось несколько раз (подынтервалы *c*₁–*c*₄). Небольшая активность присуща интервалу *c*₃, с остроугольными обломками алевролитов по правому срезу и активной переработкой материала типа «облака» (аналогичного наблюдаемому в зоне контакта интервалов *c* и *b*)

²¹⁵ Ян П. А., Бейзель А. Л., Вакуленко Л. Г. и др. О генезисе «базальных» пластов средне-позднеюрских трансгрессий в Западно-Сибирском осадочном бассейне // Литологические аспекты геологии слоистых сред: мат-лы 7-го Уральского литол. сов. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. С. 297-299.

Одно из них мы зафиксировали в книге (³⁵, с. 194), соотнося скачкообразное изменение состояния системы осадконакопления с исчезающе малым промежутком геологического времени (~166 млн лет). Для верхней границы тюменской свиты это было выражено в резком опускании дна приемного водоема, что, в частности, привело к супербыстрому погружению господствовавших в предшествовавшее данному событию время «сверхмелководных» обстановок (Ю₂) в довольно глубоководную ситуацию. Такое толкование механизма осадконакопления в начальную, не столько трансгрессивную, сколько *инициальную* стадию верхнеюрской (s. lato) эпохи, хорошо сочетается с явлением *пикноклина*, в целом весьма характерного для замкнутых озерных водоемов с резким перепадом глубин²¹⁶. В статье²¹⁷ для пластов Ю₂⁰ и Ю₁⁰ (соответственно пахомовской и барабинской пачек) указано следующее: «... формируется полный комплекс свойств осадков и биоценозов, характерный для ультрамелководных фаций, но на существенных глубинах». Этот процесс, с нашей точки зрения, хорошо отражен на описанных выше образцах. Действительно, сущностная смена глубин при сохранении *механизма* формирования отложений, что особенно ярко видно на образцах (см. рис. 5.14, 5.15), весьма плодотворно укладывается в изложенную выше концепцию. В дополнение к перечисленному отметим, что подобный механизм находит свое актуалистическое выражение и в концепции природных фильтров «живого океана» (²¹⁸ и др.). *Маргинальным*, или краевым (лат. *margo* – край, граница) *фильтрам*, на границе «река – море» вполне могут соответствовать механизмы формирования дистальных выносов, которые привели к широкому появлению ооидных частиц в отдельных горизонтах вогулкинской толщи, в т. ч. и непосредственно перекрывающих тюменскую свиту. Это сопровождалось новообразованием взвеси из растворенных в воде биогенных элементов. Несомненное наличие перерыва между отложениями абалакской и тюменской свит способствовало «фиксации» во времени исходной растительной органики, которой изобиловала последняя, а выступы фундамента – локализации биоса на площади³⁴.

Дополним изложенные представления, относящиеся к характеристике конкретной стратиграфической границы тюменской свиты и васюганского горизонта, двумя соображениями.

²¹⁶ Лидер М. Р. Седиментология. Процессы и продукты: пер. с англ. М.: Мир, 1986. 439 с.

²¹⁷ Хабаров Е. М., Ян П. А., Вакуленко Л. Г., Попов А. Ю., Плисов С. Ф. Палеогеографические критерии распределения коллекторов в средне-верхнеюрских отложениях юга Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна // Геология нефти и газа. 2009. № 1. С. 26-33.

²¹⁸ Лисицын А. П. Потоки осадочного вещества, природные фильтры и осадочные системы «живого океана» // Геология и геофизика. 2004. Т. 45, № 1. С. 15-48.

1. В данном случае мы имеем дело со схемой переходов в бистабильном элементе (см. рис. 2.6, *a*). Осуществляемый переход из одного состояния в другое происходит при превышении некоторого порогового уровня. Он необратим и имеет обычно место после некоторого затягивания (см. рис. 2.2, 2.3) – это отражено в подписях к образцам, приведенным на рис. 2.36, 5.14, 5.15. По своей сути оно полностью соответствует смене стратиграфических комплексов, но не мгновенной, с «мифическими изохронными плоскостями», а имеющей свою возрастную и физическую историю (см. рис. 2.33).

2. Верификацией изложенным данным служит «подвключение» в рассматриваемую систему третьего образца, что показано на рис. 5.16. В его правом верхнем углу приведено сканированное изображение подобного же контакта, но уже «запечатывающего» васюганский горизонт. Совершенно очевидно, что механизм быстрого изменения обстановки осадконакопления сработал **одинаково** во всех рассматриваемых случаях (так же, как и для описанного ранее образца из скв. 23 Западно-Тугровского месторождения: см. рис. 2.36). Во всех описанных примерах отчетливо видно, что «резкий», «четкий» и однозначно распознаваемый контакт стратиграфических подразделений имеет свою внутреннюю характеристику, причем достаточно сложную. Это относится как к метрическому ее отражению (контакт имеет некоторую толщину), так и временному интервалу, который пока невозможно измерить по причине отсутствия необходимого инструментария.

Констатируем, что проиллюстрируемое сходство в литологическом истолковании «базальных» границ крупных комплексов может служить сущностной проверкой правильности изложенного вектора суждений, нуждаясь одновременно в более детальном обосновании, прежде всего с позиции изучения вещественных параметров.

Последними из изложенных материалов мы по сути перешли к обсуждению второй стороны треугольника (С – Л), показанного на рис. 5.2. Такой плавный переход напрямую подтверждает коэволюционность протекания различных сторон рассматриваемого процесса. Однако вначале приведем пример преимущественно «тектонического» характера, иллюстрирующий применимость нелинейных представлений к реконструкции дислокаций осадочных толщ.

Изучение параметрической скважины Курган-Успенская-1 (координаты ~ 55° с. ш.; 66,5° в. д.) показало, что вскрытый ею разрез имеет довольно сложное строение²¹⁹.

²¹⁹ Алексеев В. П., Мизенс Г. А., Рыльков С. А., Медведева Т. Ю., Черемных Д. В., Ворожев Е. С. Инвариантность механизма смятия осадочных толщ как проявление режима странного аттрактора // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры (Четырнадцатая науч.-практ. конф.). Ханты-Мансийск: «ИздатНаукаСервис». 2011. Т. 1. С. 186-194.

Нижняя часть образца – васюганская свита. Мелко-крупнозернистый алевролит в ритмичном переслаивании. Верхняя часть – барабинская пачка георгиевской свиты. Крупнозернистый алевролит с интенсивной пиритизацией, особенно интенсивной по контакту. Последний сопровождается явлениями взмучивания и взламывания по типу «твердого дна», прослеживающимися в интервале с толщиной около 2 см.

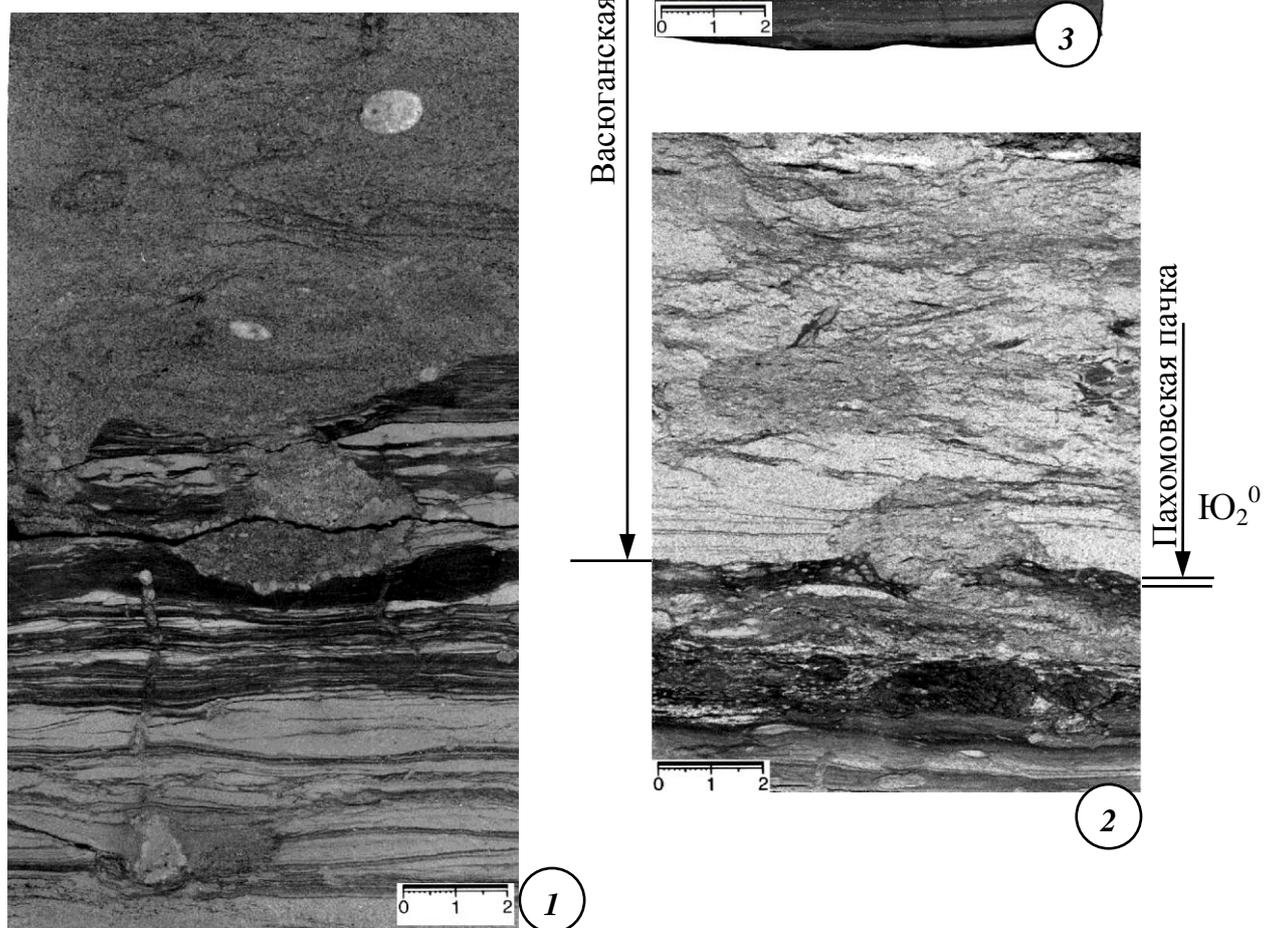


Рис. 5.16. Контакты васюганского горизонта в образцах керна: 1 – см. рис. 5.14; 2 – см. рис. 5.15; 3 – скв. 301 Северо-Покачевского месторождения, глубина по контакту 2810,0 м

Полученные данные свидетельствуют, что он состоит из нескольких блоков с тектоническими границами. На основании детальных палеонтологических и литологических исследований предложена модель строения отложений в виде приразломной флексуобразной складки (рис. 5.17, а), последовательность формирования которой отражена на рис. 5.17, б. Она образовалась вблизи крупного взброса (сброса?), разграничивающего Тоболо-Убаганское поднятие и Вагай-Ишимский прогиб, где была пробурена скважина. При формировании подобной складки слои, по-видимому, были разбиты крутыми взбросами, которые в итоге привели к раздробленному разрезу. Как известно, фундамент Вагай-Ишимского прогиба опущен на 600-1600 м по сравнению с Тоболо-Убаганским поднятием.

Далее покажем реконструкции деформаций отложений, приведенных в статье²²⁰ (рис. 5.18, 5.19). Принципиальная схожесть разноранговых и разновозрастных явлений достаточно очевидна.

В статье²¹⁹ мы описали эти исключительно схожие структуры с позиций компенсационной организации тектонического течения¹⁸⁷ и соотнесли их с режимом странного аттрактора. Теперь дополним данные заключения новыми представлениями. В работе⁵³ так описаны автоволновые структуры в трехмерных возбудимых средах (с. 62, 63).

«Если взять на плоскости вращающуюся спиральную волну и продолжить ее прямо вверх, мы получим трехмерную автоволновую структуру – *простой вихрь*, имеющий вид вращающегося свитка (рис. 5.20, а). По своим свойствам такой вихрь аналогичен спиральной волне. В двумерном случае спиральная волна вращается вокруг некоторой точки; в трехмерном случае центры вращения образуют линию – ось вращения, называемую нитью вихря. Не всегда нить вихря – прямая линия. Она может быть искривлена или замкнута в окружность (рис. 5.20, б). В результате вихрь превращается в *вихревое кольцо* (рис. 5.20, в). Вихревое кольцо – это локальный автоволновой источник. На больших расстояниях от центра этот источник создает ту же картину расходящихся сферических волн, как и пейсмекер*».

* Пейсмекер (англ. *pace* – темп, скорость; *maker* – создатель, творец) – источник концентрически расходящихся волн.

²²⁰ Трофимова Е. Н., Алексеева Е. В., Усманов И. Ш. и др. Макроизучение керн. К вопросу о формировании аномальных разрезов баженовской свиты и клиноформного строения неокомского комплекса // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры (Одиннадцатая науч.-практ. конф.). Ханты-Мансийск, 2008. Т. 1. С. 240-259.

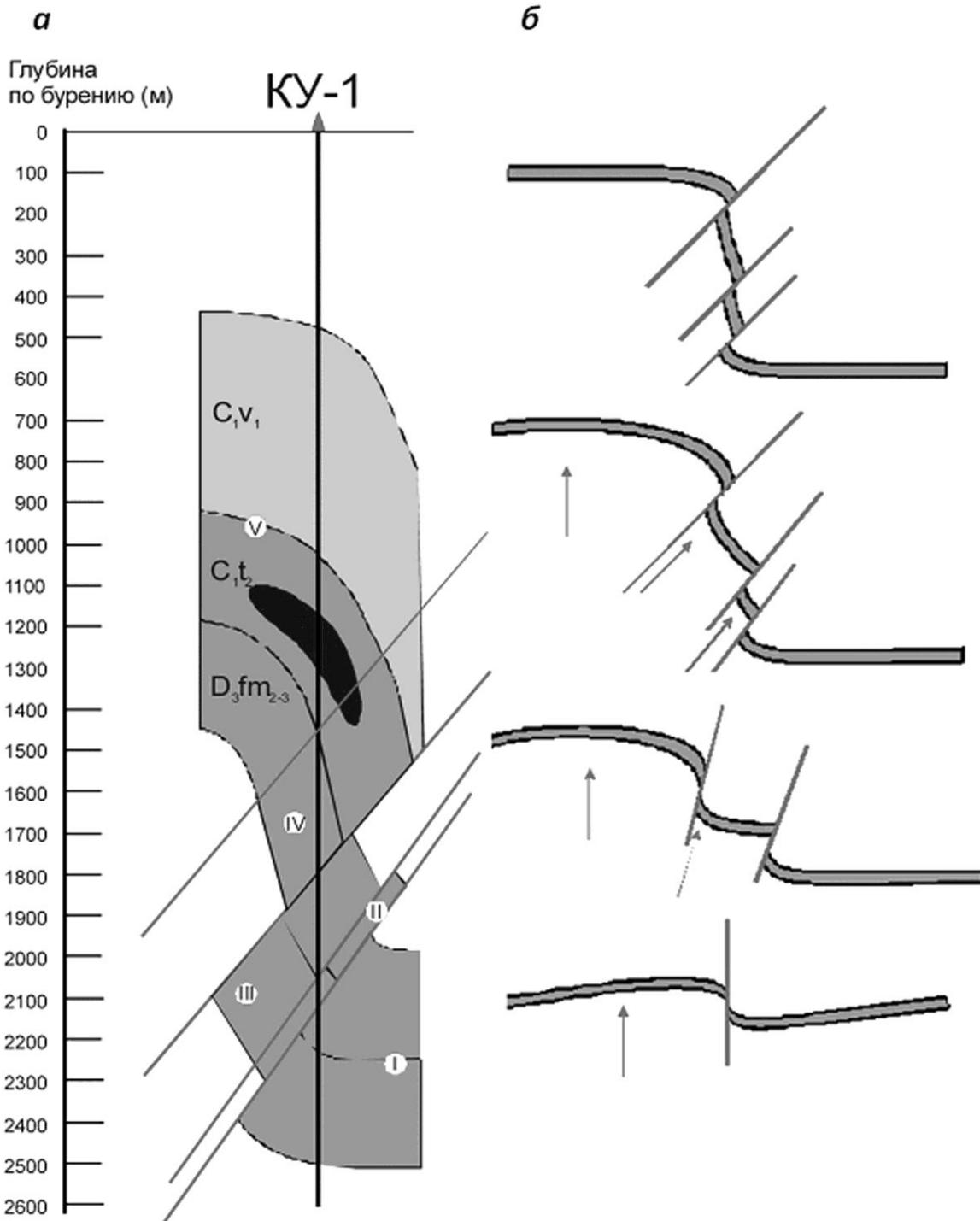


Рис. 5.17. Разрез по скважине Курган-Успенская (КУ-1): *а* – схематическая реконструкция тектонического строения (черной заливкой обозначено тело базальтов и долеритов; римскими цифрами обозначены тектонические блоки); *б* – схематическая модель развития флексуры в зоне контакта Вагай-Ишимского прогиба и Тобол-Убаганского поднятия

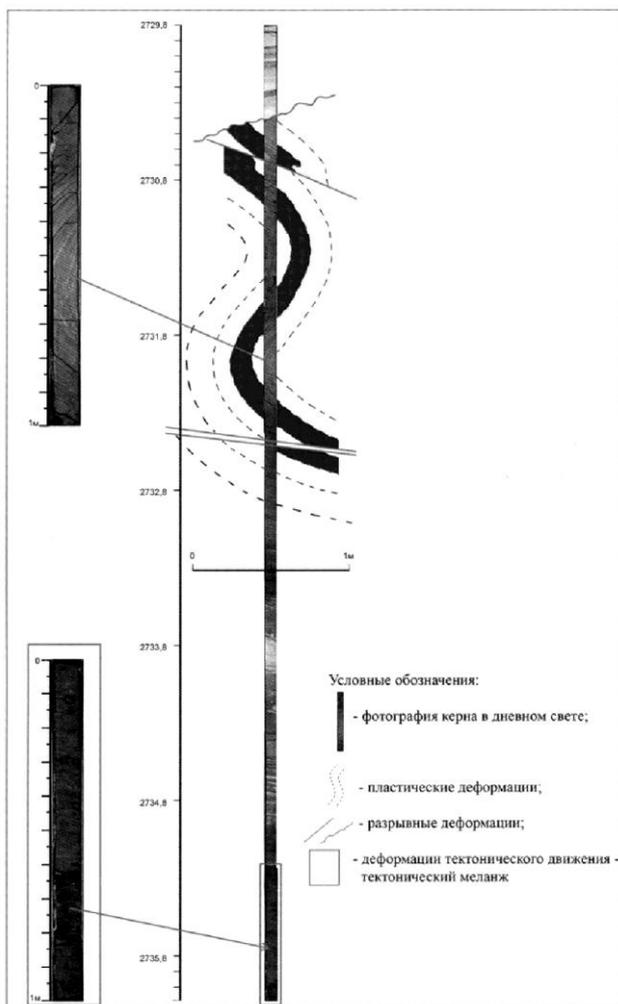


Рис. 5.18. Структурная реконструкция деформаций отложений. Западно-Карпатанское месторождение (62° с.ш.; 71° в.д.); скважина 7535р, интервал 2729,80-2736,10 м²²⁰

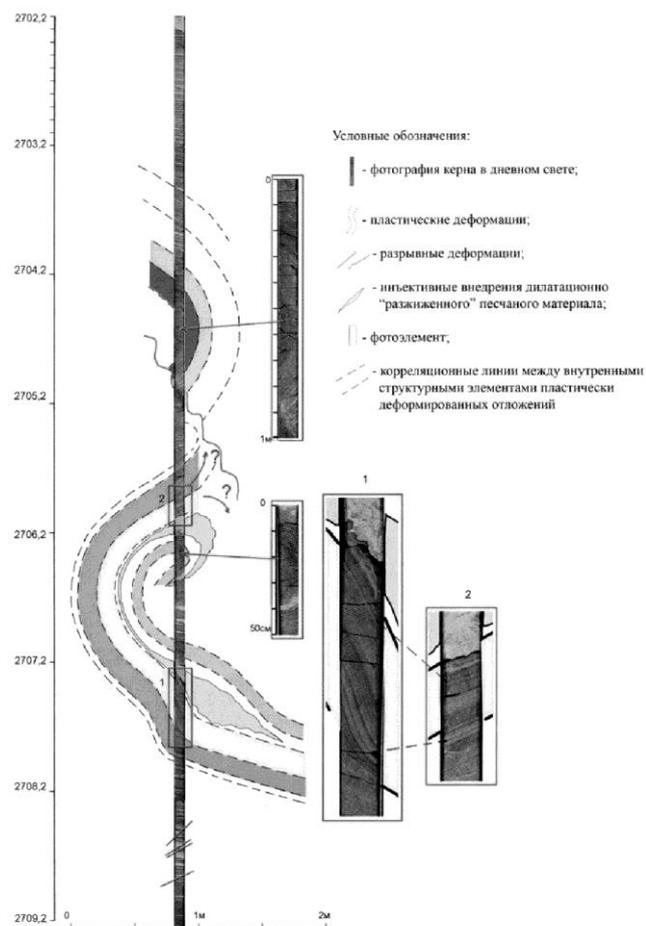


Рис. 5.19. Структурная реконструкция деформаций отложений. Восточно-Мытаяхинское месторождение (примерно 100 км к северу от Западно-Карпатанского); скважина 7538р, интервал 2702,2-2709,2 м²²⁰

«Вихри и вихревые кольца представляют простейшие примеры автоволновых источников в трехмерных средах. Существуют и гораздо более сложные структуры. Так, если взять простую волну-свиток и скрутить ее вдоль вертикальной оси, мы получим объект, называемый *скрученным вихрем* (рис. 5.20, г). Пересекаясь с поверхностью воображаемого цилиндра, который охватывает нить такого вихря, волны возбуждения образуют винтовую линию. При замыкании нити скрученного вихря в окружность возникает объект, который естественно назвать скрученным вихревым кольцом. Продолжая такие построения, можно получить сложные структуры в виде зацепленных или завязанных узлом вихревых колец и т. п.»

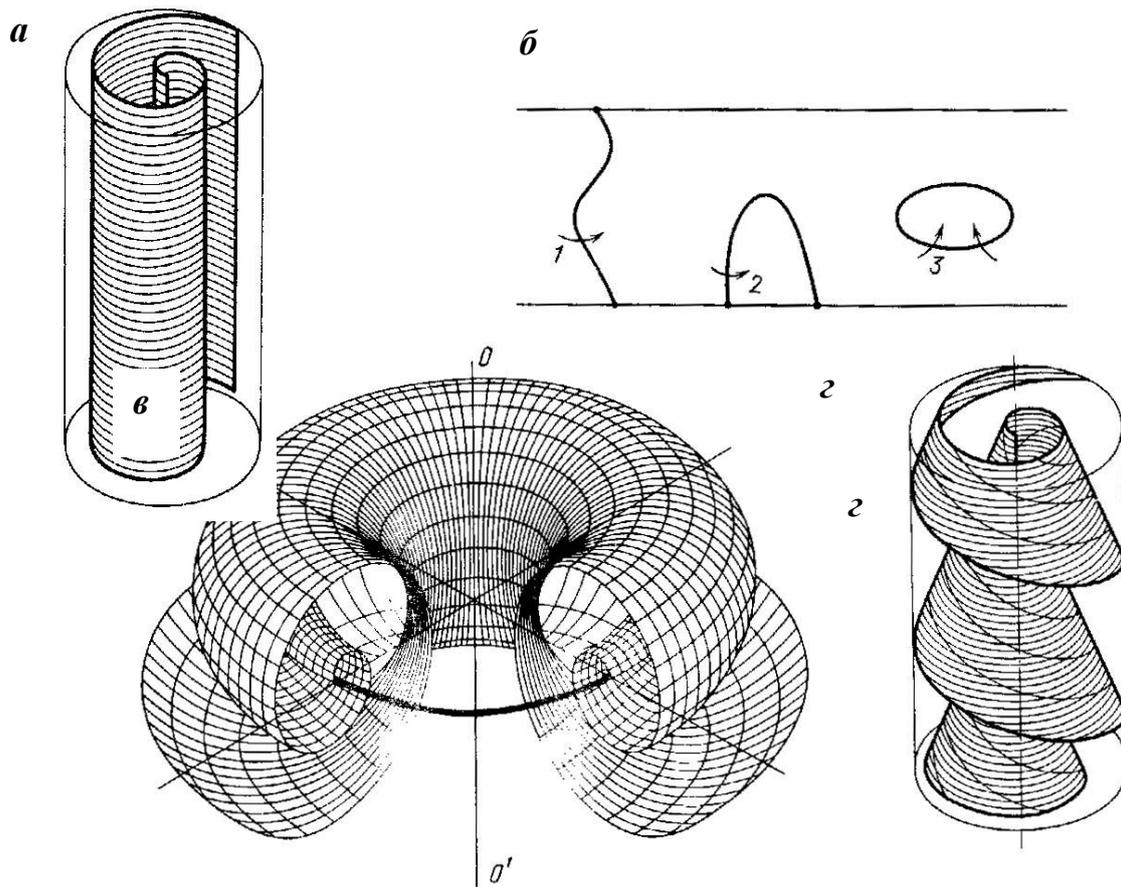


Рис. 5.20. Вихревые структуры⁵³: *а* – простой вихрь; *б* – различные деформации вихря (стрелками указано направление вращения); *в* – вихревое кольцо; *г* – скрученный вихрь

Сравнив показанные вихревые структуры с приведенными выше геологическими примерами (см. рис. 5.17-5.19), нетрудно убедиться в их полном взаимном соответствии. Налицо и существенное совпадение механизма формирования вихревых структур с флюидодинамической моделью Б. А. Соколова (см. рис. 3.12). Такое удивительное сходство очередной раз подчеркивает общность в процессах формирования весьма различных процессов и объектов, что собственно и лежит в основе нелинейных представлений, имеющих «всюдный» характер (см. п. 1.1).

Стратиграфия – литология

В последние десятилетия обострились проблемы, связанные со стратификацией ряда терригенных толщ, характеризующихся своей миграционной природой формирования. Достаточно подробно это было рассмотрено в п. 4.3, для неокомских клиноформ Западной Сибири (см. рис. 4.31 и 4.32). Что называется, «в пределе» (lim) для толщ большого объема (т. е. имеющих стратиграфическое наполнение) совершенно справедливо следующее утверждение. «Упорное игнорирование принципа Головкинского, ставшего ...

«неприятным открытием для геологов», – явление, конечно, временное. Стратиграфам, как говорится, просто некуда будет деться, и потому только, что этот принцип вытекает из общепринятой на сегодня наукой схемы слоеобразования»^(221, с. 121). Напомним здесь, что фациальный закон Головкинского (за рубежом – закон Вальтера) выглядит следующим образом: *фациальные разновидности осадочной породы любого бассейна седиментации сменяются по стратиграфической вертикали в том же порядке, как и по горизонтали*.

Изложенное позволяет принять необходимость и целесообразность перевода рассуждений на позиции *нелинейности* процессов. Как было показано в п. 3.1, в рамках синергетических (и не только) представлений известно, что множество точек в фазовом пространстве, к которому стремится отображаемая точка с течением времени, называется *аттрактором*. На рис. 5.21 для логистического отображения приведен цикл периода два, взятый из работы⁴⁵:

$$x_{n+1} = f(x_n) = \lambda x_n(1 - x_n).$$

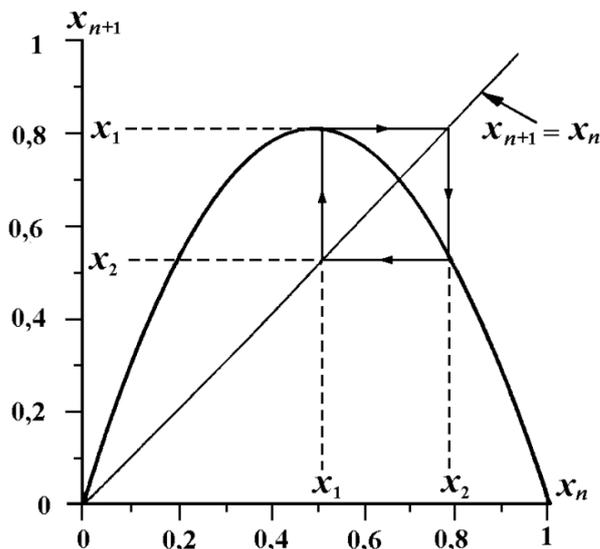


Рис. 5.21. Цикл периода два, являющийся аттрактором для уравнения (см. текст) при управляющем параметре $\lambda = 3,2$

В частности эти переходы были проиллюстрированы на примере образцов, показанных на рис. 2.34 и 2.35. Для их нижних частей «светлые» слои (x_1) переходят в темные алевролиты (x_2), как $x_2 = f(x_1)$ и $x_1 = f(x_2)$, т. е. попарно чередуются в некоторой мерности. При этом «малые отклонения переменной величины x_n от элементов цикла (курсив наш. – Авт.) x_1 и x_2 уменьшаются с течением времени, и изображающая точка стремится к элементам цикла»^(45, с. 82). Процесс находит выражение вначале в появлении «смешанных» слоев (интервалы с «крапом» на рис. 2.34, 2.35), а затем – в переходе на новый – в данном случае более устойчивый вариант существования системы (углистые алевролиты соответственно тогурской (см. рис. 2.35) и радомской (см. рис. 2.34) пачек).

²²¹ Романовский С. И. Великие геологические открытия. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2005. 224 с.

Попробуем наметить пути выхода из нередко запутанной ситуации, частично отраженной на рис. 2.33. В принципе он лежит на поверхности и заключается в переходе на выделение *формаций* (вместо бесконечного и все увеличивающегося количества свит). Концептуально разбор различных подходов к стратификации осадочных толщ показан на рис. 5.22. На нем в предельно схематизированном виде показаны слева направо направленное чередование некоторых различных по составу комплексов (А), ритмичное «переслаивание» их ограниченного набора (Б) и чередование некоторых комплексов с интерпретацией их генезиса (В). Как следует из предложенной модели, стратификация разрезов А и Б весьма проста при хорошей выдержанности комплексов по их составу (6-12 и 5-11 в верхних частях столбцов А и Б). Во всех других случаях «простая» корреляция, особенно в «немых» терригенных толщах, затруднительна, что и показано для соотношения 4-10 в виде фациального замещения комплексов (принцип Грессли). Более того, при скольжении слоев по закону Головкинского т. н. бассейновая стратиграфия заходит в тупик, что показано для комплексов 7→2→9.

Использование циклитов, выделение которых основано только на анализе смены гранулометрических типов пород, по большей части не решает задачу (см. колонку Б на рис. 5.22). Нечеткость в определении границ циклитов подразумевает различия в их выделении, а инверсия при смене гранулометрического состава по литорали во многом дезавуирует саму методику. В правой колонке В показано выделение комплексов отложений по смене их генезиса. Этот вопрос детально разобран в наших работах (^{5, 36} и др.), поэтому остановимся только на двух моментах.

Во-первых, освещение взаимосвязи цикличности и стратиграфии сделано в сводке⁵⁷ (см. табл. 4.1) и показано на рис. 5.23. Из него следует, что при стремлении выделять свиты как однородные по литологическому (скорее, гранулометрическому) составу комплексы, расчленение разреза с этих позиций будет производиться принципиально по-разному. Однако ситуация изменится, если гранулометрия разреза будет учитываться только как один из признаков, причем меняющийся по латерали (см. изменения 4-10; 3-9; 2-8; 1-7 на рис. 5.22). В этом случае именно цикличность и только она может дать надежный каркас для стратификации толщ (по сути это и показано на рис. 5.10, а для тюменской свиты Шаимского НГР).

Во-вторых, для пульсационного тектонического режима развития территории верхняя, трансгрессивная ветвь развития литоциклов часто бывает сокращена, в том числе за счет денудации (*h* на рис. 5.22), и процедура установления комплексов существенно упрощается. Впрочем, справедливости ради, укажем, что в этом случае и установление самой цикличности может оказаться излишним, что следует из колонки А на рис. 5.22. Резюмируем, что установление цикличности особенно важно при оценке переходных зон (а + б на рис. 5.23); широком развитии фациальных замещений, особенно на коротких расстояниях (4-10 на рис. 5.22) и скольжении (диахронности) литологических границ (7-2-9 на рис. 5.22).

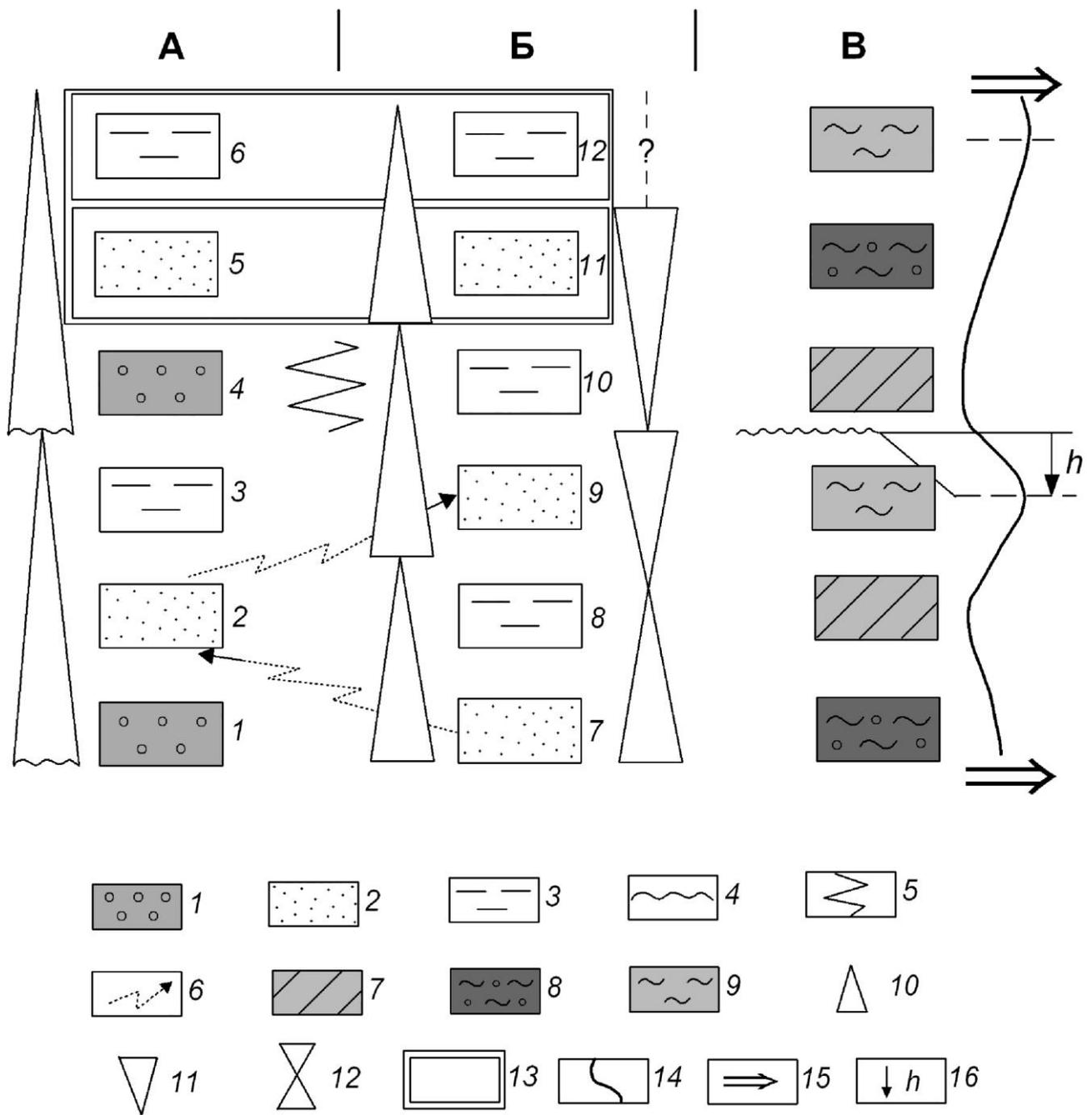


Рис. 5.22. Соотношения комплексов осадочных пород (А – в контрастном, Б – в монотонном сочетаниях; В – выделяемых по генезису):

1 – гравелиты, конгломераты; 2 – песчаники; 3 – алевролиты, аргиллиты; 4 – эрозийные контакты; 5 – фациальные замещения; 6 – скольжение слоев; 7 – прибрежно-континентальные, 8 – мелководные, 9 – морские (бассейновые) отложения; 10- про-, 11 – ре-, 12 – прорециклиты; 13 – свиты; 14 – обобщенная фациальная кривая в профиле 15 – область сноса – приемный водоем; 16 – глубина эрозийного вреза

Основные пояснения в тексте

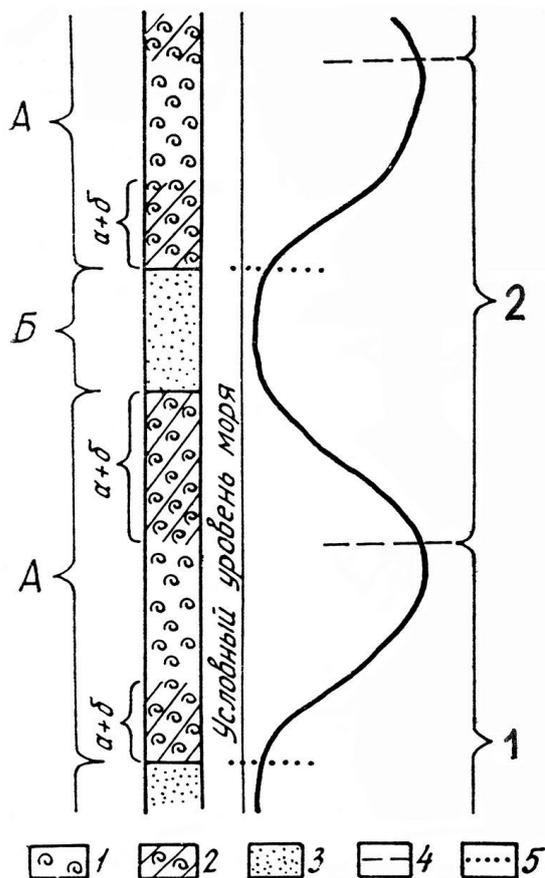


Рис. 5.23. Различия при выделении в разрезе литоциклов и стратиграфических подразделений⁵⁷:

отложения: 1 – морские глубоководные, 2 – морские менее глубоководные, 3 – морские мелководные (могут быть с участием континентальных); 4 – границы литоциклов с начала регрессивной фазы (выделены скобками справа); 5 – границы литоциклов, если их начинать с трансгрессивной фазы

А, Б – свиты (серии, пачки) с одинаковым или близким составом и (или) признаками;
 $a + b$ – переходные слои;
 1, 2 – литоциклы

Как видно из изложенного, прямого ответа на все ставящиеся вопросы по расчленению толщ нет. В этой связи весьма актуальным становится стратиграфическое направление в учении об осадочных формациях, в основе которого лежит представление о формациях именно как целостной литостратиграфической единице. Наиболее важным своего рода «пересечение» формационных и стратиграфических понятий и методов видится для области палеогеографических «внутрибассейновых» реконструкций. Это следует из анализа рис. 5.22, представленного выше, и отчасти разобрано в работе В. Н. Шванова⁷⁴. Нелинейность рассуждений, на базе которых построена модель, приведенная на рис. 5.22, очевидна. Для излагаемого материала важно подчеркнуть необходимость поиска коэволюции седиментационных процессов с наложением как внутренних, так и внешних событий (тектоника, эволюция биоты и проч.). Именно это может решить задачу стратификации сложнопостроенных толщ.

Вкратце остановимся на перерывах в осадконакоплении, о которых было упомянуто в п. 4.2. Данный, довольно слабо разработанный вопрос (трудно изучать то, что не наблюдается, т. е. фантом), отчасти проанализирован нами в работе⁵ (2-й этюд: «Скорость накопления и время перерывов»). В табл. 5.3 приведена систематика перерывов, в которой использованы представления И. А. Вылцана²²².

²²² Вылцан И. А. Фации и формации осадочных пород. Томск: Изд-во ТГУ, 2002. 484 с.

**Схема классификации внутри- и межслоевых перерывов
и их основные диагностические признаки**

Порядок (уровень) скрытого перерыва – пробела (П)	Критерии распознавания в слоистых толщах	Кодированная запись	Причины возникновения	Режим седиментогенеза ¹³⁴	
Первый (П ^I)	Диастемальный внутрислоевой (d_1)	Поверхности на-слоения ясные, ровные, обычно соответствуют серийным швам. Внутри слоя a	d_1 } d_1 } a d_1 }	Прерывистый характер поступления материала; короткопериодические изменения погодно-климатических условий	Грануло-седиментогенез
	Диастемальный межслоевой (d_2)	Поверхности напластования обычно четкие, отделяющие один породный слой (a) от другого (b)	$a - d_2 -$ $b - d_2 \dots$	Практически те же, но имеющие большую длительность и более четкий характер в морфологии на-слоения	Страто-седиментогенез
Второй (П ^{II}) («ритмитовый»)	Поверхности контактов обычно резкие, прямые, иногда извилистые. Между простыми породно-слоевыми ассоциациями (ab или abv)	$ab - П^{II}$ $- abv -$ $П^{II} - \dots$	Изменения климата и тектонические пульсации	Цикло-седиментогенез	
Третий (П ^{III}) («циклитовый»)	Контакты чаще резкие, неровные; в том числе с размывом комплексов подстилающих слоев – литоциклов (ЛЦ)	ЛЦ - П ^{III} $- ЛЦ -$ $П^{III} - \dots$	Колебательные тектонические движения субстрата бассейна осадконакопления		

Из перечисленного неоспоримо следует «удручающая диахронность границ биостратонов»²²³, раздражающе действующая на «классических» отечественных стратиграфов. В то же время такое явление, совершенно обычное для литолога, можно и должно рассматривать в качестве необходимого посыла при реконструкциях геологического прошлого. В дополнение к разноплановым сведениям, изложенным в п. 4.3, приведем следующую цитату: «В любом районе стратиграфическая летопись, отраженная в породах, практически не бывает непрерывной и полной. Она обычно прерывается многочисленными диастемами, перерывами и несогласиями. Короткие пропуски фактически существуют в слоистых породах в каждой плоскости напластования. Эти пропавшие интервалы являются сами по себе частью стратиграфии и очень важны для понимания истории Земли» (²²⁴, с. 10).

²²³ Алексеев А. С. О содержании и функциях «Международной стратиграфической шкалы» // Бюлл. МОИП, отд. геол. 2007. Т. 82. Вып. 4. С. 73-78.

²²⁴ Международный стратиграфический справочник. Сокращенная версия. М.: ГЕОС, 2002. 38 с.

Выскажем положение, что именно изучение перерывов, наряду с исследованием цикличности, является объединяющим, синтезирующим понятием, которое охватывает все вершины треугольника, приведенного на рис. 5.2. Так же как и цикличность, перерывы характеризуются отчетливой иерархичностью (см. табл. 5.3), нелинейностью и самоорганизованностью, а также направленностью в своем проявлении. В подтверждение последнего тезиса приведем пример, показанный на рис. 5.24. На нем зафиксировано достаточно известное положение о том, что при осадконакоплении в платформенных областях интервалы длительного тектонического покоя нарушаются короткопериодными тектоническими импульсами, с опусканием территории. Это показано на рис. 5.24, где также отображена общая тенденция к подъему (*rise*) территории.

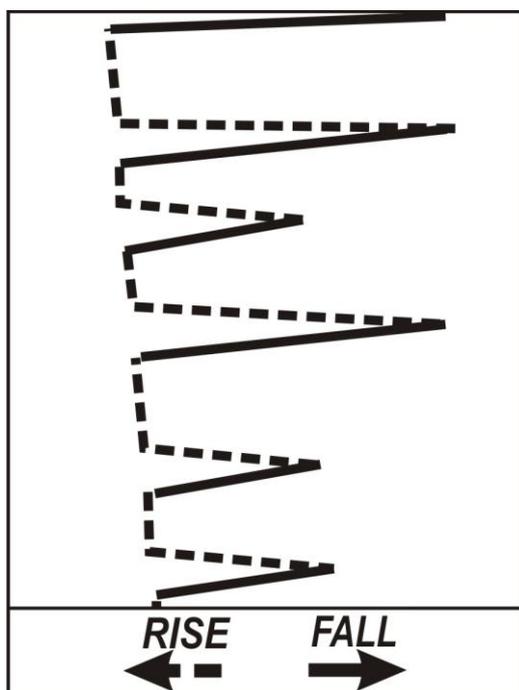


Рис. 5.24. Гипотетическая тектонически регулируемая кривая уровня приемного бассейна²²⁵:

длительные периоды тектонического покоя прерываются короткими периодами опускания поверхности (*fall*) со следующими за ними быстрыми подъемами (*rise*): тектоническими воздыманиями и деструкцией (*uplift and collapse*)

Определенным итогом к изложенному является высокая значимость генетических исследований, заключающихся прежде всего в фациальных реконструкциях, для целей стратиграфии (генетическая стратиграфия). База для этих построений, являющихся объектом специальных исследований, изложена в п. 3.3 и в сжатом виде сформулирована в заключении по третьей главе. Еще раз повторим, что именно генетические реконструкции в наилучшем виде соответствуют неклассической парадигме, где ответ на задаваемый вопрос зависит и от свойств изучаемого объекта, и от способа вопрошания, контекста вопроса (см. табл. 1.1).

Продолжая рассуждения в данной плоскости и наводя «мостик» к сегодняшним реалиям, отметим, что, оставляя классические принципы дифференциальной динамики, мы в перспективе погружаемся в иной «мир мнений»

²²⁵ Embry A. F. Practical sequence stratigraphy. Canadian Society of Petroleum Geologists. 2009. Online at www.cspg.org. 79 p.

нейрокомпьютерной реальности (¹⁰, с. 42). При этом под предлагаемой мезо-парадигмой синергетики понимается «...подход, расположенный между Сциллой марковских «амнезированных» дескриптивных процессов и Харибдой генетических методов нейрокомпьютинга. Фактически это синтетический подход, когда система часть времени развивается вполне предсказуемо, а в период становления востребуется ее генетическая программа-память, внутреннее пространство, которое само может изменяться, после чего развитие вновь происходит по дифференциальным законам. Таким образом, точки бифуркации, выбора проходятся не случайно (равновероятие исходов), но с учетом *генетических склонностей системы* (курсив наш. – В. А.)» (¹⁰, с. 43). Поистине нам самим было бы трудно сочинить такой панегирик генетическим исследованиям применительно к геологии.

Помимо приведенных сошлемся еще на одно свидетельство правомерности нашего подхода. Виднейший отечественный литолог В. Н. Шванов выделил и подробно охарактеризовал пять основных направлений в изучении осадочных формаций – стратиграфическое, фациальное, тектоническое, вещественное и целевое⁷⁴. Отметим, что сама работа имеет название структурно-вещественного подхода с учетом важнейшего параметра в сложении осадочных толщ в виде их структуры. Так вот, при всей осторожности и едва ли не агенетичности своих исследований, В. Н. Шванов при оценке фациального направления дал ему блестящую оценку. Естественно, что приведенные высказывания можно использовать двояко – как в целях дезавуирования генетических реконструкций, так и для подчеркивания их важности и осторожного отношения к самому процессу генетических (читай: фациальных) исследований.

«1. Проведение генетического анализа не всегда необходимо и не всегда диктуется производственным заданием. Вряд ли возможно требовать выполнения генетического анализа при геологической съемке, и так отягощенной различного рода работами, или при поисках и разведке многих полезных ископаемых, не связанных непосредственно с определенными фациями. Фациально-генетическое исследование, кроме того, не всегда выполнимо: например, во многих метаморфических толщах докембрия, в сложноскладчатых системах с проявлениями регионального кливажа, при обработке буровых материалов с малым выходом керна и т. д.

2. Фациально-генетический анализ требует и специальных исследований, и достаточно грамотных специалистов, подобно тому, как палеонтологическая работа предусматривает участие палеонтологов, а минералогическая – минералогов. Распространенное мнение, что седиментологией может заниматься каждый, является ошибочным. Поэтому так часто генетический анализ сводится к замене его генетическими ярлыками» (⁷⁴, с. 15).

Дополним эти положения еще одним.

3. *Всегда (естественно при наличии такой возможности) необходимо стремиться к генетическим исследованиям, так как только они могут дать возможность интерпретации давно прошедших событий. Не следует опа-*

саться их принципиальной непроверяемости, поскольку такая проверка может реализовываться в эмпирико-модельном ключе. Особое внимание следует уделять нелинейным реконструкциям, осуществляемым с учетом коэволюции в протекании разных сторон геологического процесса. Осуществлять данные реконструкции следует в рамках **синергетического мировидения**, продолжающего (для осадочных толщ) идеи, изложенные в XIX в. Н. А. Головкинским¹³³, реализованные на рубеже XIX-XX вв. при геологической съемке Донбасса Л. И. Лутугиным²²⁶; воплощенные в середине XX в. в виде фациально-циклического анализа Ю. А. Жемчужниковым, В. С. Яблоковым, Л. Н. Ботвинкиной и др.^{123, 129}.

Аттракторы и коллекторы

Вначале определимся с общеметодологическими представлениями о том, что хотя *новое* и появляется в результате бифуркаций как эмерджентное и непредсказуемое, в то же время оно и «запрограммировано» в виде спектра возможных путей развития, дискретного спектра относительно устойчивых структур – аттракторов эволюции. Тем самым настоящее системы определяется не только прошлым, но и «притягивается» из будущего (!), как об этом писали Е. Н. Князева и С. П. Курдюмов⁸⁶. Продолжая это положение, процитируем еще одно высказывание из другой работы тех же авторов. «Важнейшим в синергетике является представление о структурах-аттракторах эволюции как реальных формах организации среды, на которые выходят процессы эволюции в ней. Если система (среда) попадает в поле притяжения определенного аттрактора, то она неизбежно эволюционирует к этому относительно устойчивому состоянию (этой структуре). С определенного класса начальных возмущений системы (среды) имеет место выход на эту структуру. ... Парадоксально, что это метастабильно устойчивое будущее состояние системы как бы притягивает, организует, формирует, изменяет наличное ее состояние»⁶, с. 130).

Переходя к причинам установленных закономерностей, то есть их **морфогенезису** (см. рис. 1.4), покажем, что в достаточно явном виде процессы самоорганизации описываются режимами **аттракторов**, описанными в п. 3.1 (см. рис. 3.6) и 4.1 (см. рис. 4.6 – 4.8). Будучи притягивающим множеством в фазовом пространстве, аттракторы как привлекают соседние режимы, тем более находящиеся в переходном процессе, так и способны к самоорганизации. При этом аттракторы, отличные от состояний строго периодических колебаний, наилучшим образом отвечают *странным аттракторам*, связываемым с проблемой турбулентности.

²²⁶ Романовский С. И. Леонид Иванович Лутугин (1864-1915). СПб.: Наука, 1977. 191 с.

На рис. 5.25 приведены примеры реализации аттракторов для исследуемых отложений (ранее они были показаны в работах (^{38, 146} и др.; использованы в статье²²⁷). Они приведены в правой части рисунка, основная часть которого заимствована из работ П. М. Горяинова, Г. Ю. Иванюка и др.^{28, 29}. Прокомментируем показанные результаты.

Под *устойчивым узлом* любой литолог легко распознает слой (т. е. однородное геологическое тело, ограниченное субпараллельными поверхностями) в конкретном пластопересечении (скважине). Тем самым конкретизируется вертикальный (стратиграфический) разрез любого объекта, с выделением интервалов определенного уровня с их непосредственными *эмерджентными* свойствами. Для пласта-коллектора, к примеру, это будет связность частиц, обеспечивающих его гидродинамическую проницаемость.

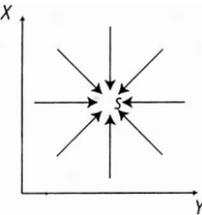
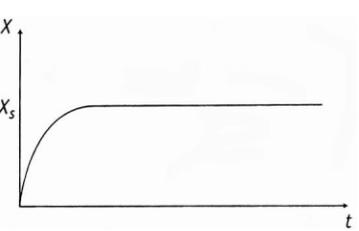
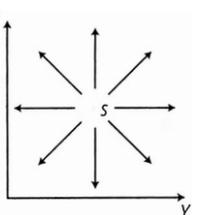
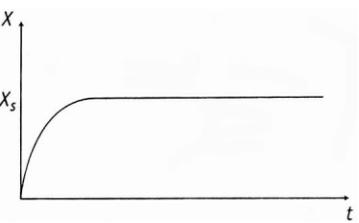
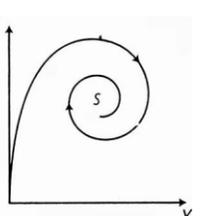
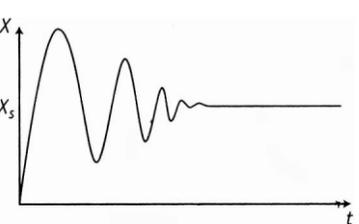
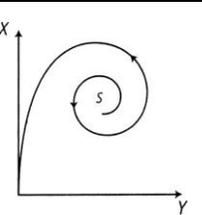
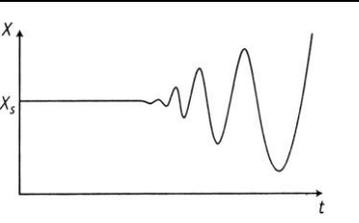
Напротив, *неустойчивый узел* обеспечивает расслоенность разреза, с формированием сколько угодно большого количества перерывов разного уровня (см. табл. 5.3), в том числе диаем Дж. Баррелла. Эти процессы, соответствующие разноуровневому *скольжению* слоев, слоев и литологических комплексов, рассмотрены в п. 4.3.

Устойчивый и неустойчивый фокусы реализуются инвариантно, в очень широком диапазоне геологических тел и процессов. На низких уровнях они описываются седиментологически, как это выполнено для многих образцов, приведенных в представленной работе (см. рис. 2.25, 2.26, 2.29, 2.30; 2.34, 2.35, 2.36; 5.14, 5.15). На высоких они проявлены во взаимосвязи тектоники и литологии, что описано выше (см. рис. 5.12, 5.13). Разделить эти два процесса в геологии не столь просто, как это кажется на первый взгляд. Это объясняется фрагментарностью реализаций осадконакопления, закрепившегося в разрезе только в отдельные промежутки времени, а также трансляций режимов аттрактора через неустойчивое «седло» (см. рис. 4.8).

Формированию *предельных циклов* в наиболее полном виде соответствует и *цикличность* нескольких порядков, отвечающая самостоятельному уровню организации геологических тел. При ее основном эмерджентном свойстве – направленности чередования слоев или их комплексов, на некоторой ступени «простая» цикличность переходит в *инвариантный тор*, а на некотором этапе «с тора слезает шкура»⁴⁷, и он переходит в *странный аттрактор*.

Процессу формирования цикличности существенное внимание уделено в п. 4.3. Особенно наглядно динамика формирования разноранговых последовательностей была проиллюстрирована на рис. 4.12.

²²⁷ Рыльков С. А. Значимость нелинейных представлений для нефтегеологических исследований (на примере изучения аттракторов) // Известия вузов. Нефть и газ. 2011. № 4. С. 27-30.

Типы аттракторов (²⁸ , с. 59; ²⁹ , с. 175)				
Аттрактор	Фазовый портрет	Динамика во времени	Примеры общего характера	Литологические примеры (наиболее характерные)
Устойчивый узел (см. рис. 4.6)			Химические реакции, процессы горения, эксперимент Бенара и многие другие системы в стационарном состоянии	Горнопородный ранг (3-й) в иерархии геологических тел (см. табл. 1.3). Слой . В генетическом плане – фация (см. п. 3.3)
Неустойчивый узел (см. рис. 4.6)			Системы разной природы при выходе из стационарного состояния	Перерывы различной длительности (см. табл. 5.3). В визуально непрерывных разрезах особенно значимы диастемы (см. п. 4.2; рис. 4.18)
Устойчивый фокус (см. рис. 4.6)			Самые разные природные и технические системы при выходе из автоколебательного режима	Стабилизация тектонического и седиментационного режимов в рамках взаимной согласованности (коэволюции). Блоки 1 и 5 на рис. 5.7
Неустойчивый фокус (см. рис. 4.6)			Самые разные природные и технические системы при переходе в автоколебательный режим	Вовлечение территории Западно-Сибирской плиты в процесс осадконакопления (см. выше; рис. 5.10)

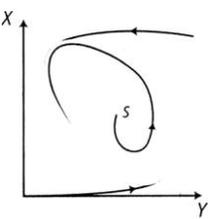
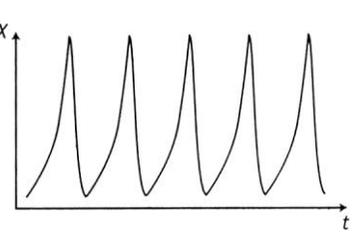
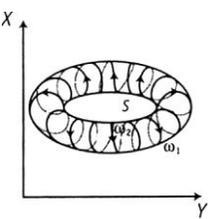
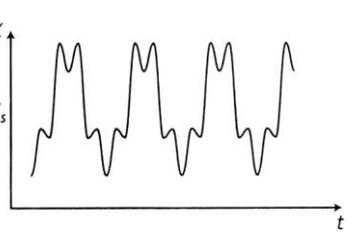
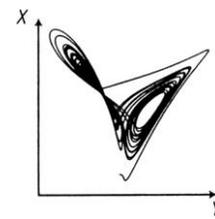
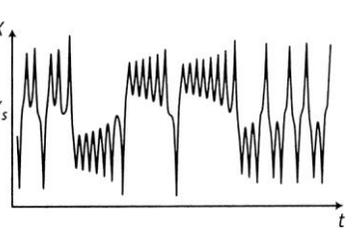
<p>Предельный цикл (см. рис. 4.7)</p>			<p>Часы, электрические цепи, реакция Белоусова-Жаботинского, процессы горения, ламинарное движение, гейзеры, турбидитные потоки и др.</p>	<p>Надгорнопородный или циклический (4-й) ранг в иерархии геологических тел (см. табл. 1.3). Литоритмы (см. табл. 2.2; рис. 2.27-2.30; 2.32; чередование на рис. 4.10)</p>
<p>Инвариантный тор (см. рис. 4.10: литоциклы I порядка)</p>			<p>Реакция Белоусова-Жаботинского, конвекция Бенара, вихри Тейлора, электрические цепи и др.</p>	<p>Тот же 4-й ранг, но геологические тела более высокой организации. Литоциклы разных порядков – от гемициклов (циклитов) до цикличности высоких порядков ($c \rightarrow d$ на рис. 4.10). См. рис. 4.23; 4.25</p>
<p>Странный аттрактор (см. рис. 3.6; литоциклы II порядка на рис. 4.10)</p>			<p>Турбулентные потоки жидкости и газа, реакция Белоусова-Жаботинского, магнитное динамо, динамика климата и др.</p>	<p>Формирование наиболее сложных геологических структур, часто в режиме коэволюции разных сторон процесса. В принципе инвариантен и может рассматриваться на разных уровнях седиментогенеза (см. табл. 4.4)</p>

Рис. 5.25. Основные типы аттракторов и примеры их реализации

Режимы собственно *инвариантного тора* и в особенности – *странного аттрактора* для геологических объектов в принципе каждый раз требуют самостоятельного рассмотрения. Констатируя, что вопросам наличия *закономерностей* в формировании наблюдаемых геотектонических структур Западно-Сибирской плиты (ЗСП) и прилегающих территорий посвящено большое количество разноплановых работ, наиболее перспективным видится продолжение исследования именно в рамках *нелинейных* представлений. Как уже указывалось, в значительной степени это сделано нами для Шаимского и Красноленинского НГР³⁴⁻³⁸, что во многом показано в представленной работе.

Важнейшим понятием для нефтегазовой литологии является **коллектор** (среди нефтяников-геологов и особенно промысловиков бытует своего рода присказка о том, что есть всего два типа горных пород: «коллектор» и «не коллектор»^{*}). Под коллектором, s. l., (позднелат. collector – собиратель) понимается сложное сочетание первичных и вторичных взаимосвязанных пустот в горных породах, заполненных водой, нефтью или газом (¹⁶⁵, с. 60). В терригенных породах – это преимущественно поровое, межслоевое пространство.

Для коллекторов терригенных толщ присуща отчетливая иерархичность. В рамках системной организации геологических тел она вписывается в общую схему, показанную на рис. 5.26.

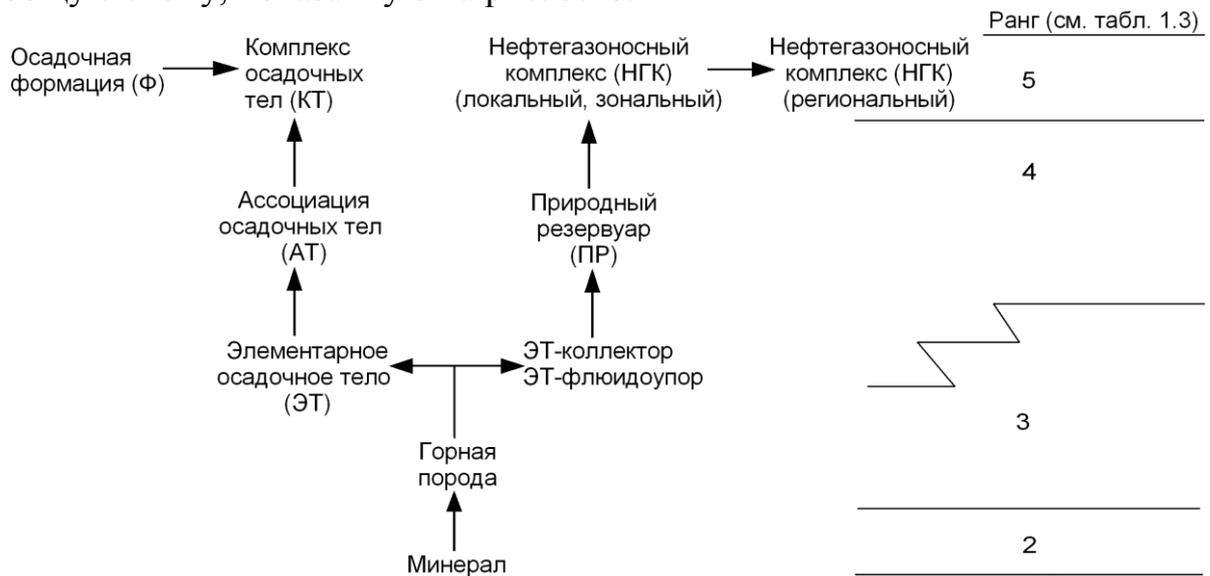


Рис. 5.26. Иерархия природных геологических объектов (²²⁹, с. 31; с дополнениями)

* В некоторых случаях это оправданно. Например, «Часто для моделирования бывает достаточно двух фаций: породы-коллекторы и породы-неколлекторы», поскольку «Моделирование фаций не должно быть сложнее прямого прогнозирования фильтрационно-емкостных свойств среды» (²²⁸, с. 214).

²²⁸ Дойч К. В. Геостатистическое моделирование коллекторов. М.-Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2011. 400 с.

²²⁹ Дмитриевский А. Н. Системный литолого-генетический анализ нефтегазоносных осадочных бассейнов. М.: Недра, 1982. 230 с. (Избранные труды. М.: Наука, 2008. Т. 1. С. 24-250).

Из этих данных видно, что выше собственно горнопородного уровня иерархическая систематика «обычной» и нефтегазовой литологии существенно расходится. В литолого-генетической ветви иерархии элементарным осадочным телом (ЭТ) является слой, ассоциации осадочных тел (АТ) представлены циклами низших, а комплексы осадочных тел – высших порядков. В нефтегазовой иерархии начальными, отправными элементами являются ЭТ-коллектор и ЭТ-флюидоупор. Их сочетание представляет природный резервуар (ПР), а сумма ПР объединяется в нефтегазоносный комплекс (НГК).

В нефтегазовой литологии тем самым граница между 3-м и 4-м рангами (породным и надгорнопородным) имеет более сложный, нелинейный характер, что нами изображено на рис. 5.26 зубчатостью. Наглядно это показано на рис. 5.27, иллюстрирующем иерархические уровни терригенных коллекторов.

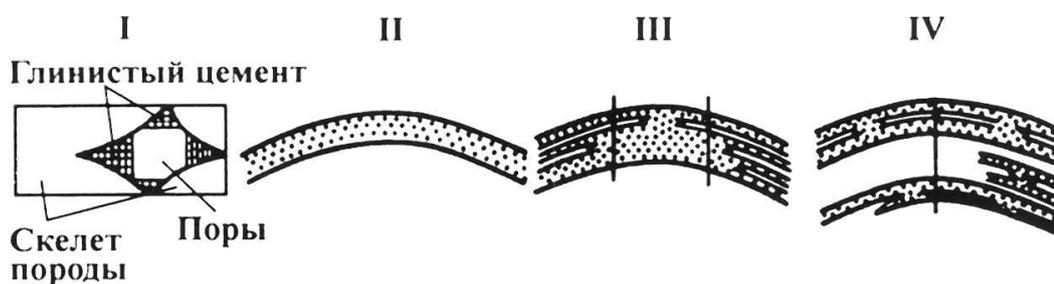


Рис. 5.27. Схема выделения структурных уровней геологической неоднородности (²³⁰, с. 88):

I - уровень элементарного объема породы с оценкой минерального состава скелета и количества цементирующего вещества;

II - уровень геологических тел, сложенных единым литологическим типом пород, в данном случае уровень песчаных пропластков;

III - уровень геологических тел, представляющих систему гидродинамически связанных пропластков;

IV - уровень геологических тел, представляющих систему гидродинамически несвязанных пластов, каждый из которых в общем случае представляет систему гидродинамически связанных пропластков

Сравнивая рис. 5.26 и 5.27, нетрудно заметить, что I уровень соответствует рангу 2, или гранулоседиментогенезу (см. рис. 4.19). Ему будет соответствовать и латеральное смещение при миграционном режиме (см. табл. 4.4). II уровень (нерасчлененный слой или пласт s. str.) соотносится с рангом 3 или стратоседиментогенезом (см. рис. 4.19; табл. 4.4). Наиболее сложен III уровень, выделение которого нередко является весьма неоднозначно решаемой задачей. Данный уровень соответствует многослою, или уже гидродинамически (не обязательно литологически – !!) связанному пласту (s. l.). (Кстати, именно такие коллекторы очень часто являются ведущими эксплуатационными объектами). Как показано на рис. 5.26, этот уровень может соотноситься

²³⁰ Каналин В. Г., Вагин С. Б., Токарев М. А., Ланчаков Г. А., Пономарев А. И. Нефтегазопромысловая геология и гидрогеология. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2006. 372 с.

ся с 3-м рангом, но чаще соответствует 4-му, надгорнопородному, в его более «простом» виде (см. п. 4.3; циклы I порядка на рис. 4.19). Уровень IV отчетливо соотносится с цикличностью, как правило II порядка, то есть собственно циклоседиментогенезу (см. табл. 4.4), или 4-му рангу в иерархии геологических тел. Следует отметить, что несвязность гидродинамически изолированных пластов рано или поздно приведет к их разделению и распознаваемости по отдельности. Примером тому может служить пласт Ю₁, в настоящее время разделяемый на шесть достаточно хорошо различаемых пластов – Ю₁¹ – ... Ю₁⁶. Среди некоторых из них выделяются и более дробные слои (пачки) – Ю₁^{1a}, Ю₁^{1б} и т. д.

Суммированием изложенных выше представлений можно полностью подтвердить уже на современном уровне мышления, справедливость отмеченного Н. Б. Вассоевичем еще на рубеже 1940-1950-х гг. положения: по сути мутационными являются все многослой, в том числе и те, которые состоят из миграционных («скользящих») наслоев²³¹. Тем самым такое понятие многослоя совпадает с III уровнем (а отчасти и с IV), изображенным на рис. 5.27. Для викуловской свиты Красноленинского НГР оно было показано в п. 4.3 (см. рис. 4.28). В то же время слишком широко пользоваться понятием «пласт» для заведомо «скользящих» геологических тел вряд ли уместно. Например, в статье²³² для «зонциклита» tm-11, венчающего разрез тюменской свиты и включающего коллектор Ю₂, указано следующее: «Толщина пласта изменяется от 5-7 до 60 м. Литологический состав пласта весьма разнообразен. Обычно он представлен переслаиванием песчаников, алевролитов и глин с прослоями углистых пород. Соотношение этих разностей пород в пласте различное. Наиболее часто содержание песчаников колеблется от 20 до 50 %. Толщина их изменяется от нескольких сантиметров до 10-15 м». Мы не считаем себя вправе давать конкретные рекомендации во избежание таких определений, но уже содержащаяся в самой статье более дробная индексация (Ю₂^a, Ю₂^б), несомненно, их дезавуирует.

Разновременность или диахронность терригенных коллекторов по латерали наилучшим образом иллюстрирует нелинейность, дискретность седиментационных процессов, что мы многократно описывали выше. В частности, данный факт позволяет вполне удовлетворительно решать все практические вопросы, регулируемые дискретными локализациями исходных переменных, в рамках самоорганизованной критичности (self-organized criticality) (см. п. 3.1; рис. 3.5). При таком подходе, в частности, «пласт» Ю₂ должен быть разделен на множество квазисинхронных пластов, подобно «лоскутному одеялу» (patchwork quilt), покрывающему нижнеплитный этаж ЗСП.

²³¹ Вассоевич Н. Б. Слоистость в свете учения об осадочной дифференциации // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1950. № 5. С. 96-115.

²³² Шемин Г. Г., Нехаев А. Ю., Рябкова Л. В., Шурыгин Б. Н., Бейзель А. Л., Левчук М. А., Брехунцов А. М., Бочкарев В. С., Дещеня Н. П. Высокорастворимая стратиграфия нефтегазоносных отложений нижней и средней юры северных районов Западной Сибири // Геология и геофизика, 2001. Т. 42, № 5. С. 749-765.

Существенный синтез изложенных представлений дают наши сведения о строении и генезисе отложений тюменской свиты Шаимского нефтегазонасного района^{35, 36}. На рис. 5.28 приведена сводная модель толщи, схематическое изображение которой ранее было показано на рис. 5.10, а. Принципиальная коэволюция процессов текто- и седиментогенеза нами изложена выше (см. рис. 5.13).

Не вдаваясь в описание литоциклов и коллекторов, покажем, как они **скачками** продвигаются по латерали в направлении с северо-востока на юго-запад (рис. 5.29). Выше это хорошо было видно на разрезе (см. рис. 5.11).

Приведенными данными дополнена согласованность многих процессов, которая в данном случае выражена в *коэволюции* геотектонических (определяющих) условий и палеогеографических (результатирующих) обстановок. В итоге можно реставрировать ландшафты геологической коэволюции, что и было обозначено в заголовке п. 5.2.

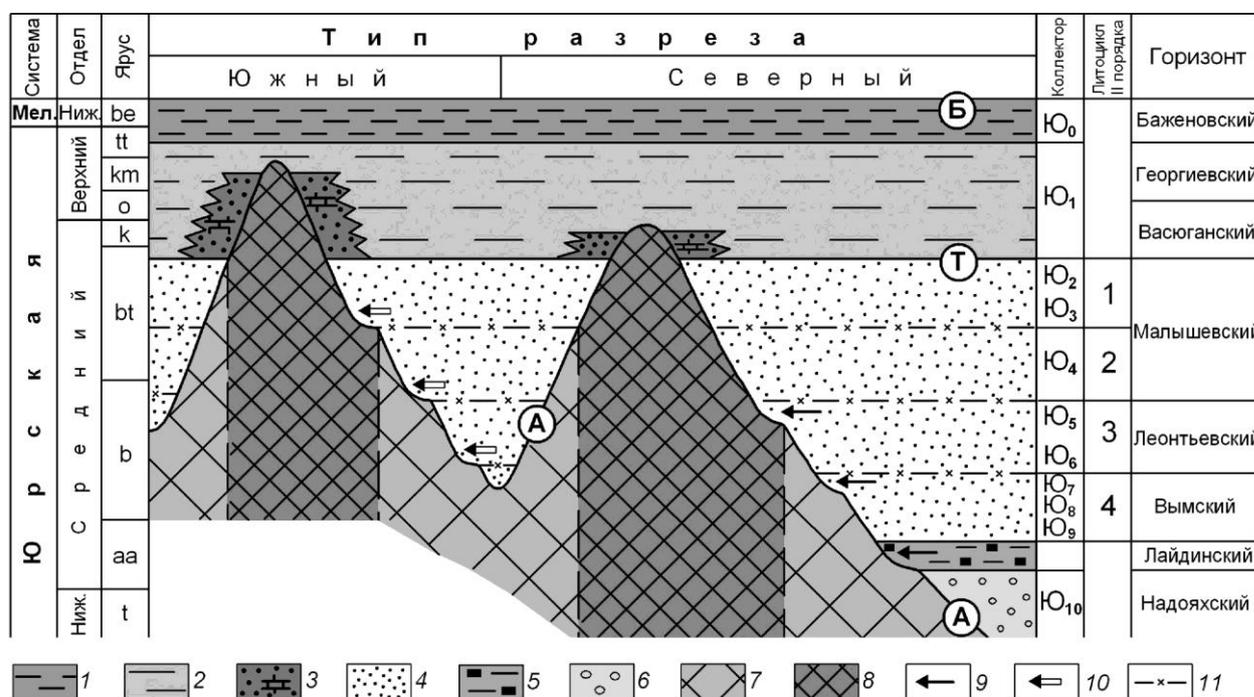


Рис. 5.28. Сводная стратиграфическая схема юрских отложений Шаимского нефтегазонасного района:

1 – битуминозные и слабобитуминозные аргиллиты мулымьинской и тутлеймской свит; 2 – алевроаргиллиты абалакской свиты; 3 – песчаники и гравелиты с прослоями известняков вогулкинской толщи; 4 – песчаники и алевролиты с прослоями углей тюменской свиты; 5 – частично углистые алевроаргиллиты радомской пачки; 6 – алевролиты, песчаники и гравелиты шеркалинской свиты; нерасчлененные породы фундамента: 7 – «гранитно-сланцевой оси» Шаимско-Кузнецовского мегаантиклинория, 8 – ранне-среднетриасового Даниловского грабена; 9 – градиенты ингрессионного расширения территории осадконакопления; 10 – импульсы активизации седиментационного процесса; 11 – границы литоциклов II порядка. Буквы в кружках – сейсмогоризонты

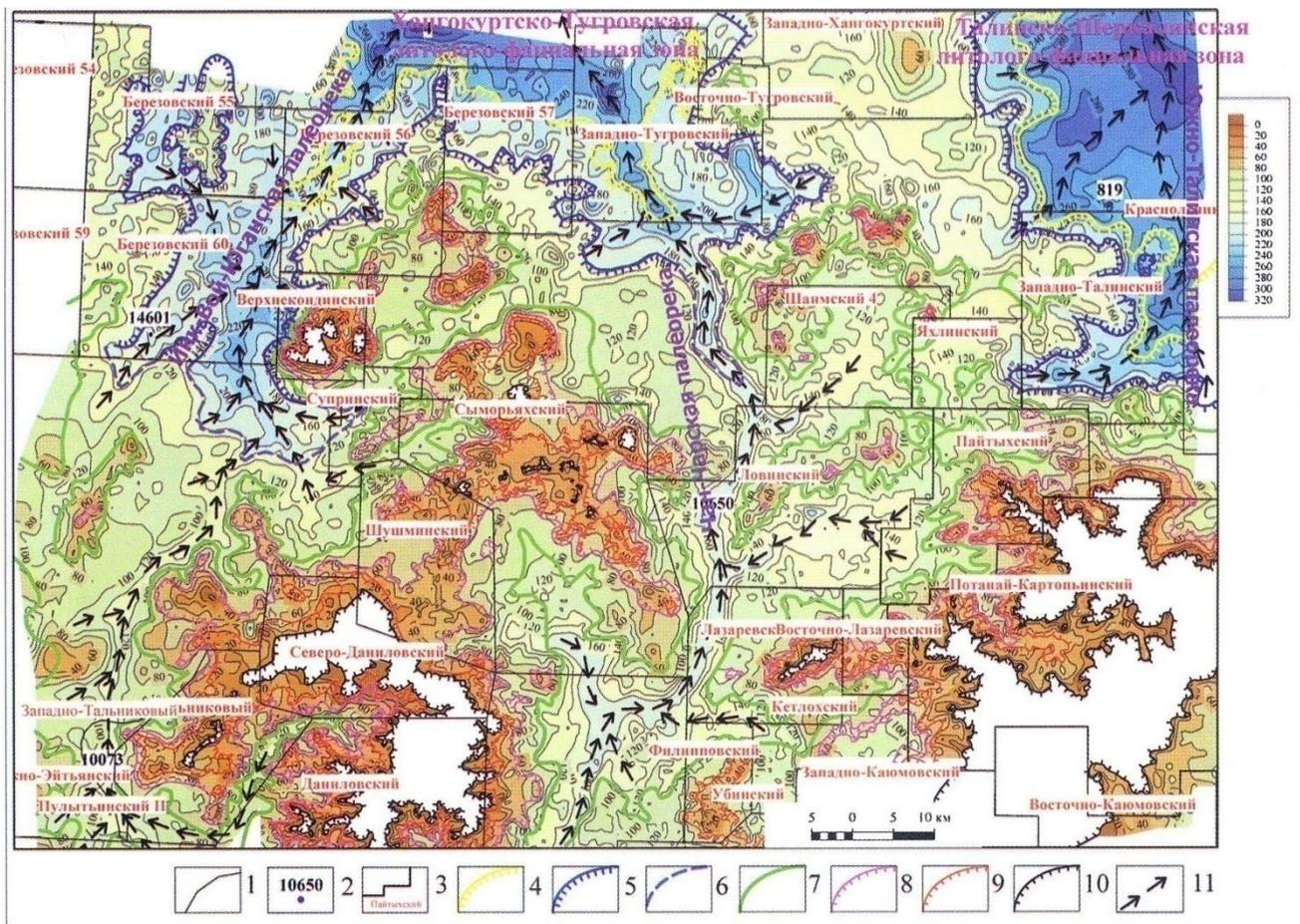


Рис. 5.29. Структурная карта по отражающему горизонту (ОГ) T (кровля тюменской свиты) северной половины Шаимского НГР²³³: 1 – изогипсы; 2 – скважины и их номера; 3 – границы ЛУ, границы выклинивания пластов; 4 – Ю₁₁; 5 – Ю₁₀; 6 – Ю₁₀ предполагаемая; 7 – Ю₇₋₉; 8 – Ю₅₋₆; 9 – Ю₄; 10 – Ю₂₋₃; 11 – направление транспортировки терригенного материала в нижне-среднеюрское время и названия основных палеорек

Сущностную проверку перечисленным выше положениям дают модельные представления о разрезах осадочных бассейнов, основанные на сейсмических исследованиях. На рис. 5.30 приведены два условных разреза, верхний из которых имитирует терригенный комплекс прибрежно-морского (А), а нижний – аллювиального (Б) генезиса. Автором этих моделей М. В. Лебедевым²³⁴ дается примечательное описание, полностью и независимо совпадающее с нашими рассуждениями.

²³³ Савенко В. А., Кныш С. Н. Особенности геологического развития северной части Шаимского НГР (Северо-Шаимская площадь) в юрско-нижнемеловое время // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры (Четырнадцатая науч.-практ. конф.). Ханты-Мансийск: ИздатНаукаСервис, 2011. Т. 1. С. 250-264.

²³⁴ Лебедев М. В. Фациальные несогласия в осадочных бассейнах // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2006. № 10. С. 62-68.

• Фациальные несогласия являются изохронными границами в том смысле, что любая часть вышележащего геологического тела моложе любой части нижележащего геологического тела. Иными словами, фациальные несогласия являются «гладкими» границами (без зубцов) в отличие от диахронных (миграционных, по Н. Б. Вассоевичу²³⁵) границ, имеющих «зубчатый» характер^{5, 133, 213}.

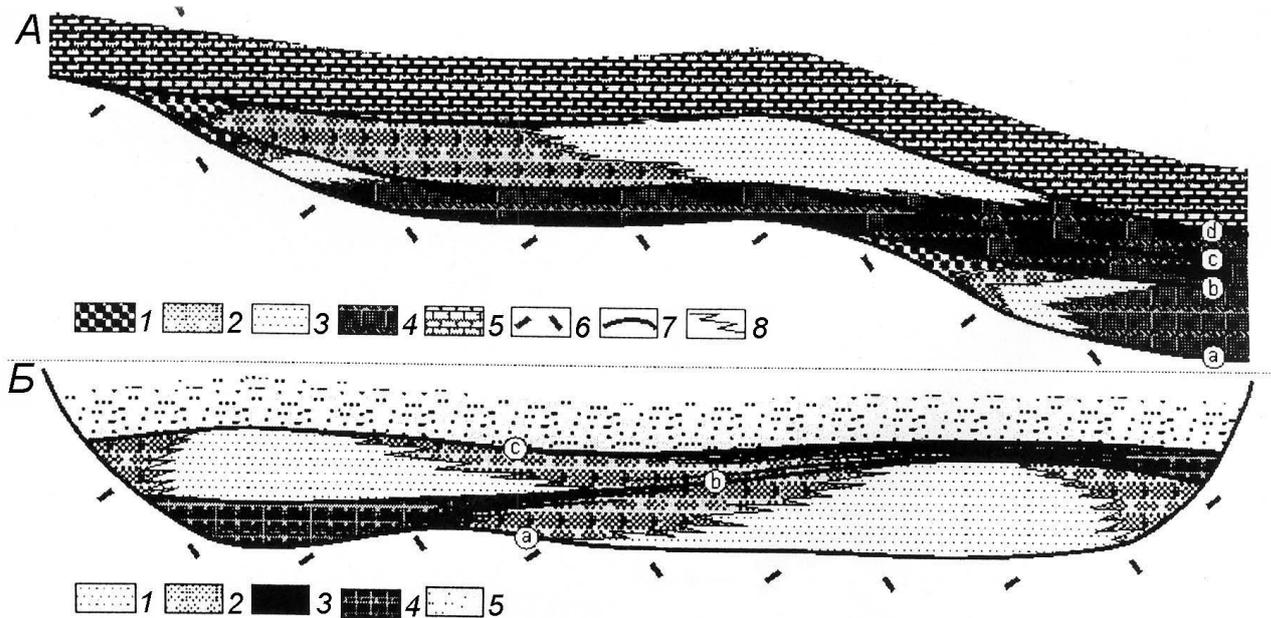


Рис. 5.30. Гипотетические фациальные разрезы²³⁴:

А – пересекающий терригенный комплекс осадков прибрежно-морского генезиса: 1 – фация песчаников аллювиальных конусов выноса; 2 – фация глинистых отложений лагун - прибрежной равнины; 3 – фация прибрежно-морских песчаников; 4 – фация глинистых отложений шельфа; 5 – фация сульфатно-карбонатных отложений солеродного бассейна; 6 – кристаллическое основание осадочного бассейна; 7 – фациальные несогласия; 8 – границы фаций (диахронные границы); *a* – генетическое фациальное несогласие (подшва осадочного бассейна); *b* – трансгрессивное фациальное несогласие; *c* – регрессивное фациальное несогласие; *d* – генетическое фациальное несогласие.

Б – пересекающий терригенный комплекс осадков аллювиального происхождения: 1 – фация русловых песчаных отложений; 2 – фация песчано-глинистых отложений прирусловой части поймы; 3 – фация углисто-глинистых отложений пойменных болот; 4 – фация глинистых отложений пойменного озера; 5 – фация туфов и туфопесчаников (остальные условные обозначения см. выше);

a – генетическое фациальное несогласие, *b* – инверсионное фациальное несогласие; *c* – генетическое фациальное несогласие

Фациальные несогласия являются поверхностями «разрыва» вертикальных фациальных рядов вследствие перестройки структуры бассейна седиментации. Поэтому карту фациального несогласия можно интерпретировать как «фотографию» земного ландшафта в определенный момент времени.

²³⁵ Вассоевич Н. Б. К изучению слоистости осадочных горных пород // Литологический сборник. М.-Л.: Гостоптехиздат, 1948. С. 24-34.

Следовательно, фациальные несогласия могут быть объектом палеогеографического картирования.

Дополним, что «трансгрессивное фациальное несогласие «d» на рис. 5.30, А идеально отвечает границе инициальной части формации (в модельном, естественно, виде). В этом случае песчаники палеосклонов соответствуют базальным горизонтам при мутационном слоенакоплении. Таким образом, фациальное «наполнение» сейсмических материалов как минимум не противоречит изложенным нами основополагающим принципам, что, в свою очередь, удовлетворяет системному (*s. str.*) моделированию. Главное, что следует из изложенного материала, – это то, что выделенные М. В. Лебедевым «фациальные несогласия» по сути являются границами циклов (!) – в явном виде на рис. 5.30, А и несколько завуалированном – на рис. 5.30, Б и принципиально соответствуют моделям аттракторов (см. выше).

Еще одним примером, полностью совпадающим с изложенными выше представлениями, являются комплексные реконструкции юрских отложений Западно-Сибирской плиты (ЗСП). В работе²³⁶ указано, что «... на гипсометрических профилях продуктивных отложений юры (юго-востока ЗСП. – В. А.) зоны повышенной мощности песчаных отложений представляют собой своеобразные «кучности», дополняющие друг друга вверх (либо вниз) по склону. Для структур первого порядка (мегавалов, валов, сводов) взаимное дополнение проявляется в смене («миграции») от нижнеюрских к верхнеюрским отложениям зон повышенной мощности песчаников от подножий к сводам поднятий – с подошвенным прилеганием и возрастным «скольжением» вдоль рифтовых структур, локально – вдоль бортов малых заливных форм, которые в плане относительно центра структур имеют спиралевидное строение (фрактальны, множество Жюлиа)» (²³⁶, с. 33). Таким образом, «наличие закономерностей в латеральном дополнении фаций свидетельствует о согласованном характере тектонических движений в процессе осадконакопления» (²³⁶, с. 34).

На всех приведенных в разделе разрезах – в явной или неявной форме – наблюдается прерывисто-непрерывный (см. п. 4.1) или **зубчатый** характер контактов слоевых единиц. В принципиальном виде латеральный переход между отложениями континентального и прибрежно-бассейнового генезиса изображен на элегантной модели А. Л. Бейзеля (рис. 5.31). В направлении «суша→море» происходит «...латеральная трансформация циклов: когда на континенте отлагаются базальные конгломераты и песчаники, в море формируется глинистая толща, и наоборот, континентальным глинам финальной части циклов соответствует накопление песчаных толщ морского мелководья. Следовательно, если в континентальных фациях поверхность выравнивания проходит в кровле глинистой пачки, то в морских разрезах она должна проходить в кровле песчаной толщи или, что то же самое, в подошве глини-

²³⁶ Устинова В. Н. Сейсмогеологические модели нефтегазовых месторождений юго-востока Западно-Сибирской плиты: автореф. дисс. ... д-ра геол.-минерал. наук. СПб., 2009. 52 с.

стой толщи вышележащего цикла. Морской регрессивный осадочный цикл является производным (дериватом) континентального прогрессивного цикла, и оба они соответствуют эрозионному циклу в области денудации и геоморфологическому циклу в целом»²³⁷.

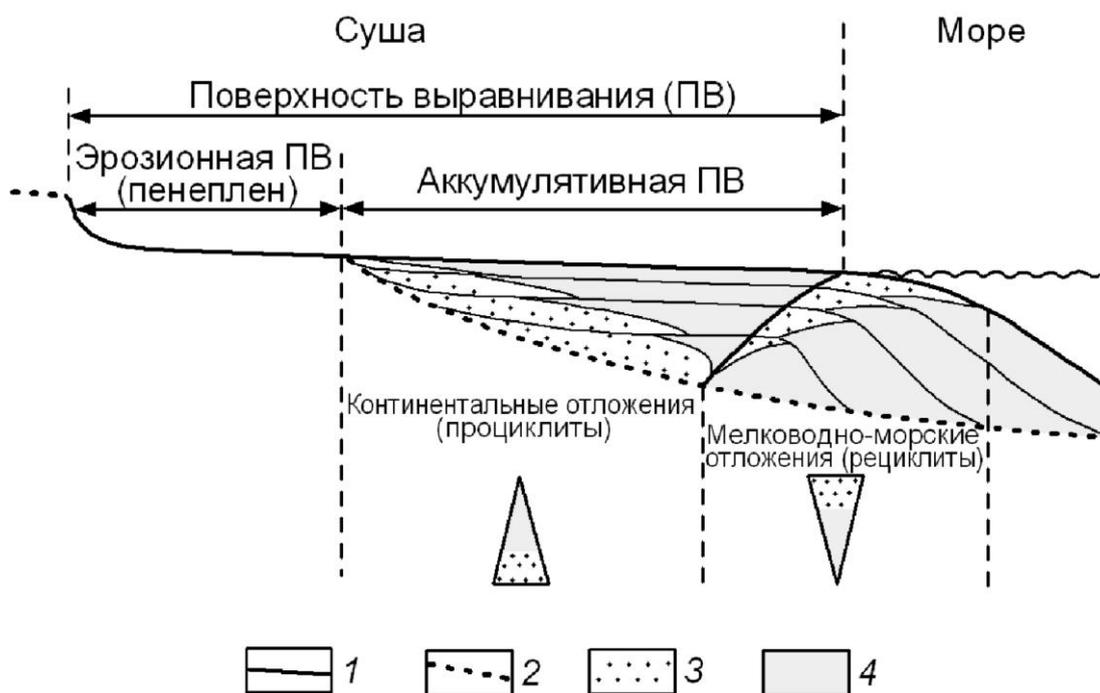


Рис. 5.31. Единая поверхность выравнивания, осадочный комплекс и типы циклитов на континенте и в морской фациальной области²³⁷:

1 – единая поверхность выравнивания; 2 – поверхность выравнивания предшествующего цикла; 3 – песчаные отложения; 4 – глинистые отложения

Весьма показательный пример зубчатости слоевых границ показан на рис. 5.32. Своей наглядностью он обязан окраске глинисто-карбонатных пород, что отражено в подрисуночной подписи. Интересна связь тонкой зубчатости с колебательными движениями уровня приемного водоема. Симптоматично, что данный чертеж использован С. И. Романовским¹⁵⁷ при описании миграции фаций вследствие опускания и подъема поверхности седиментации на фоне устойчивого погружения дна приемного бассейна. На этом фоне и реализуется показанное «зубчатое сцепление» (см. рис. 5.32), фиксирующее *фациальные контакты в пределах одного слоя* (¹⁵⁷, с. 41).

²³⁷ Бейзель А. Л. Значение и методы выделения аналогов континентальных поверхностей выравнивания в морских разрезах // Био- и литостратиграфические рубежи в истории Земли. Тюмень: ТюмГНГУ, 2008. С. 62-69.

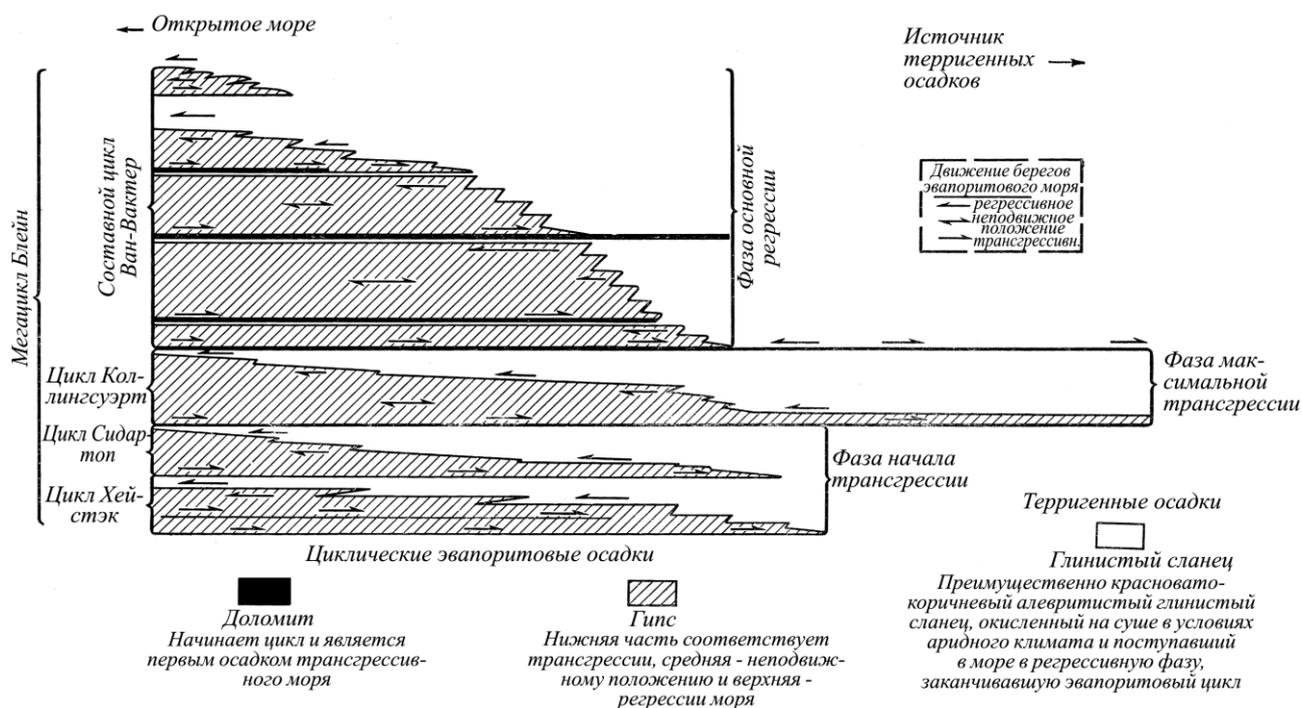


Рис. 5.32. Гипсоносные циклы в пермских отложениях Оклахомы (по Хэму: Ham W. E., 1960) (²³⁸, с. 213)

Проиллюстрируем зубчатость слоевых единиц в конкретных образцах, т. е. в макромодельном (пользуясь терминологией Л. И. Красного¹⁸⁹) виде. На рис. 5.33 приведено сканированное изображение образца, взятого из керна скважины, вскрывшей тюменскую свиту (Шаимский НГР, Западная Сибирь). Зубчатость послойных границ особенно отчетлива для песчаных линз, расположенных выше стрелки. При этом общий вид текстуры предельно схож с нижним разрезом (Б) на рис. 5.30. Этим лишний раз подчеркивается инвариантность седиментационных процессов, реализуемых на разных уровнях седиментогенеза (см. п. 4.2; табл. 4.4).

Другое, еще более наглядное изображение зубчатости контактов « в образце» показано на рис. 5.34. Здесь он весьма наглядно подчеркнут нефтега-сыщением проницаемых прослоев, чередующихся с карбонатизированными слойками. В итоге формируется сложный, ступенчатый характер водо-нефтяного контакта, который в более крупном инварианте весьма трудно оценить при дискретной системе наблюдений (скважин).

²³⁸ Дафф П., Халлам А., Уолтон Э. Цикличность осадконакопления: пер. с англ. М.: Мир, 1971. 284 с.

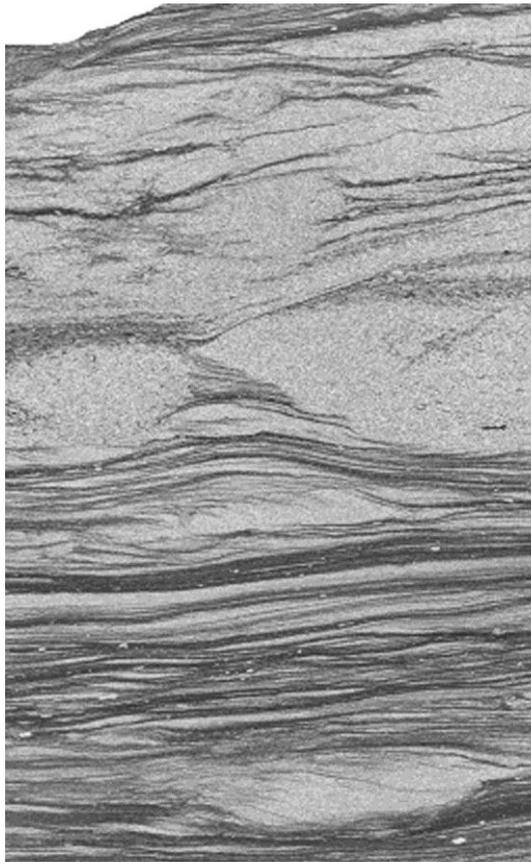


Рис. 5.33. Нижняя часть образца (до стрелки) и самые верхние 0,5 см – тонкое бимодальное переслаивание мелко- и крупнозернистого хорошо сортированных алевролитов с типичной пологолинзовидной, ваттовой слоистостью озерного приберегового мелководья. Верхняя часть – тонкозернистый хорошо сортированный песчаник озерного активного мелководья, с мелкой косоволнистой слоистостью. Выше стрелки – две линзы с асинхронным намывом более грубого материала, с зубчатыми послойными контактами. В менее активном виде прослеживается вплоть до верхней кромки образца

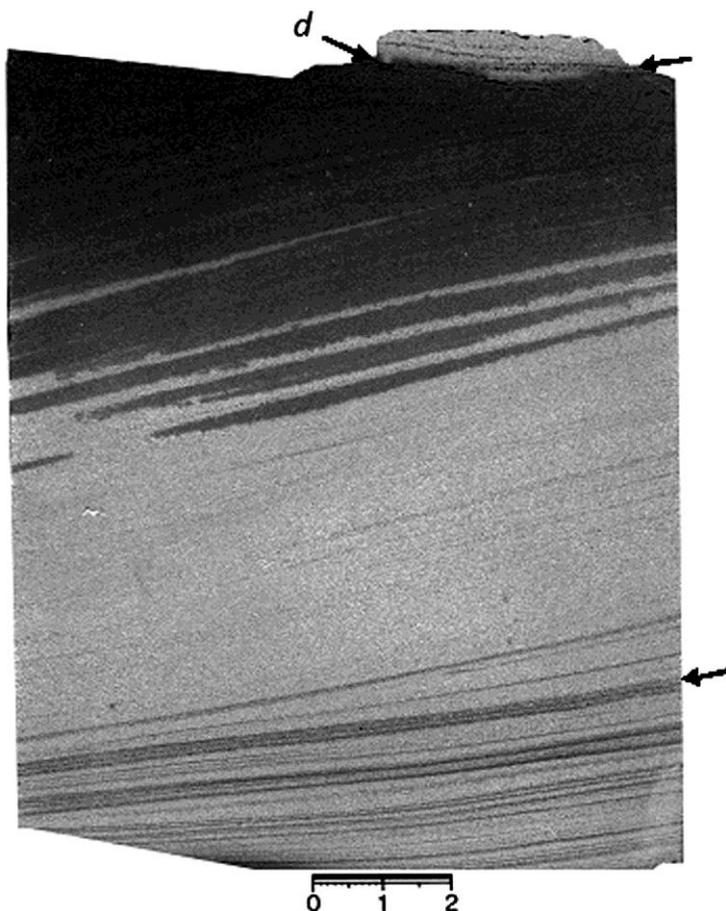
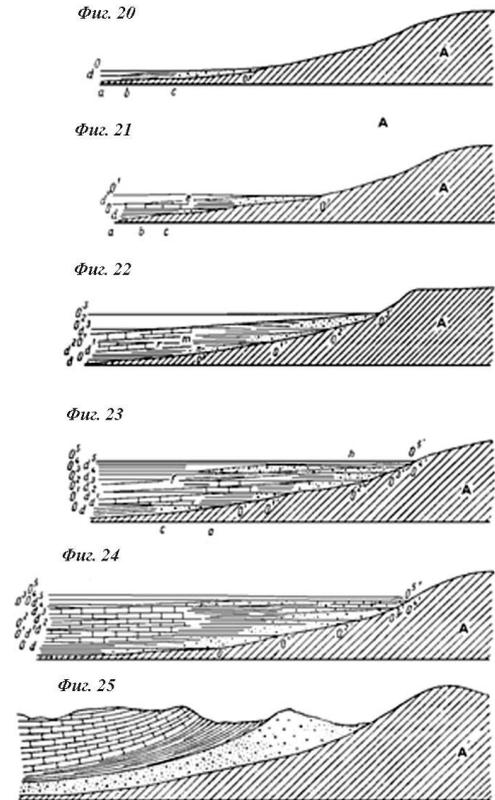


Рис. 5.34. Песчаник тонкозернистый, хорошо сортированный, в верхней части послойно нефтенасыщенный. Четкая косая однонаправленная слабосрезанная слоистость. Фиксируется зубчатый характер mini-ВНК (водо-нефтяного контакта). В самой верхней части перерыв (*d*), служащий экраном.

Каменное месторождение Красноленинского НГР (Западная Сибирь), викуловская свита

Как уже отмечалось выше, об этой характеристике границ впервые, причем подробно написал Н. А. Головкинский, с прекрасной морфогенетической характеристикой такого морфоструктурного облика участков с выклиниванием песчаных пластов. Дадим эту оценку в первоначальном виде, вплоть до ссылок на схемы, которые у Н. А. Головкинского были приведены как фиг. 20-25 (рис. 5.35).

Рис. 5.35. Шесть стадий формирования миграционной слоистости (по Н. А. Головкинскому, 1868¹³³)



не должно забывать, что правильность и простота очертания слоевъ, какую представляют фиг. 22 и 24, мыслима только при идеально-простомъ теченіи процесса; для этого требуется именно, чтобъ береговые осадки всегда уносились на одинаковое разстояніе отъ берега, чтобъ съ каждымъ днемъ край песчанаго отложенія *c* (фиг. 20) на столько же подавался вправо, на сколько подается сюда, вслѣдствіе опусканія, береговой пунктъ морскаго уровня *o'*. Такая правильность немислима: подъ вліяніемъ дождливыхъ и сухихъ временъ года, въ теченіи которыхъ рѣки, то многоводныя и быстрыя, то обмелѣвшія и тихія, приносятъ большее или меньшее количество суспенсированнаго и перекатывающагося по дну матеріала, распредѣляя его на болѣе, или менѣе значительной области, подъ вліяніемъ бурь и временныхъ теченій, береговья отложенія постоянно измѣняютъ площадь своего распространенія, то вытягиваясь въ открытое море, въ область Известняка, то отступая къ берегу. Это обусловливаетъ неравномерную зубчатость слоя; зубцы эти, чрезвычайно острые и вытянутые, являются въ видѣ тонкихъ прослоекъ, перемежающихся съ породой смежнаго слоя... » (¹³³, с. 126; в репринтном издании с. 149).

« ... зубчатость слоев непременно должна существовать, а это совершенно маскирует петрографический переход одного пласта в другой. Не должно также упускать из виду, что мощность переходной толщи, даже в идеально-правильном случае, была бы только незначительной величиной в сравнении с площадью отложения этого осадка на дне моря, также как мощность песчаного слоя mn (фиг. 22) есть незначительная часть nr ; иначе сказать, это отношение $\sin. a$ к $\cos. a$, когда a не превосходит нескольких минут. Угол a составляется общею границей слоя, которая получается при элиминировании зубчатости и протяжением прослойки (зубца), располагающейся необходимо по линии rn , представляющей поверхность морского дна в некоторую прошедшую эпоху и параллельной линиям do' , $d'o'$ и т. д.» (¹³³, с. 127; в репринтном издании с. 150)

« ... на фиг. 22 слой песчаника или мергеля представляет, на всем его протяжении, один петрографический или стратиграфический горизонт; однако, последний не однозначущ с первым: при выклинивании слоя, стратиграфический горизонт его продолжается дальше, тогда как петрографического тут, понятно, нет; так например, можно сказать: что правый конец линии d^3o^3' есть стратиграфический горизонт Известняка, хотя самая порода здесь уже не существует. Тот же слой чертежа (песчаник), если мы примем, что он изображает не минеральную породу, а распределение фауны мелководья, есть палеонтологический горизонт, который, как сейчас будет объяснено, может не только не совпадать, но и не быть параллельным с петрографическим горизонтом. Наконец, хронологические горизонты косвенно пересекают все другие и идут в чертеже по линиям do' , $d'o'$, d^2o^2' и проч. Мы обыкновенно не делаем таких различий при рассмотрении формаций, но если бы стали делать, то, я думаю, это было бы не бесполезно» (¹³³, с. 128; в репринтном издании с. 151).

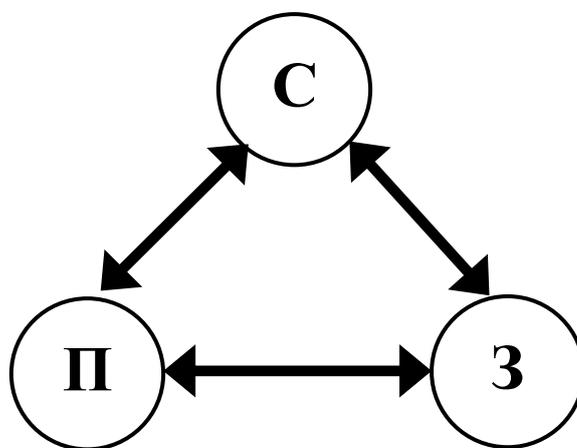
Из приведенных обильных ссылок следует, что почти полтора столетия назад Н. А. Головкинский, на базе морфогенетического изучения пермской формации Волжско-Камского бассейна, по сути оценил их морфологию, то есть завершил всю цепочку геологической характеристики объекта (см. рис. 1.4). Он настолько опередил свое время, что только спустя четверть века закон диахронного скольжения слоев был «перезоткрыт» И. Вальтером (1893-1894). В Советском Союзе он также «вновь открыт» Г. И. Сократовым и Н. Б.

Вассоевичем (середина 50-х гг. XX в.)²³⁹. Будучи непреложно доказанным на материале неокомских клиноформ (см. п. 4.3; рис. 4.31, 4.32), он по-прежнему является «неприятным открытием для стратиграфов» в целом (см. выше²²¹). Что же касается зубчатости слоевых границ, особенно ярко выраженных при изменении состава слоев параллельно береговой линии, то автору предлагаемой работы практически неизвестны сколько-нибудь детальные работы по прослеживанию таких зубцов в нефтегазовых толщах. Во многом это, конечно, объясняется дискретностью исходных данных, но в значительной мере – желанием «сгладить», микшировать зубчатые границы при интерполяции исходных сведений.

Именно с морфологических позиций формирование (своего рода коэволюцию) характеристик слоевых единиц можно изобразить в виде очередного треугольника (рис. 5.36).

Рис. 5.36. Взаимоотношение основных параметров, контролирующих морфоструктуру слоевых единиц:

- С – скольжение слойков, слоев, коллекторов;
- П – перерывы различной длительности;
- З – зубчатость границ по латерали



Описание перечисленных параметров мы дали в работе, где данный треугольник был презентован (⁵, с. 92-93). Они во многом изложены выше, что позволяет не повторяться. Отметим другое. В изложенных как в предыдущих, так и в этом эссе материалах мы пытались с нелинейных позиций объяснить причины формирования наблюдаемых явлений, т. е. их генезис. Достаточно правомочным представляется вывод о том, что предъявляемым требованиям наилучшим образом удовлетворяет сравнительно-исторический подход s. 1. и для терригенных толщ фациально-циклический анализ s. str. Тем самым именно нелинейное мышление в рамках синергетического мировидения позволяет в полной мере оценить закономерности в формировании геологических объектов, то есть **морфологию** таковых.

²³⁹ Романовский С. И. Николай Алексеевич Головкинский (1834-1897). Л.: Наука, 1979. 192 с.

Эссе 6. КОНВЕРГЕНЦИЯ И ЭКВИФИНАЛЬНОСТЬ

В третьем эссе было рассмотрено, как сходство различных свойств и характеристик объектов позволяет перейти к их наиболее простым образам, обычно называемым моделями, или паттернами. Теперь попытаемся охарактеризовать процессы, благодаря которым устанавливается такое сходство.

6.1. Постановка и состояние вопроса

Понятие **конвергенции**^{*} зародилось и наиболее разработано в биологии, где оно используется для характеристики эволюции органического мира. В то же время исследования **конвергентности**^{**} получили общенаучное значение. В приведенном определении указано на то, что именно данное свойство как живой, так и неживой природы собственно и позволяет вычленять нечто общее, моделировать объекты и (или) процессы (см. преамбулу к эссе). При этом наибольший интерес представляет не просто констатация того или иного сходства, но и сам процесс его достижения. Таковой может просто фиксироваться в описательной характеристике, но может и быть раскрыт в причинно-следственном виде. Последнее опять-таки может быть реализовано в «механистическом» или генетическом вариантах – об этом мы по сути уже писали в п. 3.3 при характеристике горнопородного (фациального) ранга.

Именно «познавательного-генетического» подходу отвечает понятие **эквифинальности** (лат. *aequus* – равный; *finalis* – конечный), впервые использованное создателем системного анализа Людвигом фон Берталанфи¹⁷. Под этим свойством он понимал **способность открытых биологических систем достигать одинакового конечного состояния, независимо от нарушения их начальных условий реализации**^{18, 19}. Как видно, это свойство значительно глубже и важнее простой конвергенции, которая может быть обусловлена случайной сходимостью, похожестью изучаемых объектов и (или) процессов.

В работе⁶ указано на следующее. «... Берталанфи отмечал, что устойчивое состояние открытых систем – это так называемое состояние подвижного равновесия (*Fließgleichgewicht*): сегодня мы говорим, что структуры-аттракторы – это метастабильно устойчивые структуры. Парадоксально, что это метастабильно устойчивое будущее состояние системы как бы притягивает, организует, формирует, изменяет наличное ее состояние» (с. 130). Иначе, как бы парадоксально эти ни звучало, будущее не только определяется настоящим и содержится в нем, но и «руководит» им, устанавливая вектор

* Конвергенция (лат. *con* – вместе; *vergere* – сближаю) – процесс сближения, схождения (в разных смыслах) // ru.wikipedia.org.

** Конвергентность – склонность к чему-либо, сближение с чем-либо. В естественных науках – постепенное приближение результатов исследования (например, вычисления значения константы) к определенному конечному значению, которое можно рассматривать как объективное; сближение различных методов исчисления с одним, ведущим к цели; сведение всех теоретических систем к одной системе, доказавшей свою пригодность // Философская энциклопедия: dic.academic.ru.

эволюции. «Будущее притягивает, «временит» настоящее. Сегодня иницируется через завтра»⁶, с. 139). Этот подход, в частности, присущ метафизике А. Уайтхеда (1861-1947), обосновывавшего, что будущее, наравне с прошлым, встроено в сегодняшнюю ткань событий. «Событие имеет будущее. Это означает, что событие содержит в себе те аспекты, которые будущее отбрасывает на настоящее, иными словами, что настоящее детерминировано будущим, и, стало быть, событие несет в себе **антиципацию**^{*}»²⁴⁰ (цит. по⁸⁶, с. 129).

Таким образом, «В становящейся синергетической картине мира раскрывается сложная амбивалентная природа нового. С одной стороны, оно непредсказуемо, неожиданно, эмерджентно (т. е. невыводимо из наличного), ибо прохождение через точки бифуркации делает эволюционный процесс необратимым. А, с другой стороны, новое запрограммировано, потенциально дано в настоящем. Оно есть «воспоминание старого, уже виденного, *déjà vu* ...»⁶, с. 144). Насколько же глубоким является это воспоминание, можно судить по следующему высказыванию. «Что́ было, то́ и будет; и что́ делалось, то́ и будет делаться, и нет ничего нового под солнцем» (Еккл., I. 9).

Из перечисленного достаточно явственно следуют два пути рассуждений, издавна притягивающих человеческую мысль. *Первый* сводится к познанию наличия некоторого творца или дизайнера (design), о котором рассуждал У. Палей (William Paley, 1743-1805). Об этом, со ссылкой на работу Э. М. Галимова²⁴¹, написано в «Литологических этюдах»⁵, с. 140). Такое направление известно как креационизм^{**}. В конечном виде оно сводится к понятию финализма^{***}, в рамках телеологии^{****}. О последних направлениях подробно написано в работе В. И. Назарова¹²⁵, которую мы цитировали выше. *Второй*, сугубо реалистичный и материалистический подход, характерен для прагматического мышления XX века. В веке XXI вообще, казалось бы, можно было забыть о мировых (и не только) религиях. Однако рецидивы в отношении веры в наличие такового, выражающиеся в ре-клерикализации, характерны не только для западного мира (в первую очередь США), но и для современной России.

* Антиципация (лат. *anticipatio* – предвосхищение) – предугадывание, представление о предмете или событии, возникающее до акта их восприятия // ru.wikipedia.org.

** Креационизм (лат. *creatio, creationis* – творение) – теологическая и мировоззренческая концепция, в рамках которой основные формы органического мира, а также мир в целом рассматриваются как непосредственно созданные Творцом или Богом // ru.wikipedia.org.

*** Финализм (лат. *finalis* – конечный, являющийся целью) – учение о движении мира от его начала к предопределенному свыше концу. Идейно финализм является следствием креационизма и смыкается с телеологией // ru.wikipedia.org

**** Телеология (греч. *teleos* – заключительный, совершенный + *logos* – учение) – онтологическое учение о целесообразности бытия, оперирующее наличием разумной творческой воли (Творца) // ru.wikipedia.org.

²⁴⁰ Whitehead A. N. *Science and the Modern World*. Cambridge: The University Press, 1953. P. 91.

²⁴¹ Галимов Э. М. *Феномен жизни: между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции*. М.: Едиториал УРСС, 2001. 256 с.

В данном ракурсе особенно привлекательным выглядит переход на постнеклассическую парадигму познания природы (как живой, так и неживой), которая реализуется в рамках синергетического мировидения (см. п. 1.1; табл. 1.1). Подключение «субъекта» в процесс познания, в единой триаде (Субъект↔Средства↔Объект) дает реальные ответы на большинство ставящихся проблемных вопросов, не предусматривая наличие «внешних» творцов, дизайнеров и проч. На взгляд автора, такой подход максимально близок к агностицизму*. Однако в целом это уже переходит в плоскость философских рассуждений, явно выходя за рамки представленной работы.

Весьма эффективным **методом** изучения стохастических (вероятностных) процессов являются **марковские цепи**, названные так по фамилии известного русского математика А. А. Маркова (1856-1922). Главным для них является оценка зависимости вероятности перехода в последующие состояния от предшествующего, то есть наличие т. н. **эффекта памяти**. Нормальные цепи Маркова (последовательности смены ограниченного числа состояний) характеризуются конечным числом расстояний между анализируемыми состояниями. Вероятность перехода между ними является постоянной величиной для всей анализируемой цепи. Если соответствующая каждому переходу вероятность, или «память», распространяется только на один шаг (от предшествующего состояния к последующему), такую цепь называют простой, или первого порядка. Соответственно, существуют более сложные цепи – II, III, ... N порядков, в которых при вычислении условной вероятности перехода учитывают не два, а сразу три и более состояний. В этом случае вероятность появления состояния «а» оценивается при условии, что до этого было состояние «б», появившееся после «в», и т. д. Пример простой цепи Маркова показан на рис. 6.1.

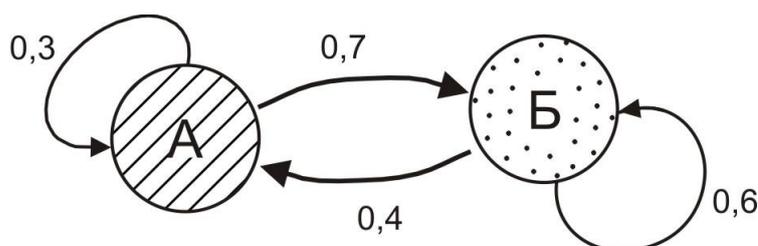


Рис. 6.1. Пример цепи Маркова с двумя состояниями. Цифрами показаны вероятности перехода

Описанная процедура нацелена на изучение «предыстории» появления события, то есть векторно направлена из «прошлого» в «настоящее». Однако анализ частотей перехода, выявленных эмпирически, позволяет перейти к прогнозированию событий, т. е. оценить вектор, нацеленный в «будущее»

* Агностицизм (гр. agnosticos – непознаваемый, непознанный) – позиция, полагающая принципиально возможным познание объективной реальности только через субъективный опыт, и невозможным познание любых **предельных и абсолютных** основ реальности // ru.wikipedia.org

(естественно, при сохранении общих условий существования системы). Тем самым находится полное соответствие общему определению марковских процессов, заключающееся в следующем. «Случайный процесс с дискретными состояниями называется марковским, если все вероятностные характеристики в будущем зависят лишь от того, в каком состоянии этот процесс находится в настоящий момент времени, и не зависят от того, каким образом этот процесс протекал в прошлом (будущее зависит от прошлого только через настоящее)» (²⁴², с. 320).

Рассуждая о прошлом и будущем, мы неизбежно соприкасаемся с понятием **времени**. Кстати, в работе¹²⁴, в которой цепям Маркова уделено большое внимание, обозначено следующее: «... из неустойчивых динамических процессов мы получаем две цепи Маркова: одну, стремящуюся к равновесию в будущем, другую – в прошлом». Не имея оснований и возможности вдаваться в категорию времени как особо сложного явления, сосредоточимся на иной характеристике, названной Е. Н. Князевой и С. П. Курдюмовым как **темпомир**. Под этим термином понимается «мир, определяющей характеристикой которого является единый темп (общая скорость) всех входящих в него сложных структур» (⁶, с. 240). Весьма важно, что «Динамика развития сложной структуры требует согласованность (с одним моментом обострения) развития подструктур «разного возраста» внутри нее ...» (¹⁸⁵, с. 43). Вполне очевидно, что именно подобная согласованность была по возможности охарактеризована в предыдущем, пятом, эссе.

При выходе на новый, более высокий уровень иерархической организации систем, как правило, ускоряется развитие тех подсистем, которые интегрируются в сложную. В этом случае можно говорить об интенсификации эволюционных процессов, которая в предельном случае может описываться как режим с обострением.

Режимы с обострением (blow up), в изучении которых большую роль сыграл С. П. Курдюмов, «представляют собой режимы сверхбыстрого развития процесса, когда характерные величины (температура, энергия, концентрация) неограниченно возрастают за конечное время, называемое временем обострения. В основе механизма такого развития лежит нелинейная положительная обратная связь» (⁶, с. 85). На рис. 6.2 приведены основные характеристики процессов в открытой нелинейной среде.

Вполне возможно навести своего рода «мостик» между эквифинальностью и режимами с обострением, что частично сделано в работе⁸⁶. Например, при начальном развитии режима *LS* память о прошлом сконцентрирована в центральной части системы (режима), а ход процессов на периферии является индикатором ее будущего развития. Смена на разбегание волны в режиме *HS* (стирание неоднородностей) обеспечивает инверсию носителей информации. Теперь на периферии находится информация о прошлом, а в центре – о будущем системы. Последнее объясняется тем, что находящиеся в глубоких центральных слоях *HS* режима структуры «памяти» как бы «всплывают».

²⁴² Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. 366 с.

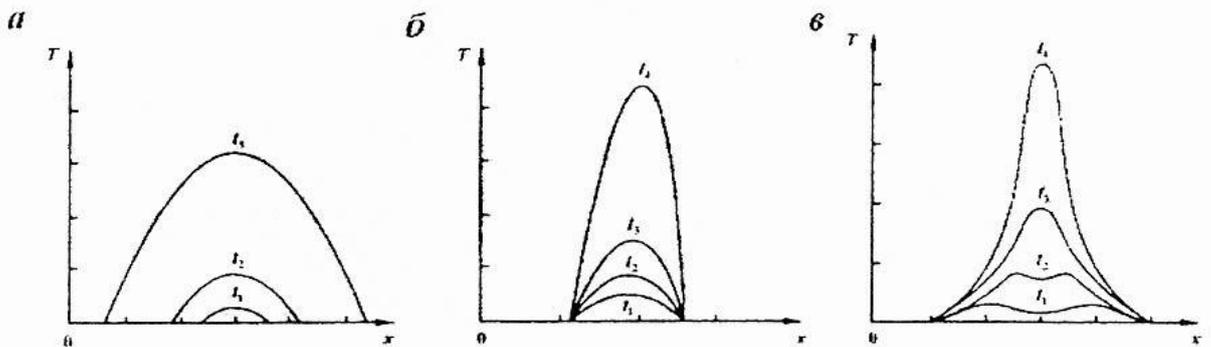


Рис. 6.2. Развертывание процессов в открытой нелинейной среде (темпомиры) (⁸⁶, с. 240-241):

a – *HS*-режим (разбегающейся от центра волны); *б* – *S*-режим «горения», развития с обострением; *в* – *LS*-режим «сходящихся волн горения»

Имеет место оживление старых следов; непроявленное (или «тонкое», следы прежних процессов) вновь становится проявленным, осязаемым и видимым. Свернутое и глубоко скрытое развертывается и выходит на поверхность. В принципе вполне возможно периодическое «самовсплывание» структур «памяти» (⁸⁶, с. 155-156). Небезынтересно отметить: не этим ли «всплыванием» объясняется антиципация, о которой шла речь выше? Впрочем, углубление в подобные рассуждения отдаст уже мистицизмом, к которому автор не склонен.

6.2. Геология: от конвергентности к темпомирам

Понятие конвергентности в геологии нашло весьма широкое и достаточно разнообразное применение. Так, в новом издании Геологического словаря¹⁷⁵ приведено семь значений данного термина, из которых выберем соответствующее общегеологическому подходу. Это «... образование сходных по форме, составу, структуре и др. свойствам геологических объектов различного генезиса, продуктов различных физических, химических и (или) геологических процессов». Помимо этого даны определения конвергентных границ плит (их взаимного схождения) и конвергентных формаций (по Н. С. Шатскому) – сходных по составу и строению при наличии существенных различий в происхождении. Из перечисленного следует очевидный примат структурного подхода, в противовес генетическому, что вообще присуще геологии в целом (см. п. 1.3; 3.3).

Такой подход выглядит совершенно оправданным при констатации сходства тех или иных объектов или процессов, о чем и было сказано выше. Однако там же нами и было показано, что следующим шагом является переход от «констатирующей» конвергенции к раскрывающей ее механизм эквивиальности. Это было сделано в биологии; та же последовательность намечается и в геологии (s. l.). При этом понятие эквивиальность чаще всего используется в геоморфологии, что особенно характерно для зарубежных источников. В них геологические процессы, особенно новейшего времени, как

бы «оживляются». Расшифровываются процессы их формирования, то есть генезис происхождения форм. Пожалуй, здесь будет уместно напомнить о генетических типах отложений А. П. Павлова (см. табл. 3.5), отражающих механизм осадконакопления (аллювий, делювий и др.), реализующийся в соответствующих геоморфологических типах осадков (современных или новейших).

В отечественной геологической литературе понятие эквивинальности практически не встречается. Оно использовано автором, применительно к геологии осадочных толщ, возможно, впервые в 1999 г., на IV конференции «Новые идеи в науках о Земле», проводимой РГГРУ. Было высказано положение, заключающееся в том, что «... для циклического уровня организации геологических тел присуще свойство эквивинальности...»²⁴³, а также сделано предположение о том, что данное свойство может быть использовано и при изучении иных осадочных толщ, особенно включающих нефтегазовые месторождения.

Последнее предположение нашло полное и исчерпывающее подтверждение при изучении отдельных районов и частей разреза осадочного чехла Западной Сибири. Тем самым выполнена нечасто встречаемая в геологии верификация высказанных гипотез²⁴⁴. Особо отметим, что такие результаты получены в результате применения фациально-циклического анализа, речь о котором шла в предыдущих главах. Тем самым можно как подвести некоторые итоги, так и наметить перспективу в продолжение работ такого плана.

К первому (итогам) относится полноценная верификация фациальных исследований как способа генетических реконструкций. Об этом было подробно написано в 3-м эссе.

Ко второму (перспективам) можно применить такое понятие, как «**оживление неживого мира**»¹⁸³ (см. п. 5.1). Уже в самом начале предложенной работы мы говорили о «всюдности» сингенетического подхода, объединяющего все отрасли знания без исключения (см. п. 1.1; рис. 1.1). Такое положение базируется на твердом полагании, что *между так называемыми неживой и живой природой нет разрыва* (⁵¹, с. 109). Свою реализацию оно находит в постнеклассической парадигме, когда объект и субъект становятся равноправными и полноценными соучастниками процесса познания (см. табл. 1.1).

Математический аппарат **марковских цепей**, о котором шла речь выше, весьма широко используется в геологии. Наиболее подробно, с многочисленными примерами разного характера, он разобран в работах А. Б. Вис-

²⁴³ Алексеев В. П. Эмерджентные свойства основных уровней организации геологических тел и эквивинальность в составе и строении ряда угленосных толщ // Новые идеи в науках о Земле: тез. докл. IV Междунар. конф. М., 1999. Т. 1. С. 210.

²⁴⁴ Алексеев В. П. Проявление эквивинальности в строении осадочных толщ: верификация представлений // Новые идеи в науках о Земле: X Междунар. конф. РГГРУ. М.: Экст-ра-Принт, 2011. Т. 1. С. 68.

телиуса^{245, 246}. Сразу отметим, что применение данного анализа к геологии слоистых сред (где он почти исключительно и используется) имеет значение не простой «фиксации» марковского свойства как такового (поскольку здесь они являются «марковскими», что называется, по определению). Главное здесь – получение нового знания, включая, например, построение искусственных последовательностей, что показано в известной работе²⁴⁷. Дополнительно укажем, что это, пожалуй, наиболее доступное для восприятия издание, имеющееся в геологической литературе.

При выполнении исследований наибольшую информацию несет матрица эмпирических частот перехода, процедуру получения которой иллюстрирует рис. 6.3.

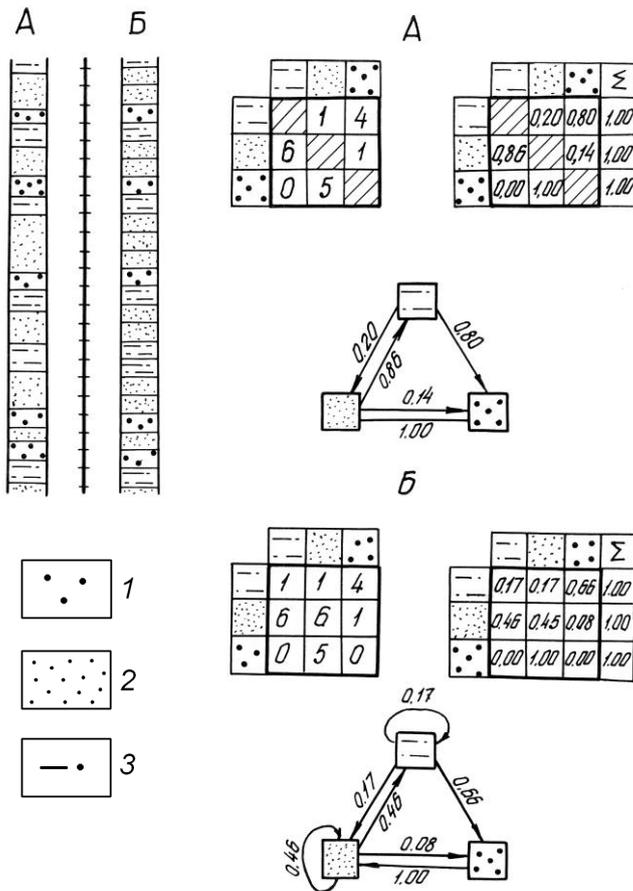


Рис. 6.3. Анализ марковских свойств для разрезов из трех состояний (1 – гравелит, 2 – песчаник, 3 – алевролит):

А – вне зависимости от толщины (размера) слоя, то есть слой «сам в себя» не переходит;

Б – та же колонка проранжирована равномерным шагом (слои меньшей толщины условно увеличены до минимального размера, а большей – разделены на соответствующее количество единиц)

На рис. 6.3 приведены два варианта построения матриц: А – определение частот и вероятностей переходов выполняется без учета переходов со-

²⁴⁵ Вистелиус А. Б. Красноцветные отложения полуострова Челекен. М.-Л.: Наука, 1966. 304 с.

²⁴⁶ Вистелиус А. Б. Основы математической геологии (определение предмета, изложение аппарата). Л.: Наука, 1980. 389 с.

²⁴⁷ Харбух Дж., Бонэм-Картер Г. Моделирование на ЭВМ в геологии: пер. с англ. М.: Мир, 1974. 246 с.

стояний «самих в себя» (см. рис. 6.3), то есть послойно; Б – по метризованной колонке, то есть такой переход допускается. Вначале строятся матрицы, учитывающие количество переходов между состояниями. Затем они трансформируются путем деления количества переходов на их сумму – таким образом, сумма вероятностей переходов по строке всегда составит 1. Тем самым мы и определяем вероятность появления некоторого состояния j при условии, что до него было состояние i . Методические приемы и конкретные примеры построения матриц и дальнейшей работы с ними приведены, например, в известной работе⁷⁸ (с. 17-18). В частности, в ней показано, как на базе матриц вероятностей переходов строятся цепочки, которые как отражают реальную чередуемость событий, так и имеют отчетливое прогностическое значение. Особенно важно, что большинство работ по марковским цепям базируется на анализе *обстановок осадконакопления*. Этим подчеркивается как обусловленность фациальных изменений стохастическими вероятностными процессами, так и наоборот – роль последних в генетических реконструкциях. В целом же такое положение очередной раз констатирует нелинейность изучаемых открытых систем.

В отношении расшифровки геологической истории развития тех или иных структур (по сути **темпомиров** в самом общем плане или *s. l.*) отметим, что здесь нужна особая осторожность подхода. К примеру, рассмотрев с глубоко формальных позиций два объекта совершенно разного возраста и генезиса, авторы многократно цитировавшейся выше работы²⁹ сделали следующий вывод: «... тектоника и зональность «чисто интрузивного» комплекса апатитовых месторождений Хибинского массива оказались практически идентичными таковым «чисто осадочного» железорудного (докембрийской ПЖФ. – В. А.)» (с. 353). Одновременно с этим, анализируя возможность переноса знаний, было сделано далеко идущее заключение: «... пути хаотически детерминированных систем, «стартовавших» из сколько угодно близких точек, быстро расходятся, и мы не можем ничего сказать о состоянии одной из них, судя по состоянию другой» (²⁹, с. 364). Достаточно очевидна противоречивость данных положений, каждое из которых само по себе особых возражений не вызывает. Более того, «веерное расхождение» траекторий возможного развития системы хорошо укладывается в режим HS (см. рис. 6.2).

Вообще можно полагать, что практически любой геолог работает с темпомирами, расшифровывая геологическую летопись того или иного объекта. Особенно наглядно это проявляется в том, что доля зафиксированных объектов в общей временной шкале весьма мала, и часто – ничтожна, даже при видимой непрерывности разрезов для ограниченного временного интервала (см. п. 4.2; рис. 4.15). Однако инертность «классической» геологии и соответствующей парадигмы (см. п. 1.2; рис. 1.1; табл. 1.1) пока, насколько нам известно, не дали примеров использования понятия «темпомир» в какой-либо из отраслей геологического знания.

6.3. Литологическая эквивиональность

В представленном разделе, следуя общей иерархии (уровневости) геологических объектов, мы в основном будем рассматривать 5-й или **формационный** ранг. Тем самым завершается постепенное продвижение по иерархической лестнице организации геологических объектов (см. табл. 1.3), которые рассматриваются конкретной литологией.

На базе установленной конвергентности строения большинства ранне-мезозойских угленосных толщ автором была предложена сводная модель их строения (^{25, 248}, и мн. др.), приведенная на рис. 6.4.

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. В «Литологических этюдах»⁵ мы показали ее полную проверку и подтверждение (верификацию) для отложений тюменской свиты Шаимского НГР Западной Сибири. Позднее это было проиллюстрировано в соответствующей серии изданий³⁴⁻³⁷.



Рис. 6.4. Модель строения раннемезозойской угленосной формации (УФ): 1 - конгломераты и гравелиты; 2 - песчаники, 3 - алевриты и аргиллиты; 4 - пестроокрашенные породы; 5 - внутриформационные перерывы и несогласия. Справа: 1-4 - подформации

Зафиксировав тем самым наличие одинакового конечного результата в строении толщ, формировавшихся в очень различающихся геотектонических обстановках, попробуем разобраться в **причинах их эквивионального облика**.

²⁴⁸ Алексеев В. П. Конвергентность признаков и параметров юрских угленосных толщ как следствие эквивиональности в истории их формирования // Изв. УГГУ. Вып. 19. Сер.: Геология и геофизика, 2004. С. 7-14.

На рис. 6.5 в модельном виде показана последовательность формирования терригенной осадочной толщи, синтезирующая наши разработки по многим мезозойским осадочным толщам северной Евразии, апробированные на отдельных районах Западно-Сибирского осадочного мегабассейна (ЗСОМБ)²⁴⁹.

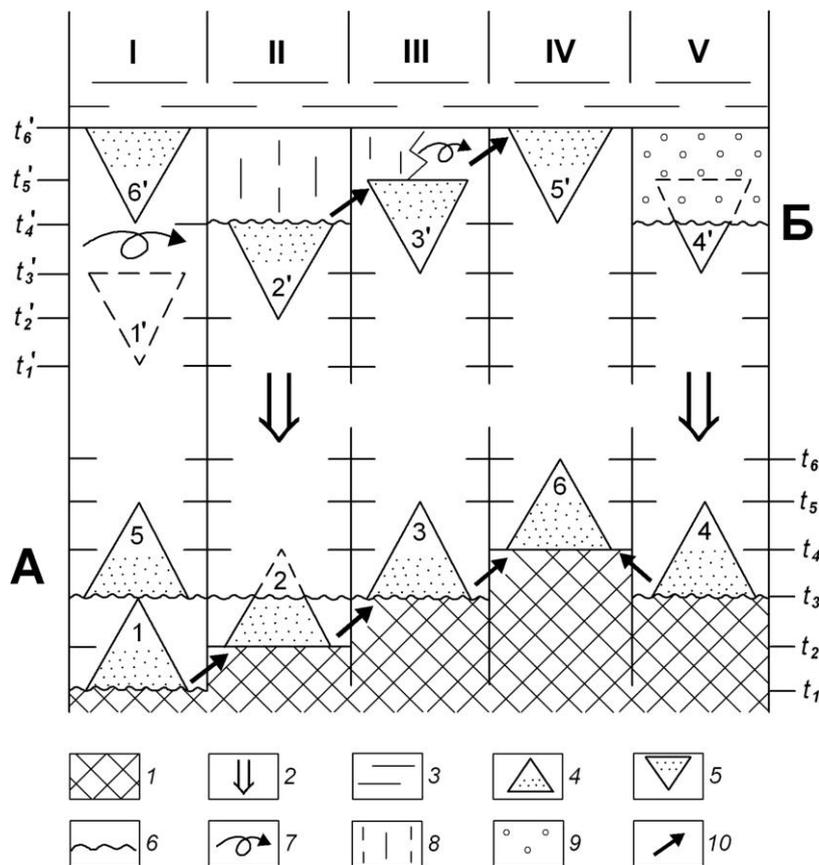


Рис. 6.5. Модель, иллюстрирующая последовательность формирования завершённой терригенной осадочной толщи (формации):

А – начальная часть с базальным горизонтом; Б – финальная часть; римские цифры (вверху) – части территории (тектонические блоки); t_1, \dots, t_6 ; t'_1, \dots, t'_6 – временные интервалы для частей А и Б соответственно. 1 – фундамент осадочной толщи; 2 – последовательное опускание территории, обуславливающее возможность накопления и сохранения (закрепления) в геологической истории осадочного комплекса; 3 – перекрывающие (обычно глубоководные, иногда – пестроцветные аридные) отложения; направленная смена размерности частиц с их уменьшением (4) или увеличением (5) вверх по разрезу (соответственно, проциклиты и рециклиты Ю. Н. Карогодина); 6 – несогласия и (или) эрозионные врезы; 7 – перемыв отложений, в т. ч. неоднократный; 8 – ненакопление отложений; 9 – эрозия; 10 – смещение областей с осадконакоплением, зафиксированным в геологической истории, в соответствии с законом Головкинского

Основные пояснения по режиму работы модели в тексте

²⁴⁹ Алексеев В. П., Амон Э. О., Лебедев А.И., Федоров Ю. Н. О проявлении нелинейности и эквививальности при формировании осадочных толщ // Палеонтология, стратиграфия и палеогеография мезозоя и кайнозоя boreальных районов: материалы науч. сов. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2011. Т. 1. С. 20-23.

В нижней части рис. 6.5, А показана принципиальная реализация механизма формирования осадочных толщ при вовлечении некоторой территории в процесс осадконакопления. Начавшись в блоке I, процесс, как правило, *ступенчато* («клавишно») распространяется на блоки II, III и IV, где соответственно формируются комплексы 2, 3 и 6 (цифры в треугольниках, символизирующих «проциклиты» в терминологии Ю. Н. Карогодина). В итоге формируется *базальный горизонт* (БГ), имеющий *диахронный* характер. Во временном промежутке $t_3 - t_4$, при некотором (чаще кратковременном) тектоническом импульсе на отдельных территориях накопившиеся ранее осадки могут быть эродированы (блок II с проциклитом 2).

Существенно по-иному механизм активного осадконакопления реализуется при *завершении* некоторого этапа, которым окончательно закрепляется переход территории в стабильное положение. Данный процесс показан в верхней части модели (Б). Его реализация может проходить в нескольких вариантах. Весьма характерен неоднократный переувлажнение накопившихся осадков (чаще уже в прибереговом и (или) подводно-дельтовом вариантах) – это блок I, от проциклита 1' до проциклита 6'. При этом, в соответствии с известной схемой Дж. Баррелла (см. рис. 4.18), количество «спрятанных» в диастемах и не зафиксированных в наблюдаемом, закрепленном разрезе комплексов отложений, может быть сколько угодно большим. Отложения также могут попросту не накапливаться (блок II, временной интервал $t_4' - t_6'$). Может реализоваться и совместное проявление этих процессов (блок III: временной промежуток $t_5' - t_6'$). Наконец, перед общим выравниванием территории могут (при соблюдении некоторых начальных условий – к примеру, понижения базиса эрозии) иметь место эрозионные врезы (блок V).

Так же, как и для инициальной части А, для финальной Б характерно диахронное скольжение слоев близкого или одинакового гранулометрического состава, показанное на модели стрелками ($2' \rightarrow 3' \rightarrow 5'$). Принцип этого скольжения сравним с реализованным для нижнего этапа ($1 \rightarrow 2 \rightarrow (3, 4) \rightarrow 6$), но имеет различную геологическую природу.

Перечисленным отчетливо проявляется общая *нелинейность* седиментологических процессов, определяемая их *самоорганизацией*. По сути, как уже отмечено выше, это описано в предыдущих эссе. Однако в целом показанные модельные представления приводят к осознанию наличия некой конечной цели, которую можно отнести именно к **эквивинальности** седиментационных процессов.

Для инициальной части осадочных комплексов она показана на примере вовлечения в процесс осадконакопления ЗСОМБ в целом и Шаимского НГР в частности (см. п. 5.3; рис. 5.10, 5.12). Не возвращаясь к этой части модели, рассмотрим ее основную, «центральную» часть, схематически показанную на модели, представленной на рис. 5.12, и развернутую для сводной модели (см. рис. 5.28). Для этого воспользуемся диаграммой Дж. Баррелла, которая охарактеризована в п. 4.2 (см. рис. 4.18).

При такой оценке вопроса особенно удобно использовать легко распознаваемые **мощные угольные пласты**, достаточно широко распространенные в отдельные геологические эпохи²⁵⁰. Широко развито мнение о большой длительности их формирования. Однако, учитывая что скорость торфонакопления составляла не менее 1 мм/год (для зрелого торфа), следует признать, что время формирования даже сверхмощных угольных залежей занимает лишь первые проценты от общего «стратиграфического». Из перечисленного следует, что «визуально» занимающий одинаковое положение в разрезе мощный угольный пласт в различных районах может формироваться в разное время. Это и показано в модельном виде на рис. 6.6²⁵¹, продолжающем и детализирующем модельные представления, изложенные в п. 5.2 (см. рис. 5.4, 5.5, 5.7).

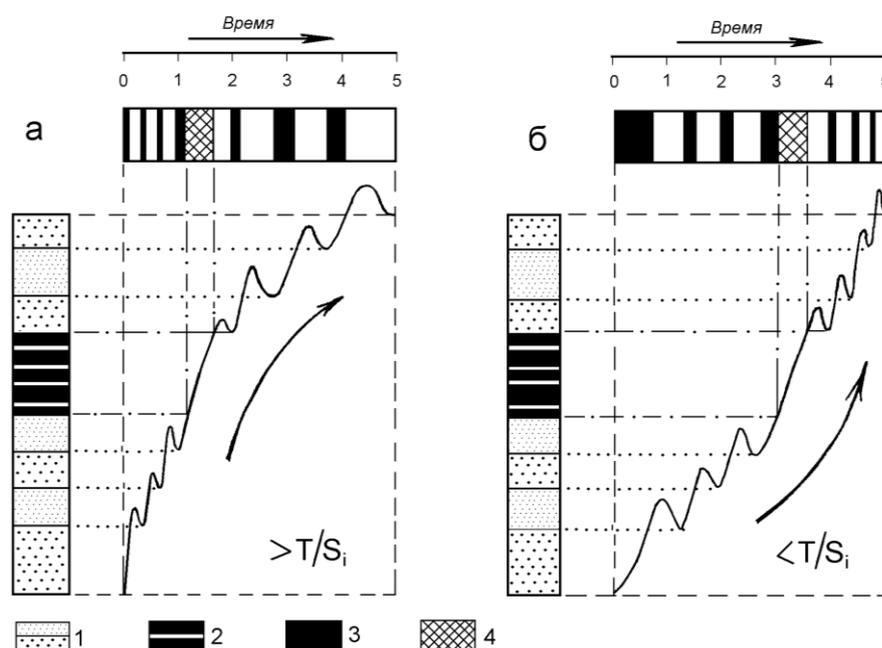


Рис. 6.6. Схема, отражающая изменения темпа приращения осадков (колонки слева) и относительной продолжительности формирования осадков (вверху). Принцип составления заимствован из классической схемы Дж. Баррелла¹⁴¹ (см. рис. 4.18):

Обозначения: к колонкам: 1 – слои разного литологического состава, 2 – угольный пласт; к шкале времени: 3 – время накопления закрепленных в разрезе отложений, в т. ч. 4 – угольного пласта.

а – режим с замедлением процесса (на накопление единицы разреза S_i требуется последовательное увеличение времени T); б – режим с ускорением процесса (на формирование S_i достаточно последовательно меньшего времени T)

²⁵⁰ Волков В. Н. Геология и охрана ресурсов ископаемых углей (месторождения мощных угольных пластов). Л.: Недра, 1985. 216 с.

²⁵¹ Алексеев В. П. Локализация мощного торфо(угле)накопления в ракурсе седиментологических представлений // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГ-ГУ, 2006. С. 49-65.

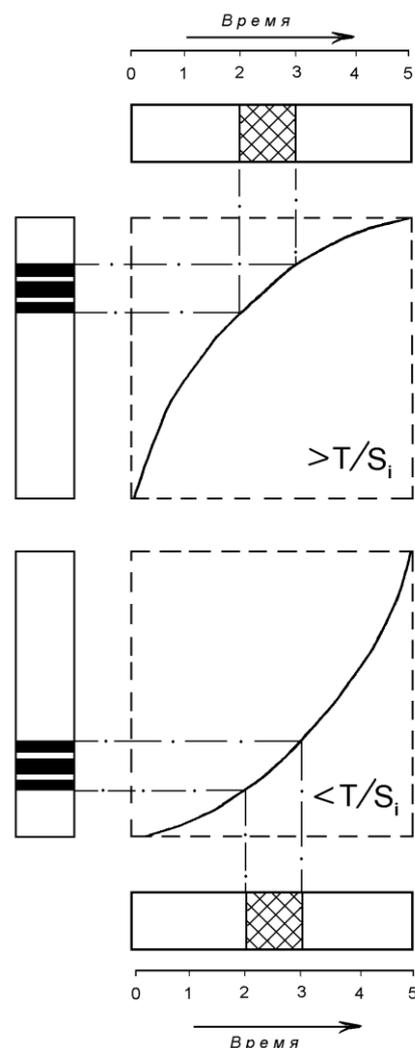
Приведенные сведения отчетливо характеризуют нелинейность процессов осадко- и (в приводимом случае) торфонакопления. Отметим, что преобладающая асинхронность в размещении горизонтов с мощными угольными пластами давно установлена для раннемезозойской эпохи торфо(угле)накопления и детально охарактеризована в том числе и нами²⁵. В целом максимальное торфо(угле)накопление «скользит» в стратиграфическом разрезе с запада на восток азиатской части России, от поздне триасовых отложений восточного склона Урала до перехода на поздне мезозойский уровень в Восточной Сибири и Южной Якутии^{25, 108}. Однако для обширной территории Западной Сибири интервал максимальной угленасыщенности весьма узок и приурочен к выемскому горизонту (нижняя подсвита тюменской свиты: верхи верхнего аалена – нижняя часть нижнего байоса)²⁵². Таким образом, указанная асинхронность не дезавуирует существенное корреляционное значение горизонта с повышенной угленасыщенностью *s. lato*, т. е. для обширных территорий. Рассмотрим теперь вопрос о такой значимости *s. stricto*, располагая детальными материалами по одной из площадей Западно-Сибирского бассейна.

В принципиальном, модельном виде возможность синхронного торфонакопления пластов, расположенных в разных частях разреза, показана на рис. 6.7 (тем самым решается обратная задача по сравнению с моделью, представленной на рис. 6.6). Легко сделать вывод о том, что угольные пласты повышенной мощности в варианте, показанном на рис. 6.7, будут играть роль своеобразного внутреннего (по отношению к толще в целом) **стабилизатора**. Кстати, именно на этот факт автор и обратил внимание при использовании работы И. Пригожина и И. Стенгерс в 1990 г. (²⁵, см. п. 1.2).

Такое отчетливое стабилизирующее (читай: эквивифинальное) положение угленасыщенности установлено нами для определенной части разреза тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района³⁴. Как показано на рис. 6.8, максимум торфо(угле)накопления здесь приурочен к верхней части нижнего литоцикла (см. также рис. 5.10, *a*). Средняя угленасыщенность последнего составляет 7,3 % от общей толщины, что является весьма большим значением даже для «классических» угленосных толщ. Угольные пласты этой части разреза являются довольно надежными реперами для Шаимского НГР³⁶. Особенно важно, что при более позднем вовлечении территории в процесс осадконакопления (колонка А на рис. 6.8) горизонт с повышенной угленасыщенностью часто как бы «запечатывает» разновозрастные породы фундамента. Такой факт, будучи весьма нехарактерным для собственно угленосных толщ, ярко подчеркивает общую эквивифинальную направленность седиментационных процессов для гетерогенного основания толщи (см. также рис. 5.11).

²⁵² Юзвицкий А. З., Фомичев А. С., Бостриков О. И., Данилов В. И. Западно-Сибирский угольный бассейн // Угольная база России. Т. II. М.: Геоинформцентр, 2003. С. 515-559.

Рис. 6.7. Схема, отражающая различное положение в разрезе синхронно формирующихся мощных угольных пластов (обозначения и пояснения см. в подписи к рис. 6.6)



В качестве дополнительной проверки излагаемых сведений привлечем сведения по угольному пласту $У_{10}$, обладающему на юго-востоке ЗСОМБ повышенной мощностью (вплоть до 15-20 м). Он хорошо коррелируется регионально с иллюстрированной выше верхней частью ЛЦ-4 Шаимского НГР (включая коллектор $Ю_6$ в кровле обоих горизонтов). В работе²⁵³, в частности, указано: «Анализ сейсмических материалов и корреляция разрезов скважин показывают, что в целом это (бóльшая часть отложений, относимых к вымскому горизонту. – В. А.) углисто-глинистая *пачка* (курсив наш. – В. А.) мощностью до 60 м, в которой на разных стратиграфических уровнях залегают различной мощности пласты углей и углистых алевролитов».

Рассмотрев по преимуществу латеральную эквивиальность, перейдем к ее стратиграфической компоненте. При этом сосредоточимся на «плоскопараллельной» толще, залегающей между отражающими горизонтами (ОГ) С и Н (см. рис. 1.2; 4.31), выше и ниже которых залегают косослоистые, клиноформные комплексы. Таким образом, в поле нашего внимания находятся отложения, с которыми связаны ОГ M_1 и М (см. рис. 1.3).

²⁵³ Седиментогенез и геохимия ниже-среднеюрских отложений юго-востока Западной Сибири / В. С. Сурков, О. В. Серебренникова, А. М. Казаков и др. Новосибирск: Наука, 1999. 213 с.

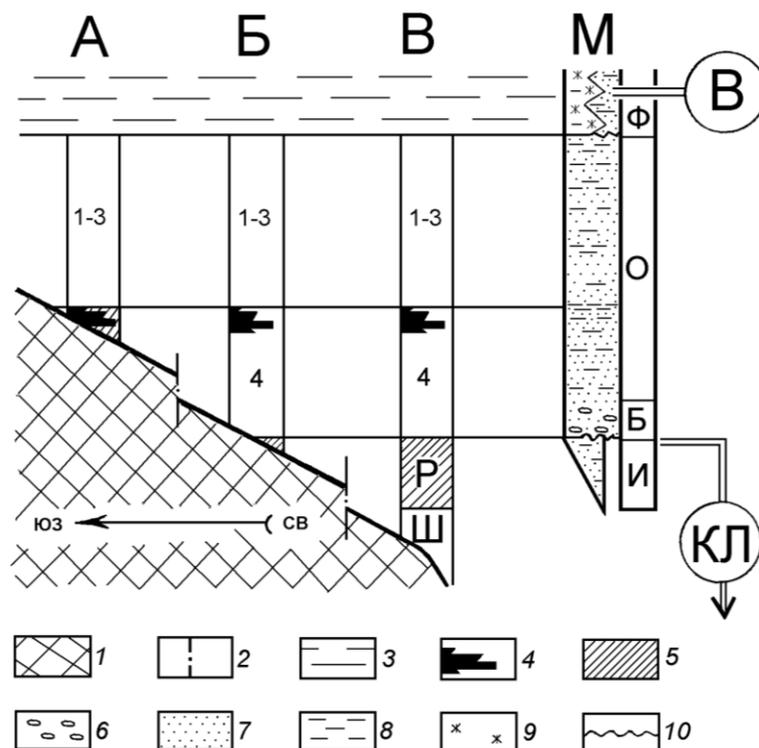


Рис. 6.8. Генерализованная модель, отражающая постоянство строения тюменской свиты:

индексы сверху: А – сокращенный, Б – полный, В – наращенный за счет нижнеюрских отложений разрез тюменской свиты (цифры: литоциклы II порядка, Р – радомская пачка, Ш – шеркалинская свита); М – сводная модель строения раннемезозойской угленосной формации (см. рис. 6.4) (И – инициальная, Б – базальная, О – основная и Ф – финальная части). Буквы в кружках и двойные стрелки – направления, показывающие на принципиальное замещение морских отложений континентальной угленосной толщей (васюганский горизонт – В), а также приращение в Красноленинском (КЛ) районе основной части угленосной формации шеркалинской свитой.

Обозначения: к разрезу тюменской свиты (колонки А – В): 1 – доюрский фундамент; 2 – границы тектонических блоков; 3 – морские глинистые отложения абалакской и даниловской свит; 4 – горизонт с повышенной угленасыщенностью; 5 – инициальная часть разреза, «запечатывающая» фундамент; к сводной модели (колонка М): 6 – конгломераты и гравелиты, 7 – песчаники, 8 – алевролиты и аргиллиты, 9 – пестроцветные породы, 10 – внутрiformационные перерывы и несогласия

Имеющийся в нашем распоряжении материал, несмотря на его разнообразность, позволяет полагать принципиальное сходство условий формирования отложений при завершении накопления неокомского, викуловского и сеноманского комплексов, фиксируемых ОГ М, М₁ и Г, соответственно. В качестве иллюстрации на рис. 6.9 приведены фрагменты трех скважин, вскрывших эти границы на разных площадях ЗСОМБ^{38, 254}.

²⁵⁴ Алексеев В. П., Амон Э. О., Ворожев Е. С., Лебедев А. И., Носова Н. С., Рыльков С. А., Федоров Ю. Н., Хуснуллина Г. Р. О проявлении эквивиальности при формировании основных лито(сейсмо)стратиграфических границ в меловых отложениях Западной Сибири // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2012. № 3. С. 26-32.

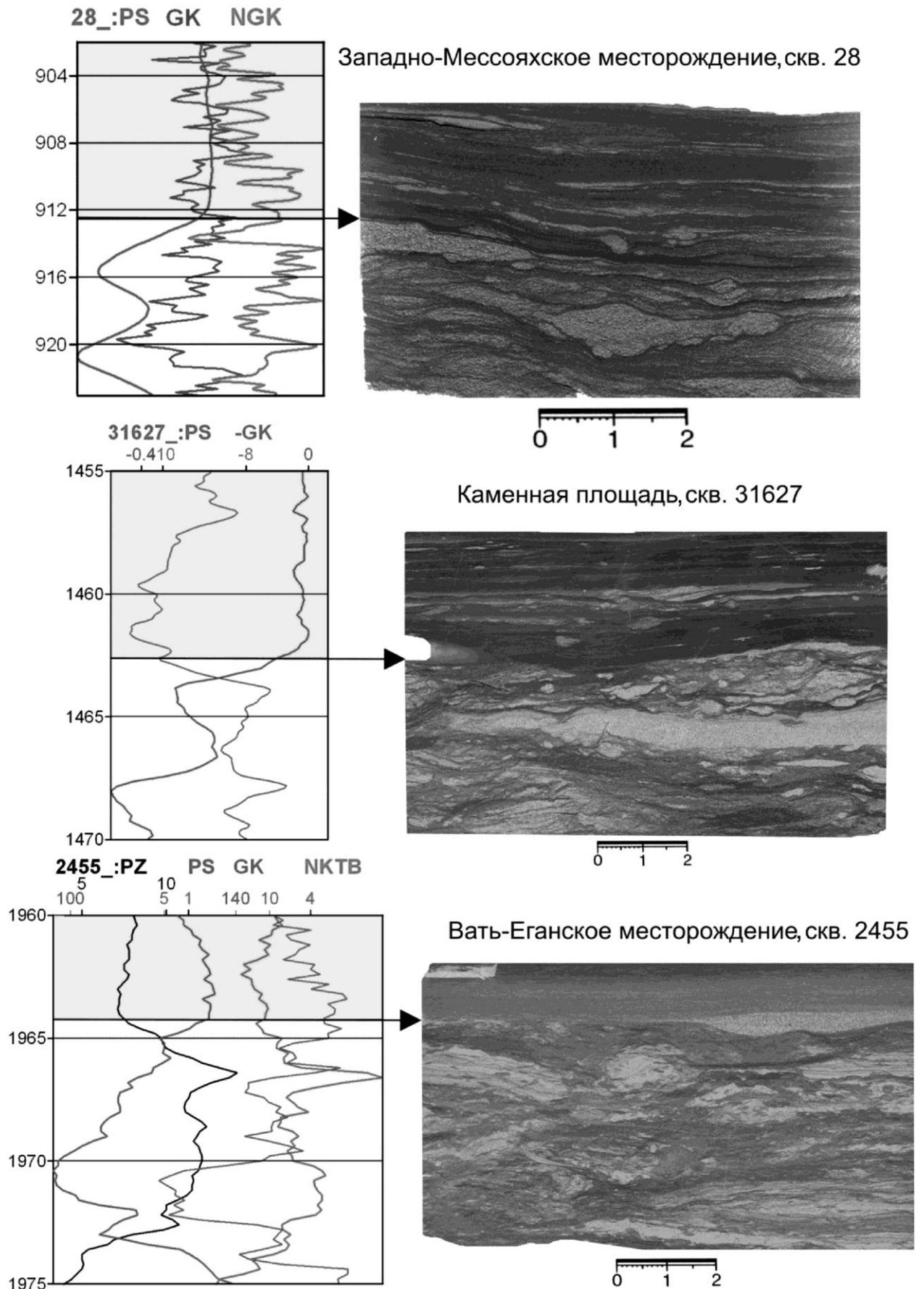


Рис. 6.9. Границы лито(сеймо)стратиграфических горизонтов (сверху вниз): кузнецовской и покурской; ханты-мансийской и викуловской; алымской и ванденской свит

Несомненное и удивительное сходство всех интервалов обеспечивается именно *эквивинальностью* процессов, предтечи которых реализовывались в *существенно разных условиях*. Так, горизонту М предшествовали неокотские клиноформные комплексы с широким развитием дельт, отчасти рассмотренные нами в п. 4.3 (см. рис. 4.31). Горизонт М₁ запечатывает отложения викуловской свиты, имеющей преимущественно мелководно-бассейновый генезис³⁸. Наконец, для верхней части покурской свиты, которая фиксируется ОГ Г, присущ сложный прибрежно-континентальный комплекс. Тем более важна сущностная идентичность всех трех рубежей, проиллюстрированная рис. 6.9.

Для более наглядного отображения процесса, приводящего к «одинаковости» конечных результатов, выполним временную развертку верхней части модели, которая была показана на рис. 6.5. Она представлена на рис. 6.10, а, из которого отчетливо следует, что отдельные блоки попеременно, «клавишно» вовлекаются в процессы осадконакопления и аналогичным же образом выводятся из такового. Для сравнения на рис. 6.10, б приведен сложнопериодический процесс повторяемости, описанный в работе С. И. Романовского¹⁵⁷. Как видно, осадконакопление, а точнее осадко**закрепление**, может происходить не только в малые, но и в почти «исчезающие» промежутки времени.

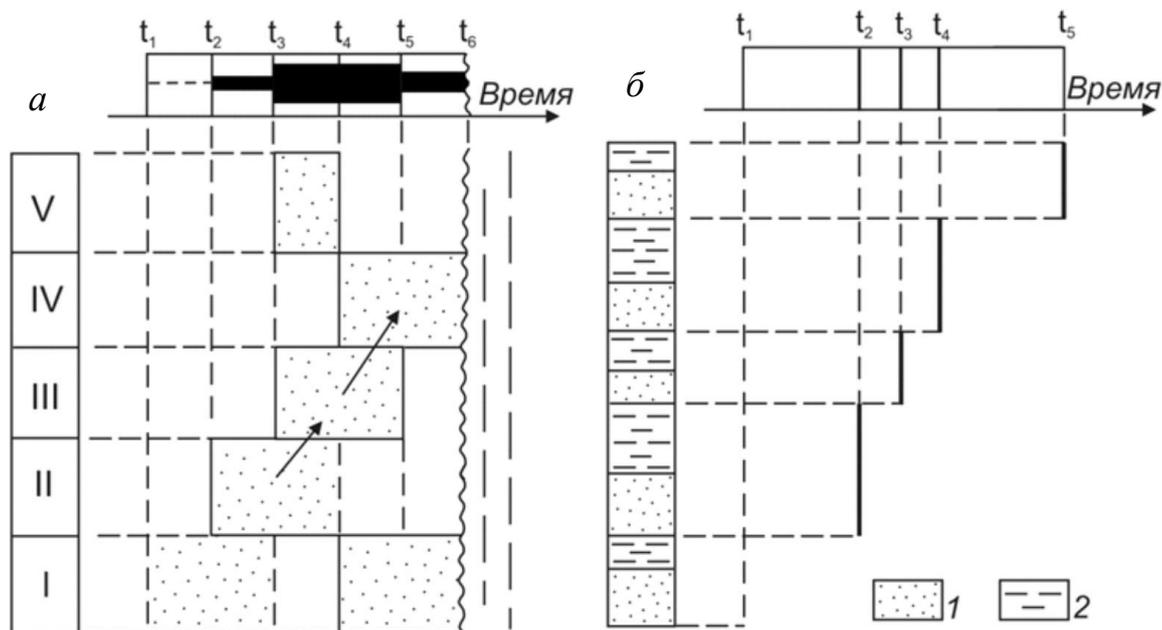


Рис. 6.10. Иллюстрация усложненных режимов осадконакопления:
 А – развертка во времени модели, приведенной на рис. 6.5 (там же обозначения);
 Б – непериодический режим: 1 – песчаник, 2 – алевролит

Из приводимых сведений следует еще одно небезынтересное положение. Принципиальная одинаковость механизма формирования рассмотренных границ делает вполне допустимой и целесообразной трансляцию представлений, разработанных для какой-то одной из них, на другую. Так, для конкретных горизонтов ЗСОМБ это показано на рис. 6.11.

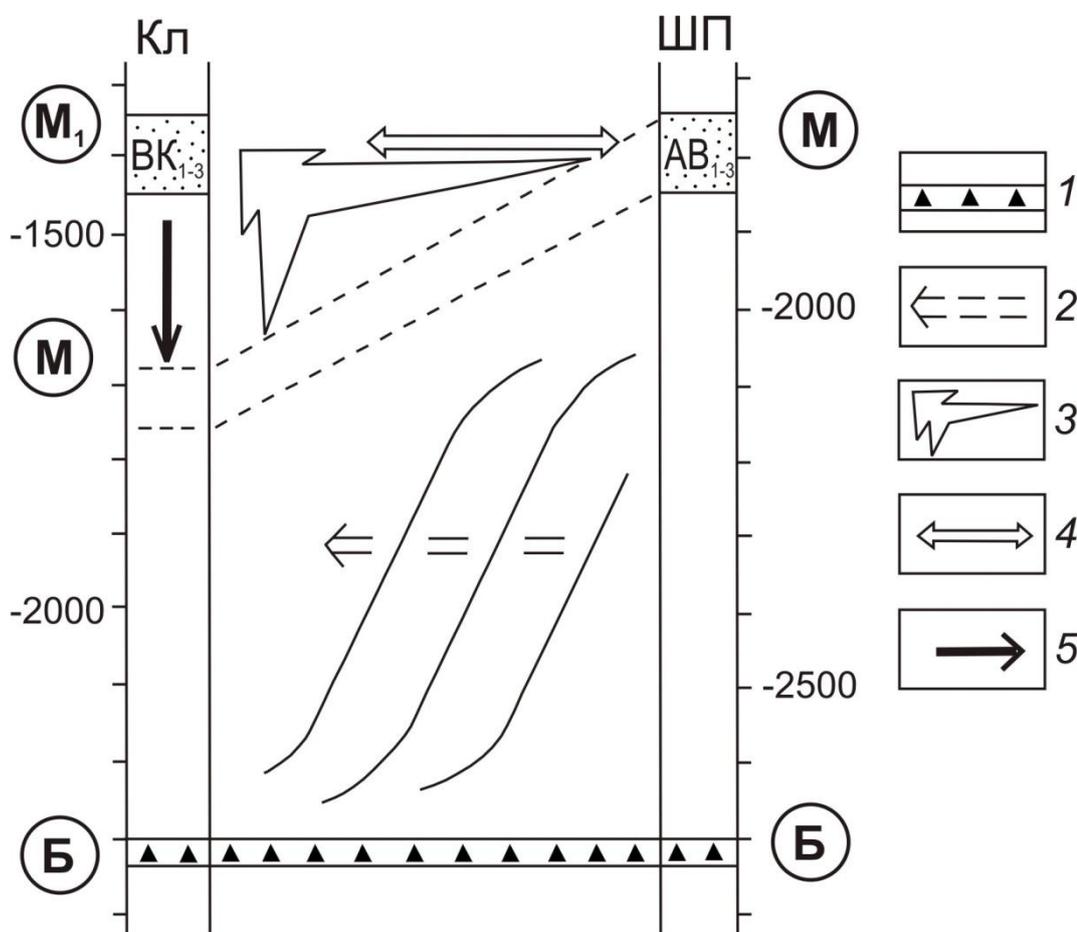


Рис. 6.11. Сравнительный анализ в изучении горизонтов АВ₁₋₃ и ВК₁₋₃ (Кл – Красноленинский свод, ШП – Широтное Приобье); глубины около колонок условные; в кружках – отражающие горизонты:

1 – баженовская свита («нулевой» горизонт); 2 – продвижение неокомских клиноформ с востока на запад; 3 – прогноз Ю. Н. Карогодина); 4 – тождественность (эквивалентность) горизонтов АВ₁₋₃ и ВК₁₋₃; 5 – прогноз перспектив фроловской свиты (см. текст)

Обратимся к стрелкам, которые показаны на рис. 6.11. Стрелкой 2 иллюстрируется продвижение по латерали неокомских комплексов, охарактеризованное в п. 4.3. Стрелка 3 так охарактеризована в статье Ю. Н. Карогодина²⁵⁵: «В разрезе Самотлорского месторождения при изучении кернов разрезов месторождений Широтного Приобья (1964-1965) мы с группой геологов Тюменского главка впервые обнаружили нефтенасыщенные пласты. Они залегают с явным размывом на подстилающих пестроцветных отложениях. Их рябовато-серый цвет был обусловлен многочисленными включениями тонких светло-серых линзочек мелко- и тонкозернистого песчаника в серых (темно-серых) глинах. Поэтому я назвал их (для краткости описания) «рябчиком». Пласты резко отличались от нижележащих пород по цвету, текстуре и фациальному облику. Было очевидно, что это базальные пласты аптской (алымской) трансгрессии».

²⁵⁵ Карогодина Ю. Н. Нефть и газ «викуловской» свиты // Наука в Сибири. № 41 (2676). 16 октября 2008 г.

Высокое сходство горизонтов АВ₁₋₃ и ВК₁₋₃ (стрелка 4) нами показано в работе³⁸. Сравнивая их на конкретных примерах, мы пришли к следующим выводам:

- Толщина интервала, соответствующего пакету коллекторов АВ₁₋₃ в скв. 7394 Кечимовского месторождения, составляет 57 м, что практически одинаково с толщиной пакета коллекторов ВК₁₋₃.
- Толщина коллектора АВ₁ в скв. 7394 составляет 29 м и немного превышает таковую для коллектора ВК₁ Каменного месторождения (15-27 м), в основном из-за «затянутости» в верхней, собственно «рябчиковой» части.
- Строение коллектора АВ₁ в скв. 7394 практически идентично строению коллектора ВК₁. То же потенциально относится и к коллекторам АВ₂₋₃, которые схожи по своему строению с «миграционными» коллекторами ВК₂₋₃.
- Весьма близкий состав отложений обеих разновременных (!) *s.str* частей разреза хорошо иллюстрируется сканированными изображениями образцов. Это относится ко всем фациям для Красноленинского месторождения.

Своего рода «портрет» рассмотренной эквивиальной части разреза представляет обработка сведений по верхней части викуловской свиты Красноленинского нефтяного месторождения при помощи аппарата марковских процессов (его сжатое описание приведено в предыдущих разделах). Матрица эмпирических частот перехода между отложениями разных обстановок (фаций) для изученной части разреза приведена в табл. 6.1. Вероятности переходов вычислялись делением их наблюдаемого количества на общее количество состояний.

С использованием данной матрицы построена модель, иллюстрирующая процесс осадконакопления, приведенная на рис. 6.12. За отправную точку взяты подводно-дельтовые отложения (фация БДД); использованы значения вероятностей более 0,20.

Наиболее важным в построенной цепочке переходов является ее «веерная» структура при завершении процесса. С нашей точки зрения, это наилучшим образом характеризует завершение процесса осадконакопления в соответствии с моделью, приведенной на рис. 6.5. Для наглядности изображение всей модели «в образцах» показано на рис. 6.13.

Использование понятия о «темпомирах» (см. окончание п. 6.1) может иметь «сквозное» значение для разных иерархических уровней геологических тел. Однако для тех из них, которые характеризуются малым временным интервалом, это дело будущих исследований, имея в виду существенную специфику самого геологического времени (см. п. 5.2). Исходя из этого, попробуем привести некоторые примеры различной реализации темпомиров в геологии, особо оговаривая, что это – лишь первый опыт такого подхода, базирующийся преимущественно на материале по отложениям Западной Сибири.

**Матрица эмпирических частот вероятностей переходов
для отложений верхней части викуловской свиты**

Макрофашия, фашия	Индекс	Колич. переходов	БУ	БМБ	БДД	БПА	БПК	БПВ	БПП
Удаленной части бассейна	БУ	-		-	-	-	-	-	-
Барового подвижного мелководья	БМ	24	-		$\frac{5}{0,21}$	$\frac{10}{0,42}$	$\frac{5}{0,21}$	$\frac{2}{0,08}$	$\frac{2}{0,08}$
Подводной части дельты	БДА	13	-	$\frac{6}{0,46}$		$\frac{4}{0,31}$	-	$\frac{2}{0,15}$	$\frac{1}{0,08}$
Активного мелководья	БПА	59	$\frac{1}{0,02}$	$\frac{10}{0,17}$	$\frac{2}{0,03}$		$\frac{10}{0,17}$	$\frac{21}{0,36}$	$\frac{15}{0,25}$
Приберегового мелководья	БПК	53	-	$\frac{2}{0,04}$	$\frac{2}{0,04}$	$\frac{9}{0,17}$		$\frac{30}{0,56}$	$\frac{10}{0,19}$
Приливно-отливного мелководья (ватты)	БПВ	60	$\frac{9}{0,15}$	$\frac{1}{0,02}$	$\frac{1}{0,02}$	$\frac{16}{0,27}$	$\frac{25}{0,41}$		$\frac{8}{0,13}$
Застойного приберегового мелководья	БПП	43	-	$\frac{4}{0,09}$	$\frac{2}{0,05}$	$\frac{19}{0,44}$	$\frac{13}{0,30}$	$\frac{5}{0,12}$	

Примечание. В числителе – количество наблюдаемых переходов (эмпирических частот); в знаменателе – их вероятности.

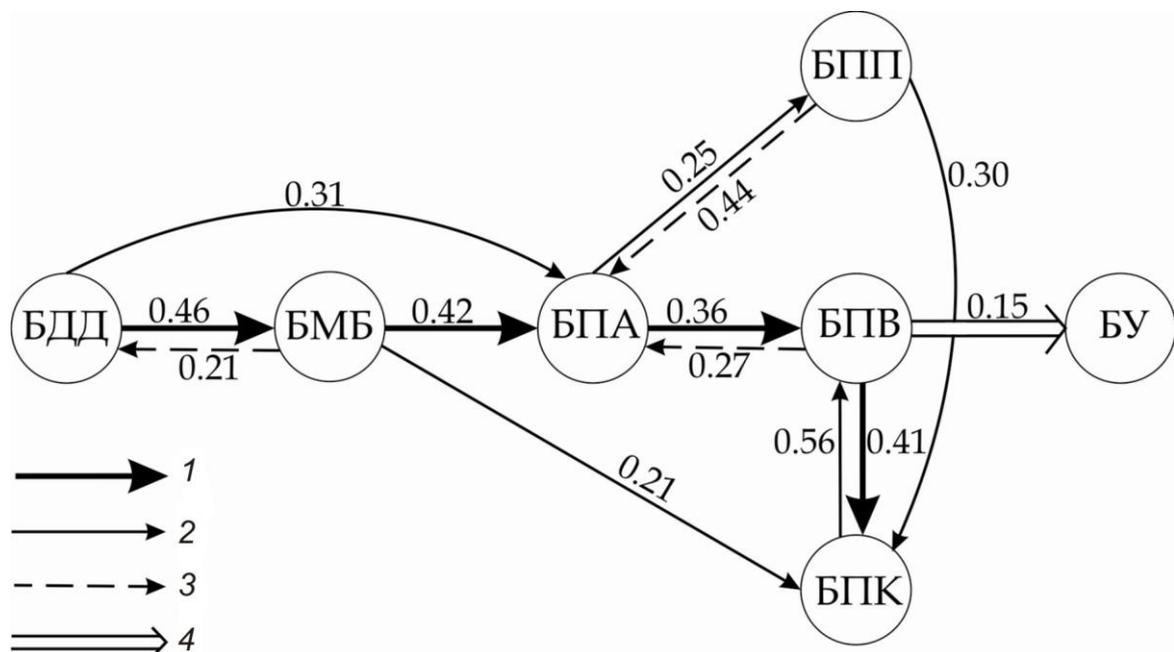
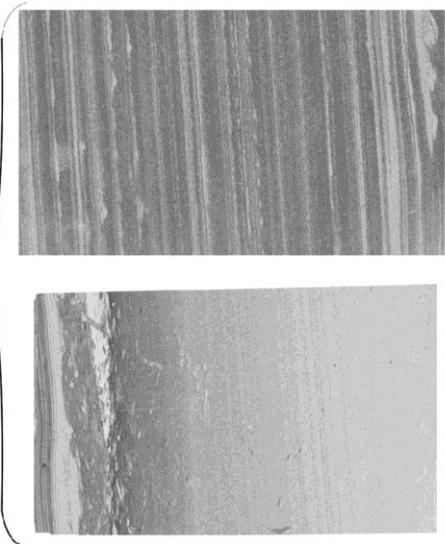


Рис. 6.12. Цепочки переходов, определяющие модель литоцикла, соответствующего коллектору ВК₁: переходы: 1 – основные; 2 – дополнительные; 3 – возвратные; 4 – «выход» из системы

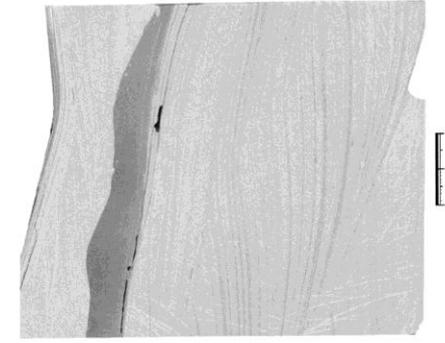
БПП



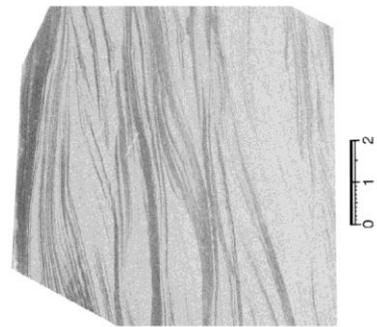
БПВ



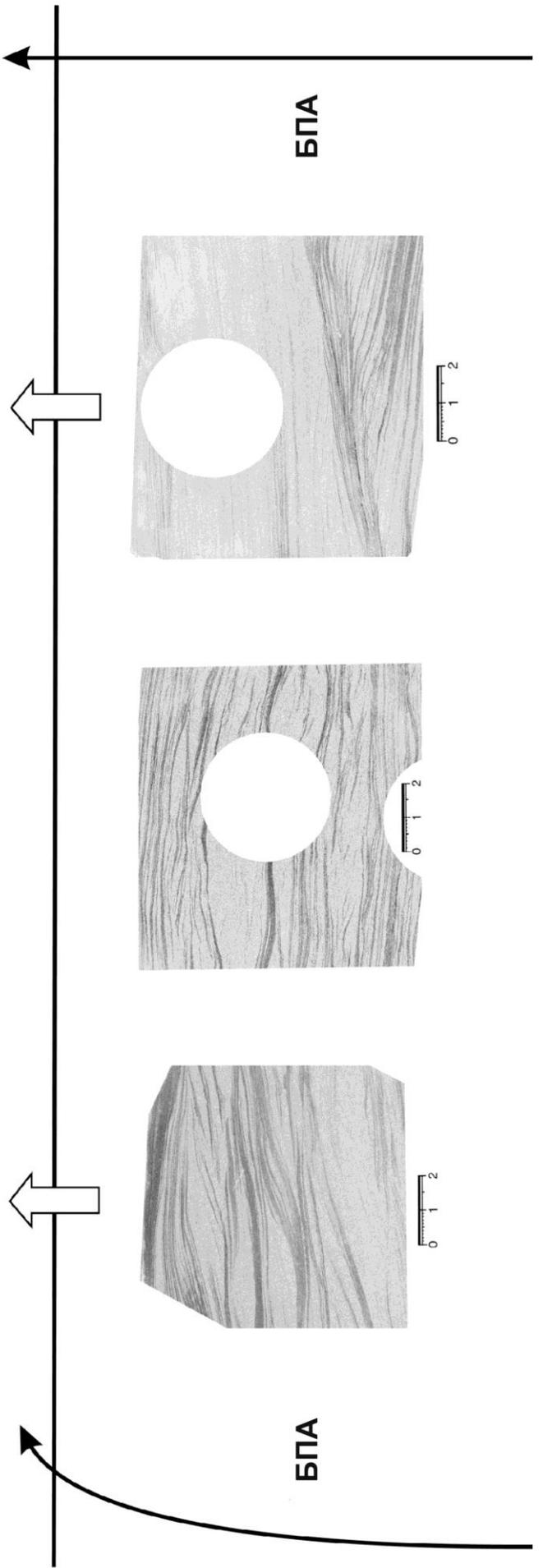
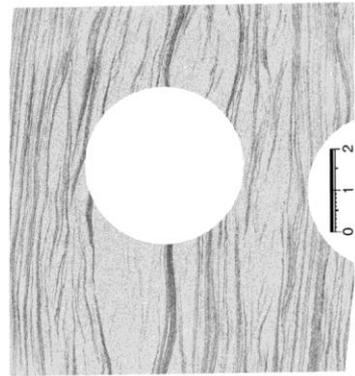
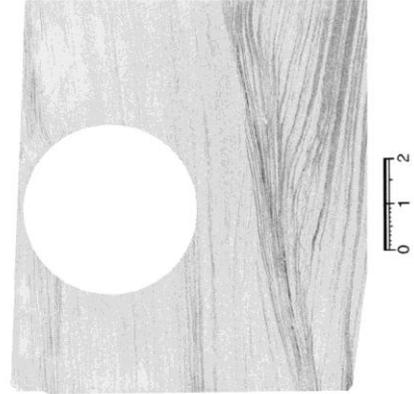
БПК



БПА



БПА



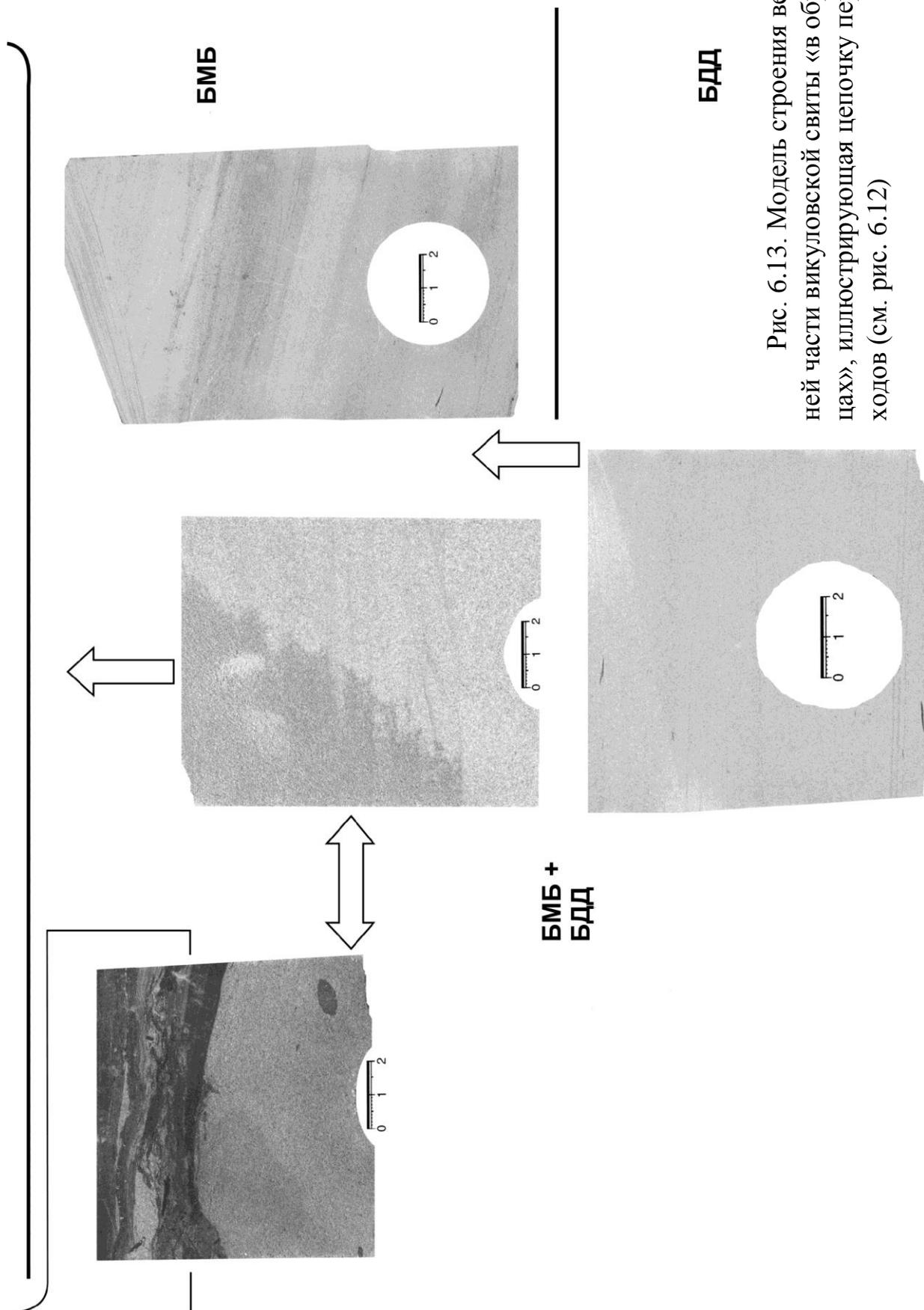


Рис. 6.13. Модель строения верхней части викуловской свиты «в образцах», иллюстрирующая цепочку переходов (см. рис. 6.12)

Последовательно рассматривая режимы, изображенные на рис. 6.2, констатируем, что **HS-режим** (разбегающейся от центра волны) идеально соответствует последовательному вовлечению в процесс осадконакопления ЗСОМБ в целом и Шаимского НГР в частности. Это следует из их схематического изображения на рис. 5.10. Для ЗСОМБ такое «разбегание» в поздне-триасовое-среднеюрское время в направлении от Колтогорско-Уренгойского желоба (рифта) описано во всех работах по данной части разреза (^{210, 253} и мн. др.). Для Шаимского НГР такой процесс сжато охарактеризован в п. 5.3 и подробно – в серии наших монографий ³⁴⁻³⁷.

S-режим «горения» или развития с обострением принципиально схож с флюидодинамической моделью нефтегазообразования, разработанной Б. А. Соколовым⁹⁵ (см. п. 4.2; рис. 3.12). Еще большую наглядность такого сходства иллюстрирует рис. 6.14.

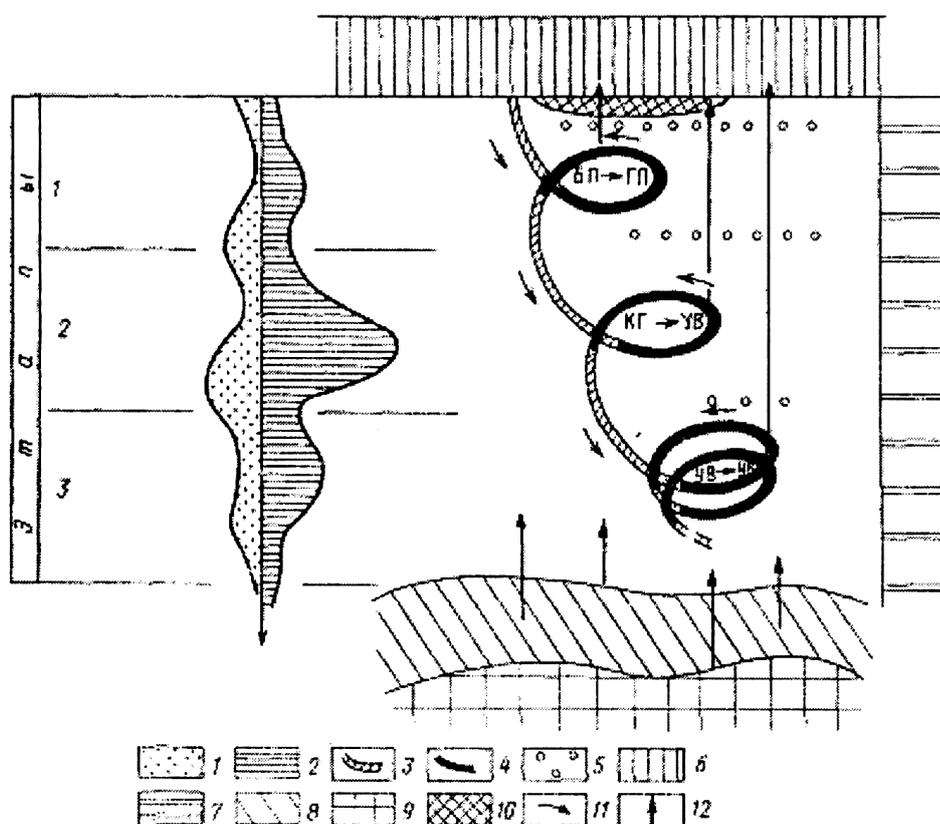


Рис. 6.14. Схема деструкционно-синтезного процесса нефтегазообразования⁹⁵:

1 – газ; 2 – нефть; 3 – деструкционный подэтап; 4 – синтезирующий подэтап; 5 - залежи углеводородов; 6 – биосфера; 7 – углеводородная сфера; 8 – земная кора; 9 – верхняя мантия; 10 – газогидратный слой; 11 – направленность преобразования органического вещества в углеводороды (БП – биополимеры, ГП – геополимеры, КГ – кероген, УВ - углеводороды); 12 – направленность перемещения теплоносителей

Позиционируя **автоколебательную** модель нефтеобразования, Б. А. Соколов уже 20 лет назад указал: «Нефтегазообразование следует рассматривать как **саморазвивающийся** (выделено нами. – В. А.) процесс, сопровож-

дающий накопление и преобразование осадочных пород. Этот процесс можно представить в виде многокольцевой спирали (см. рис. 6.14). Каждое кольцо отвечает определенному этапу трансформации органического вещества, проходящему по принципу «порядок-беспорядок-порядок». Этот принцип выражается чередованием процессов деструкции и синтеза, протекающих под действием запасенной органическими соединениями при их биосинтезе «биологической» энергии и энергии эндогенного тепла, соотношение которых на разных этапах литогенеза определяет типы и направленность химических преобразований органического вещества. Деструкционные процессы протекают сравнительно медленно, тогда как синтезирующие идут быстро»⁹⁵.

Дополним к этому, что *S*-режим по своей сути весьма сходен с вихревым режимом (пейсмекером)⁵³, описанным в п. 5.3. Подобие скрученного вихря (см. рис. 5.20, г) и направленности преобразования органического вещества на рис. 6.14 не ограничивается чисто внешним сходством. Оно иллюстрирует одинаковость происходящих процессов, подчиняющихся строгим закономерностям нелинейного вида.

S-режим, с возможным неоднократным оживлением, скорее всего, послужил причиной *Z*-метаморфизма углей тюменской свиты Шаимского НГР, описанного в п. 3.3 (см. рис. 3.14). В работах^{34, 105} мы предположили связь данного явления с формированием современной структуры ЗСОМБ. Несомненно имевшие место вертикальные тектонические подвижки «гасились» мощным осадочным чехлом, но импульсы литостатического напряжения «разряжались» на послойных границах. Этот процесс описан В. Б. Писецким для дискретной модели среды (DFM – динамико-флюидная модель), в которой рассматривается «... организованное множество блоков различного порядка, образовавшихся в результате закономерного процесса разрушения среды с предварительной системой дефектов структуры, заложенной на временных границах седиментационных циклов и событий»²⁵⁶. Именно с такими импульсами мы связали проявление фрикциометаморфизма углей, имеющего зет-образный облик (рис. 6.15).

Не исключено, что **режиму *LS*** («сходящихся волн горения») мы обязаны наличием мощных и особенно – сверхмощных угольных пластов, речь о которых шла выше. При этом, с одной стороны, такой подход вполне укладывается в «периодическую систему геологических событий фанерозоя» Ю. М. Малиновского²⁵⁷ (равно как и ряда других авторов, изучавших данную проблему). Из сведений, приведенных на рис. 6.16, достаточно явственно следует, как угленасыщенность концентрируется «стратиграфически», то есть в конкретных фазах галактических лет. Кстати, весьма интересно, что Ю. М. Малиновский прямо указывает на «нелинейность системы, продуцирующей органическое вещество» (²⁵⁷, с. 57).

²⁵⁶ Писецкий В. Б. Механизм разрушения осадочных отложений и эффекты трения в дискретных средах // Изв. вузов. Горный журнал. 2005. № 1. С. 48-65.

²⁵⁷ Малиновский Ю. М. Биосферные основы литологии. М.: Изд-во РУДН, 2003. 111 с.

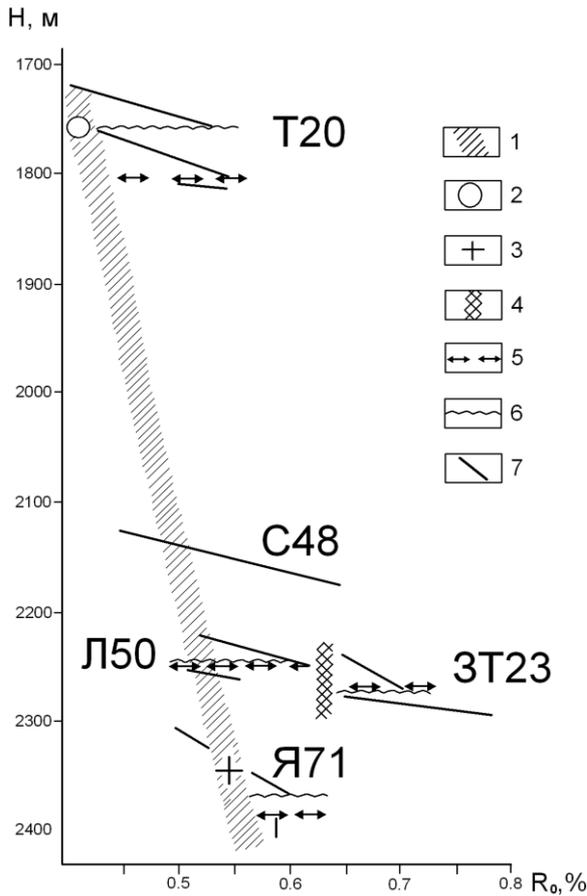
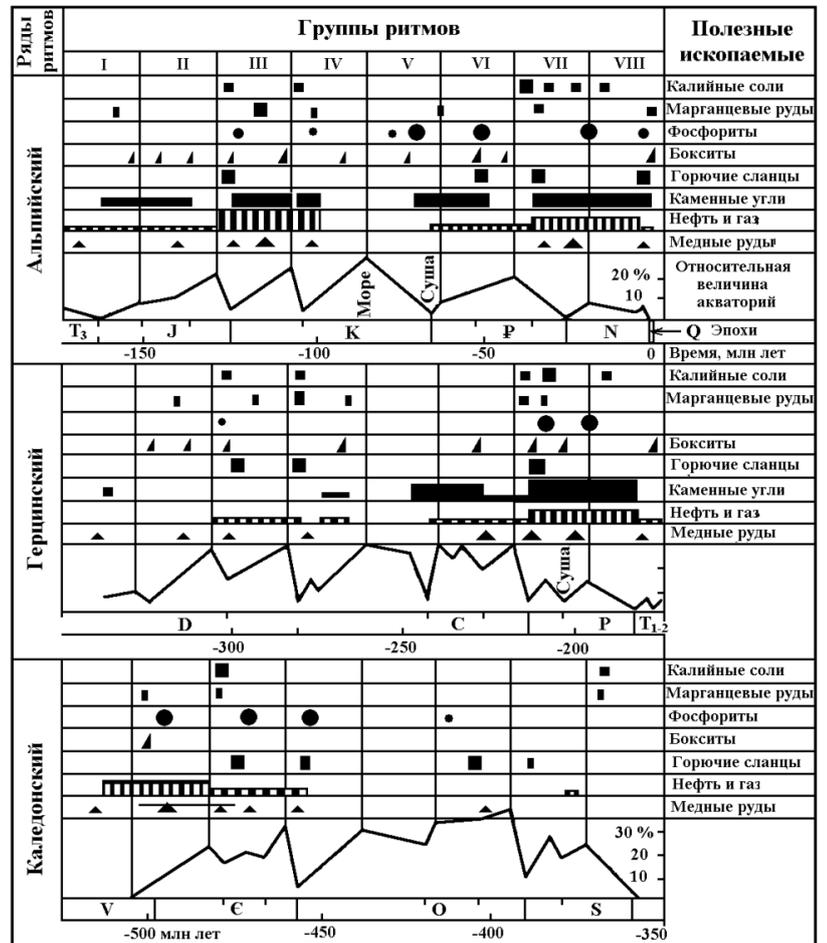


Рис. 6.15. Схема, иллюстрирующая аномальный метаморфизм по скважинам, вскрывшим тюменскую свиту в Шаимском НГР (Т20 – Тальниковая, 10320; С48 – Сыморьяхская, 10548; Л50 – Ловинская, 10650; Я71 – Яхлинская, 10671; ЗТ23 – Западно-Тугровская, 23):

1 – линия регионального метаморфизма, построенная по двум точкам отсчета; 2 – минимальные значения R_0 для комплекса проб по скв. Т20; 3 – средние значения R_0 для нижележащих отложений шеркалинской свиты; 4 – такое же изменение метаморфизма углей для скв. ЗТ23; 5 – границы литоциклов в скважинах; 6 – смены континентальных и бассейновых комплексов пород в скважинах; 7 – изменения показателя R_0 в скважинах (см. рис. 3.14)

Рис. 6.16. Периодическая система геологических событий фанерозоя, состоящая из 24 элементов – отрезков геологической истории – трансгрессивно-климатических ритмов (фаз галактического года) длительностью около 22 млн лет. По вертикали располагаются ритмы с подобными свойствами (положение уровня океана, климат и его зональность, полезные ископаемые и др.)²⁵⁷



С другой стороны, концентрация органического вещества предваряется латеральным смещением участков, на что впервые обратил внимание еще П. И. Степанов²⁵⁸, а впоследствии блестяще обобщил А. И. Егоров²⁵⁹. На рис. 6.17 показано восточное смещение тектонической активности. Такое смещение для раннемезозойской эпохи торфо(угле)накопления нами описано во многих работах (²⁵ и др).

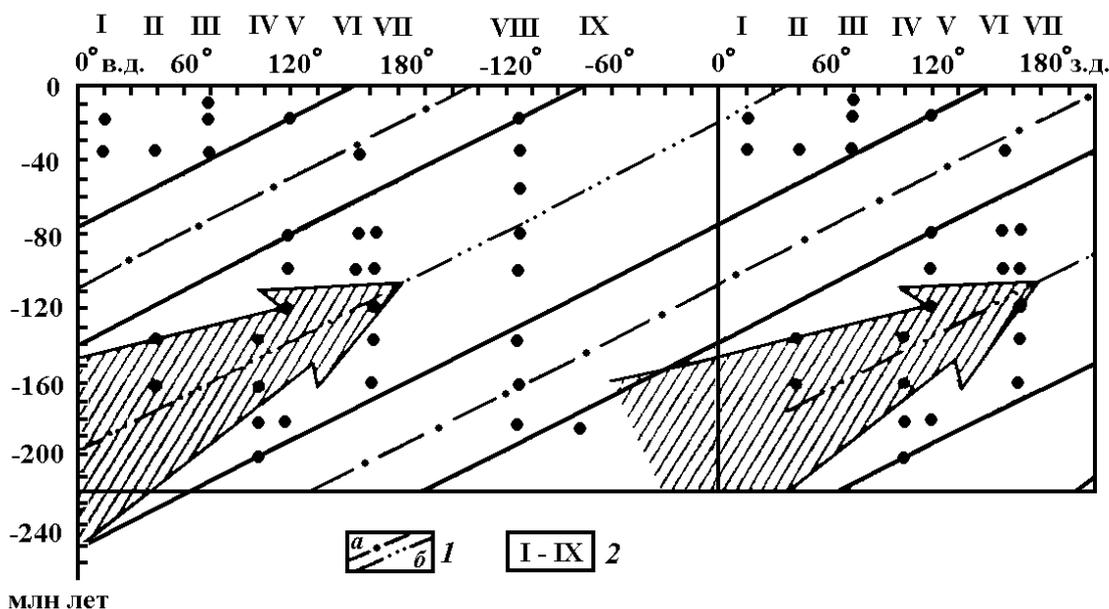


Рис. 6.17. Восточное смещение тектонической активности²⁵⁷:

Большинство точек на графике, фиксирующих время и место (долготы) проявления магматизма и метаморфизма, располагаются по диагональной полосе (ограниченной сплошными линиями), которая соответствует восточному смещению зоны усиленной тектонической активности в литосфере Северного полушария;

1 – центральные части зон с пониженной (а) и повышенной (б) тектонической активностью; 2 – складчатые области (I – Южной Европы, II – Кавказа, III – Тянь-Шаня и Памира, IV – Забайкалья и Восточной Монголии, V – Восточной, Юго-Восточной и Южной Азии, VI – п-ова Камчатка, Курильских островов и о-ва Сахалин, VII – Северо-Востока России, VIII – Кордильер, IX – Аппалачей)

Выше уже был охарактеризован горизонт с повышенной угленасыщенностью, распространенный на значительной части территории Западно-Сибирской плиты. Он приурочен к границе ааленского и байосского ярусов (пласт У₁₀ на юго-востоке Западной Сибири). Близок к нему по возрасту нижний (камалинский) горизонт с повышенной угленасыщенностью в Южной Сибири (нижняя подсвита итатской свиты). По своему положению в модели раннемезозойской УФ (см. рис. 6.4) этот горизонт соответствует дурайскому типу пластов Южно-Якутского бассейна, но «смещенному» по стратиграфической колонке *вниз*, в низы средней юры. Тем самым верифицируется

²⁵⁸ Степанов П. И. Некоторые закономерности стратиграфического и палеогеографического распределения геологических запасов углей на земном шаре // Тр. XVII Междунар. геол. конгр., 1939. Т. 1.

²⁵⁹ Егоров А. И. Пояса углеобразования и нефтегазоносные зоны земного шара. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1960. 183 с.

возрастное скольжение угленосности, омолаживающейся с запада на восток, что описано выше. Нерюнгринскому же уровню мощного торфо(угле)накопления в Южно-Якутском бассейне, которым завершается юрская система в целом, в Западной Сибири соответствует баженовская свита битуминозных аргиллитов. Важно, что в региональном плане направления омоложения этого горизонта с повышенной концентрацией ОВ, рассуждая образно, разлетаются, как крылья бабочки, от южной оконечности Сибирской плиты, формируя странный аттрактор (см. рис. 3.6 ²⁶⁰). Кстати, дополним здесь, что сведения о возрастном скольжении многих литологически однородных горизонтов (включая баженовскую свиту) для Западной Сибири, по сути, перешли в разряд общеизвестных.

Как следует из приведенных материалов в целом, новое звучание получает тезис, изложенный в предыдущем эссе. «Козэволюция – это обнаружение универсального сходства всего со всем и таинственной связи между прошлым, настоящим и будущим» (⁶, с. 193). Получается, что настоящее определяется будущим, заложено в нем, как бы парадоксально это ни звучало. Именно геология, вслед за биологией, дает яркие примеры протекания таких процессов, которые вызваны широким проявлением эквифинальности, и по-разному реализуются в разных темпомирах.

В заключение выполним следующие рассуждения, имеющие общеметодологическое наполнение.

Синтезирующий характер финального, шестого, эссе позволяет суммировать представления, изложенные и во всех предыдущих, то есть оценить их совместное, синергетическое значение. Для этого используем представления, показанные на рис. 1.4 и относящиеся к оценке геологических (в нашем случае – осадочных) тел. С учетом этой последовательности, выполненное в представленной работе изложение материала показано на схеме модельного характера (рис. 6.18).

²⁶⁰ Алексеев В. П. Закономерности в стратолатеральном размещении горизонтов с повышенной концентрацией органического вещества (юрские отложения центральной Евразии) // Проблемы и перспективы развития минерально-сырьевой базы и предприятий ТЭК Сибири: Мат-лы межрегион. научно-практ. конф. Томск: Изд-во ТПУ, 2007. С. 12-17.

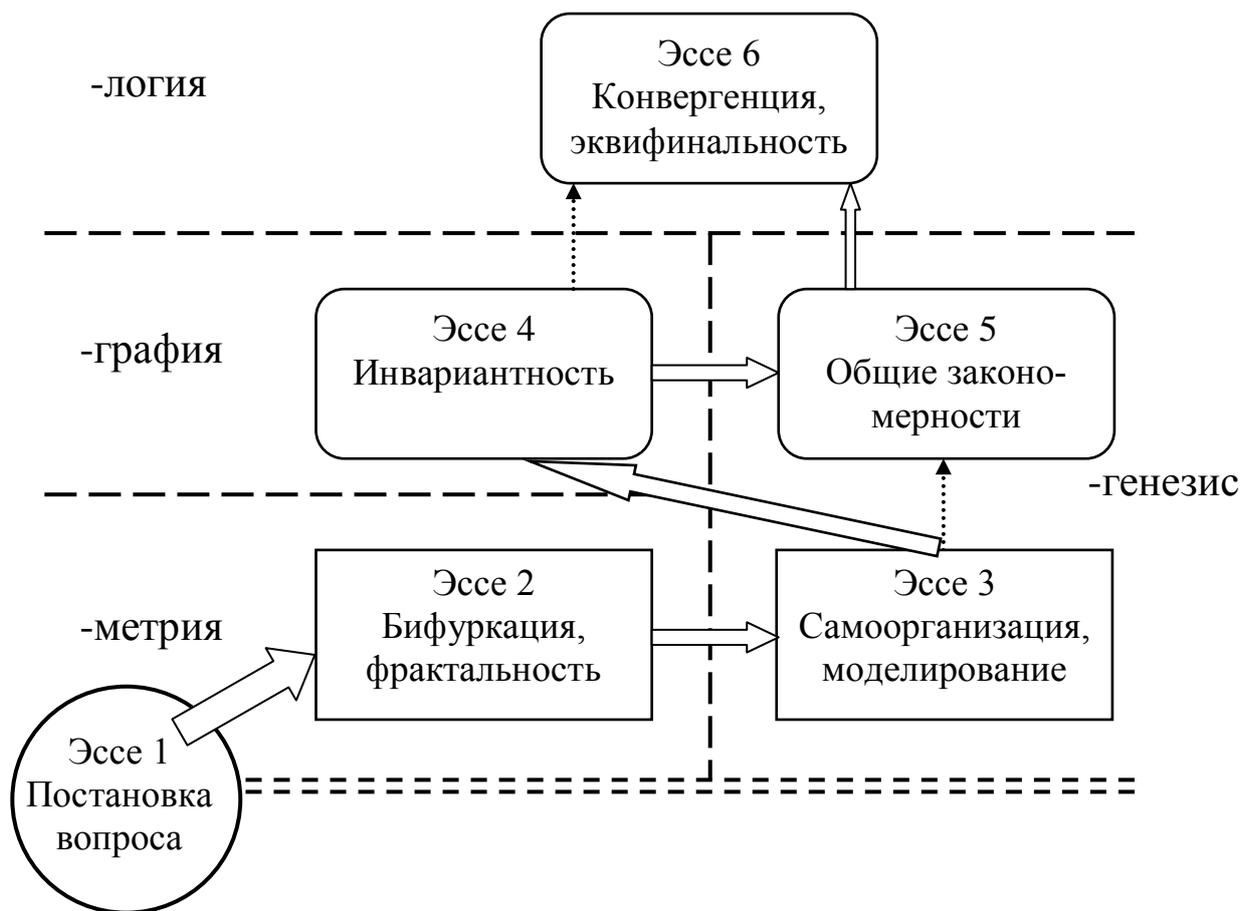


Рис. 6.18. Взаимосвязь между эссе и их положение в общей схеме необходимой последовательности изучения геологических тел (см. рис. 1.4): сплошные стрелки – основные; точечные – возможные последовательности выполнения индуктивных исследований

Из данной схемы следует, что ведущее значение нами придавалось генетической составляющей, что особенно характерно именно для осадочных пород. Данный вопрос разобран в 1-м эссе. Тем самым схема, приведенная на рис. 6.18, образно рассуждая, замыкается «сама на себя», возвращаясь от финального, 6-го, эссе, к начальному, 1-му. Поскольку подобное замыкание происходит уже на новом витке познания, можно полагать, что приведенные представления прошли тест на их непротиворечивость. В соответствии с принципами составления геологических моделей, они могут быть использованы в качестве рабочего инструментария литологов.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Хотя уже выбором жанра представленной книги было определено, что набор эссе (очерков) в какой-то степени «противопоставляется систематическому научному рассмотрению вопроса» (см. Предисловие), попытаемся упорядочить изложенные сведения в нестрогом виде. Очень условно их можно представить в трех аспектах, отвечающих прошлому, настоящему и будущему, в нашем случае – литологии.

Оценивая **прошлое**, укажем, что уже в Предисловии нами констатировано существенное отставание литологии, и особенно седиментологии (вновь в отечественном понимании данного термина) от достижений мировой науки. В частности, это касается низкой эффективности попыток «вмонтировать» литологию в концепцию тектоники литосферных плит (ТЛП)²⁶¹.

Это привело сторонников последней даже к раздраженности: «... к сожалению, литологическая наука сумела «уберечь себя» от потока новых фактов»²⁶². Однако следует указать, что одно отставание (обозначим его цифрой 1) другому (2) – рознь. Так, 1-е, связанное преимущественно с лабораторным оснащением, негативно с любой позиции. Но вот 2-е можно трактовать в разных аспектах. К примеру, выше приводится негативный аспект в отношении использования ТЛП в литологии. Но есть и другой взгляд на эту проблему. Так, ведущий российский литолог В. Т. Фролов убедительно критикует огульное и бесконтрольное принятие идей ТЛП¹⁵⁹. Перенося эту критику на рассмотрение вопросов, связанных с сейсмической стратиграфией, он пишет, что в последней «... адекватно отразились успех и «грехопадение» американской геологии...»¹⁵⁹ (см. п. 5.2). «Грех» при этом, уже с позиций автора представленной книги, заключается в совершенно униформистском подходе к реставрации прошлых геологических эпох. Полемика с таким чрезмерным «генетизмом», по сути являющимся упрощенным униформизмом, выполнена нами в работе³⁸, на примере конкретного геологического объекта – ВК викуловской свиты Красноленинского НГР ЗСОМБ.

Как следует из перечисленного, в рамках классической геологической парадигмы Субъект↔Средства↔[Объект] (см. табл. 1.1) по-прежнему сосуществуют различные взгляды на природу одних и тех же явлений (объектов, процессов), что явно удерживает геологию вне общих процессов интеграции (см. рис. 1.1).

Фиксируя «**настоящее**», сегодняшнее состояние дел в литологии, можно полагать, что она полностью «созрела» для перехода в новое состояние, отвечающее нелинейной науке и неклассической парадигме. Покажем это в

²⁶¹ Литогеодинемика и минерогения осадочных бассейнов. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1998. 480 с.

²⁶² Лисицын А. П. Литология литосферных плит // Геология и геофизика. 2001. Т. 42, № 4. С. 552-559.

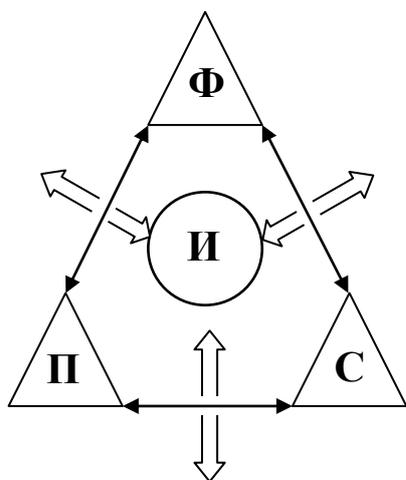
конкретном виде, что уже было сделано в статье²⁶³. Так, в п. 1.1 были приведены десять ключевых слов (понятий), сформулированных «отцом-основателем» синергетики Г. Хакеном¹⁶ и раскрывающих суть синергетического мировидения. Изложенные в представленной работе сведения дают полное подтверждение всех этих понятий наблюдаемыми параметрами (как для объектов, так и процессов). Перечислим их. Итак, необходимое *взаимодействие* частей, из которых состоят системы (1-е понятие; см. п. 1.1), в представленной работе многократно раскрыто на примерах различного иерархического уровня. *Нелинейность* (2) процессов внутриконтинентального седиментогенеза в целом (s. l.) и при формировании цикличности (s. str.), после изложенных материалов, нет нужды доказывать. *Открытость систем* (3) для геолога, связанного с изучением флюидов, априорна и является главным объектом изучения. *Колебания* (4) систем в виде автомодельных процессов детально охарактеризованы при оценке их самоорганизации. *Нестабильность* систем (5) в принципе присуща им при переходах состояний (процесс затягивания → формирование диастем). *Качественные* изменения (6) проиллюстрированы, например, сменой палеоландшафтов во время формирования тюменской свиты; это является основой генетических исследований и в частности фациально-циклического анализа. *Эмерджентность* (7) прослежена для разных уровней организации геологических тел и в принципе определяет циклический (надгорнопородный) с его многопорядковостью. Примером возникновения *пространственно-временной структуры* (8) является детально рассмотренная тюменская свита, как связующее звено в раннемезозойских толщах Северной Евразии. *Упорядоченность* или *хаотичность* структур (9) показана при рассмотрении цикличности как витка спирали; взаимосвязи (коэволюции) тектоники и литологии. Наконец, в ряде случаев привлекалась, насколько это было возможно, *математизация* (10) построений и суждений.

С осторожностью заглядывая в **будущее**, отметим следующее. Позиции, изложенные в предыдущем пункте, дают полное основание полагать резкое повышение эффективности литологических исследований при смене парадигмы – с классической на неклассическую (нелинейную или синергетическую) (см. табл. 1.1). Более того, есть полная возможность «заглянуть» в постнеклассическую парадигму, благодаря аппарату нейронных сетей и грамотному использованию «субъективного» фациального анализа. Пользуясь «полухудожественностью» выбранного жанра, напомним, что фрактальность Б. Мандельброта базируется на зрительном образе разбиваемого **камня**, а СОК – на рассмотрении кучи **песка**. В таком ракурсе нелинейную литологию уже можно вообще считать состоявшейся.

Такой (в принципе неизбежный) переход должен базироваться на учете нескольких концептуальных позиций, не вполне соответствующих «классической» парадигме, но легко укладывающихся в нелинейную концепцию.

²⁶³ Алексеев В. П. О синергетическом мировидении в седиментологии // Обзор концептуальных проблем литологии. М.: ГЕОС, 2012. С. 71-88.

Соблюдая уже традиционную жесткую «треугольную» концептуальность, покажем ее на модельной схеме.



Основные концептуальные аспекты нелинейной литологии:

- И – иерархия слоевых единиц;
- Ф – фациальный анализ;
- П – перерывы в осадконакоплении;
- С – скольжение слоев.

Двойными стрелками показаны инварианты для разных уровней организации

Приведенные на схеме понятия давно известны. Существенно новым является их рассмотрение в неразрывной взаимосвязи, именно в рамках синергетического мировидения. Иными словами, последнее не предусматривает каких-то открытий и озарений. Оно просто «ставит на место» имеющиеся представления, позволяя взглянуть на исследуемые объекты и (или) процессы с непредвзятых позиций. По сути тот же процесс познания имеет место и при изучении почти любого объекта исследования – от «не может быть» до «это же все очень просто». Достаточно понятно, что представленная книга посвящена «центральной» части данного процесса.

Естественно, что приведенной выше схемой далеко не исчерпывается все богатство направлений, исследуемых литологией. Однако вектор работ, особенно для исследования терригенных толщ, содержащих горючие полезные ископаемые, очерчен, как нам представляется, в минимально необходимой и достаточной степени. «Внутренней» проверкой для автора является то, что все без исключения данные, полученные после издания предыдущей работы⁵, абсолютно и исчерпывающе «легли» на нелинейную основу. Наконец, дабы избежать почти неизбежного пафоса при заключении какой-либо работы (например: я сделал то, что мог, пусть другой сделает лучше), сделаем предположение в стиле «contra». Автора в таком аспекте можно уподобить ребенку, которому вывалили ворох игрушек (в данном случае – нелинейных или синергетических понятий). Попробовав все «на вкус и на зуб», он убедился в их пригодности для дальнейших игр.

Завершим как послесловие, так и работу в целом, нетрадиционно: описанием обложек. Ведь именно они объединяют – как s. l., так и s. str., не вполне систематизированные материалы, что и характеризует эссе. На лицевой стороне приведен рисунок японского художника Кацусики **Хокусая** (1760-1849), использованный Б. Мандельбротом в его работе⁵⁴ в качестве заставки к одной из глав. В предисловии к этой главе он пишет следующее: «Вероятно, творчество Хокусая является лучшим доказательством того, что фрактальные

структуры были известны человечеству с незапамятных времен, но описывались они только посредством искусства. Математика присоединилась к нему в девятнадцатом веке, а естественные науки – приблизительно в 1960 году (с. 189).

Такое «чутье на фракталы» относится к изображению пенных гребней волн. Однако, рассматривая картину в целом, дополним такой «фрактальный анализ» взглядом на своего рода слоистую текстуру в правой нижней части рисунка. Любой литолог определит ее как крупную косоволнистую сильно срезанную (мульдообразную) слоистость, характерную для подвижного (барового) мелководья открытого приемного бассейна. «Микро»варианты такой слоистости можно наблюдать в образце, приведенном на рис. 4.22. Как видно, подобное рассмотрение можно трактовать с позиций объективного синтеза разноплановых естественно-научных подходов в познании природы, с равноправным участием седиментологического ракурса.

На обратной стороне обложки приведена гравюра М. К. Эшера (Escher, 1898-1972) «Водовороты» (Whirlpools, 1957). Отметим, что творчество этого нидерландского художника-гравера часто используется при оформлении различных изданий серии «Синергетика: от прошлого к будущему». Так, именно эта гравюра в своем «микроварианте» помещена на корешках книг Е. Н. Князевой и С. П. Курдюмова^{6, 86, 185}, которые мы постоянно использовали в представленной работе.

Не откажем себе в удовольствии привести авторские аннотации к использованной гравюре и серии, к которой она относится²⁶⁴. Из приводимых ниже фрагментов следует проникновение автора от одноуровневых изображений к разномасштабным, то есть переход к иерархическому рассмотрению объектов.

«Упорядоченное членение плоскости (серия гравюр)

Это самый богатый источник моего вдохновения, и до сих пор он еще бьет ключом. Симметричные композиции ... демонстрируют упорядоченное членение поверхности или заполнение ее тождественными формами, которые плотно, без «зазоров», прилегают одна к другой.

Бесконечное множество (часть серии)

Если все компоненты равны, можно изобразить лишь фрагмент упорядоченно заполненной поверхности. При желании передать бесконечное множество, следует постепенно уменьшать фигуры, пока они не станут – по крайней мере теоретически – бесконечно малыми.

Водовороты, 1957. Торцовая гравюра (две доски). 45 × 23,5 см

Плоская поверхность с двумя видимыми фокусами... Фокусы соединены между собой двумя белыми S-образными спиралями, проходящими по осям туловищ рыб, которые плывут вплотную одна за другой... Верхний фокус – отправная точка для темных рядов, компоненты которых максимально увеличиваются в средней части рисунка, затем, уносимые водоворотом, они

²⁶⁴ Эшер М. К. Графика. Предисловие и аннотации художника. Tashen/Арт-Родник, 2001. 76 с.

попадают в сферу воздействия нижнего фокуса, пока не исчезают в нем. Светлые ряды функционируют аналогично, но в обратном направлении».

Приведенные пояснения помогают в соотнесении показанной композиции с понятиями, изложенными в представленной нами работе. Очертим их схематическими штрихами, подобно гравировке М. Эшера, соотнося с тремя позициями, перечисленными выше. 1. Заключение по серии гравюр идентично рассмотрению природы в режиме «за-против» или «инь-ян», что явилось предметом обсуждения во 2-м эссе. 2. Масштабирование объектов (для части серии) особенно присуще фрактальности, вплоть до «канторовой пыли» (то же, 2-е эссе). В более «жесткой», структурированной соподчиненности, оно присуще инвариантности иерархических объектов (эссе 4). 3. В двух фокусах (собственно «Водовороты») легко распознать аттракторы. При этом для темных рыб (по направлению их движения) верхний фокус будет являться устойчивым, а нижний – неустойчивым (см. рис. 4.6). Соответственно, для светлых рыб «полярность» аттракторов изменяется. Кроме этого заключения, которое по сути «лежит на поверхности» (в данном случае – гравюры) отметим еще не вполне явное сходство общей картины с аттрактором Лоренца (см. рис. 3.6). Данное совпадение не является сущностным, но иллюстрирует общность, визуальное сходство изображений. Одновременно именно в такой, сугубо субъективной оценке во многом и заключается значимость **синергетического восприятия окружающего мира**.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- АВПД** (аномально высокое пластовое давление) – 73, 74
- Автоволна** – 62
- Автоколебания, автоколебательный режим** – 62, 113, 172
- Автоколебательная модель нефтеобразования** – 75, 230
- Автомодельность** – 116
- Автопаттерн** – 61
- Автоцикличность** – 120, 131
- Агностицизм** – 162, 210
- Актуализм** – 69, 85, 98, 162
- Аллоцикличность** – 131
- Анализ литолого-фациальный** – 22, 90, 94, 148
системный: см. Системный анализ
текстурный – 96
фациально-циклический – 22, 90, 94, 132, 133, 191, 207, 213, 237
фациальный – 69, 70, 71, 90, 190, 238
формационный – 22
- Антиципация** – 209
- АРБ** («аномальный» разрез бажендовской свиты) – 46, 94
- Асимметрия** – 37
- Аттрактор** – 26, 64, 104, 172, 184, 191
Лоренца – 64, 65
странный – 64, 113, 192, 194, 234
- Аяксы** – 77
- Базальный (е) горизонт, слои** – 171, 172, 175, 178, 217, 222
- Бегущая волна** – 102, 103, 131
- Бимодальность** – 48, 55, 175
- Биниальность, биниология** – 26, 27, 33, 34, 54
- Бистабильность** – 101
- Бифуркация** – 27, 28, 32, 34, 35, 59, 62, 74, 100, 172, 173
- Блоковость, блочность** – 117, 154, 163, 172, 173, 180
- Бубнов** (единица скорости) – 142
- Вейлит** – 146
- Верификация** – 60, 69, 70, 98, 159, 164, 174
- Вихрь, вихревое поле** – 180, 182, 183
- Восстановленность углей** – 78, 79
- Восходящие знаки ряби** – 127, 128, 142
- Гемицикл** – 113, 194
- Генезис, генетический подход** – 14, 22, 99, 185, 189, 190, 235
- Генетический тип** – 88, 94
- Геодинамическая система** – 155, 158, 172
- Геологическая система** – 16, 20, 68
- Геологическое время** – 12, 44, 99, 147, 162, 163, 177, 226
- Геосферы (ранг)** – 153, 155, 158, 172
- Геотектоника** – 4, 17, 153, 167
- ГИС** (геофизические исследования скважин) – 38, 39, 75, 91, 92, 96, 97, 133, 136
- Гистерезис** – 100, 101, 102, 131
- Гранулометрическая шкала** – 41
- Гранулометрический тип (породы)** – 88
- Гранулоседиментогенез** – 123, 125, 146, 188, 196
- Дедукция, дедуктивный метод** – 67, 98
- Дежавю (déjà vu)** – 60
- Дельтовые конусы выноса; песчаники** – 48, 141, 144
- Дендрограмма** – 33, 34, 95
- Депоцентр** – 144, 145
- Дефицит фракций** – 42, 43
- Диаграмма Баррелла** – 122, 162, 173, 219
- Диастема** – 118, 172
- Диахронность границ** – 117, 140, 218
- Диверсификация** – 77
- Дисперсия** – 96
- Диссипация, диссипативные системы** – 26, 62
- Дно: мягкое (soft-ground)** – 48
твердое (hard-ground) – 48, 174, 179
- Закон Головкинского** – 117, 118, 184, 185, 206
необходимости разнообразия – 71
(правило) Хьюльстрема – 49
- Затягивание (процесса устойчивости)** – 28, 49, 59, 100
- Зет-метаморфизм** – 81, 230
система – 68, 69, 98
- Зубчатость (слоевых границ)** – 129, 200, 201, 202, 204, 205, 207
- Иерархия, иерархичность** – 18, 29, 109, 116, 124, 153, 154, 195, 196, 238
- Изостазия** – 168
- Инвариант (ы)** – 55, 107, 123, 125, 142, 172, 203
- Инвариантный тор** – 192, 194, 195
- Ингрессия, ингрессивный** – 57
- Индукция, индуктивный метод** – 67, 70, 98, 110, 152, 189
- Инициальность** – 55, 171, 177, 222
- Инь – Ян** – 26, 105, 106
- Канторова пыль** – 31
- Канторово множество** – 31, 32, 38

- Каузальность – 149
- Кластер, кластерный анализ – 8, 33, 34, 40, 59, 95
- Клиноформа – 139, 142, 183
- Ключевые слова (синергетики) – 9, 237
- Когнитивность – 8
- Коллектор (геол.) – 79, 82, 92, 113, 137, 191, 195, 226
- Комплекси́рование ГИС – 91
- Конвекция – 159
- Конвергенция, конвергентность – 8, 16, 208, 212
NBIC – 8, 9, 150
- Конгломерат базальный – 59
внутриформационный – 43, 44, 45
- Константа геотектоническая – 159
седиментологическая – 159
- Контрадикторность – 124
- Корневые остатки (растительности) – 49, 50, 51
- Коэволюция – 147, 148, 150, 151, 153, 159, 165, 166, 168, 191, 234
- Креационизм – 209
- Лавинная седиментация – 140
- Ламинит – 48
- Ландшафт – 22, 88, 150, 198
- Литогенетический тип – 88, 93
- Литологический тип – 88
- Литология – 3, 153, 154, 157, 167, 236
- Литоритм – 51, 54, 111, 113
- Литофация – 89, 90
- Литоцикл – 110, 111, 112, 113, 133, 136, 138, 148, 187
- Лоскутное одеяло (patchwork) – 197
- Маргинальный фильтр – 177
- Марковские процессы – 210, 211
цепи – 210, 211, 213
- Математизация (в синергетике) – 6, 10, 24, 237
- Матрикс – 44, 45, 46
- Матрица вероятностных переходов – 214, 227
факторных нагрузок – 95
- Микрокомпоненты углей – 79, 80
- Моделирование, модель – 16, 22, 60, 69, 90, 107, 108, 163, 165, 171, 216, 217, 220, 227, 228
- Морфогенезис – 22, 23, 107, 191
графия – 22, 23, 106
логия – 22, 23, 207
метрия – 22, 23, 106
структура – 22, 23, 107
- Мультифрактал – 32, 33
- Нейронная сеть – 67, 75, 96, 97, 98
- Нелинейная литология – 17
- Нелинейность, нелинейные процессы – 3, 7, 10, 11, 73, 77, 125, 151, 165, 184, 218
- Нефтегазовая литология – 23, 85, 90
- Нефтегазоносный бассейн (НГБ) – 12, 18, 19, 74, 79
район (НГР) – 18, 79
- НК (неокомский комплекс) – 141, 143, 144
- Ноу-хау (know-how) – 4
- Обстановка седиментации – 86, 87, 88, 90
- Оживление неживой природы – 213
- Осадочный(ая) бассейн – 79, 157
порода – 18
форма́ция – 195
- ОТС (общая теория систем) – 9, 10
- Парадигма – 3, 7, 12, 14, 16, 17, 23, 31, 60, 67, 94, 150, 236
- Парасеквенс – 156
- Паттерн – 60, 61
- Пейсмекер – 180, 230
- Перерывы (осадконакопления) – 118, 121, 142, 145, 188, 189, 207, 238
- Перколяция, перколяционный кластер – 40, 64
- Перцептрон – 67
- ПЖФ (полосчато-железородная форма́ция) – 13, 17, 18, 35, 70
- Пикноклин – 177
- Порядок из хаоса – 26
- Предельный цикл – 104, 192, 194
- Прерывистая непрерывность, процесс прерывистого равновесия – 103
- Признаки индикативные – 70, 79
конститутивные - 70
- Приливо-отливные процессы – 49, 52, 94
- Псевдосинергетика – 6, 15
- Пуддинговый песчаник – 47, 48
- Пэчворк: см. лоскутное одеяло
- Ранг – 18, 22, 78, 79, 109, 155, 158, 195
- РАС (распределенная автоколебательная система) – 62
- Регрессия, регрессивная часть – 36, 37, 156, 200
- Редукция – 169
- Режимы с обострением – 211, 230, 231
седиментации – 137, 138, 139, 219
- Релятивизм – 162
- Ритм – 48, 49, 53, 94, 113
- Ритмичность – 93
- «Рябчик» – 225
- Салфетка Аполлония – 30, 39, 47
- Сальтационизм – 103
- Самоорганизация – 3, 11, 12, 27, 60, 66, 77, 108, 116, 136, 141, 143, 218
- Саморегулирование (осадко- и торфо- накопления) – 84, 139

- Седиментология – 3, 236
Седло – 104, 105
Сейсмофация – 89, 91
Секвентная стратиграфия – 156
Синергетика – 3, 5, 10, 16, 24, 27, 78
Синергетический сциентизм – 6
Синергетическое мировидение – 4, 8, 13, 16, 17, 77, 90, 99, 152, 172, 191
Система, системный анализ – 6, 10, 12, 16, 69, 74, 96
Скачок – 74, 81, 101, 105, 106, 161, 198
Скольжение (слоев) – 117, 129, 142, 171, 207, 238
Скорость осадконакопления – 121, 122, 160, 224
Слой, слои – 123, 125, 127
Смысловое поле – 149
Снежинка Коха – 32
СОК (самоорганизованная критичность) – 13, 63, 64, 66, 71, 103, 131, 167, 197
Спираль развития – 106, 107, 108, 110, 230
Сравнительно-исторический метод (подход) – 18, 85, 152, 162
Стабилизатор (в виде угольных пластов) – 220
Странный аттрактор: см. Аттрактор
Стратиграфические единицы – 111, 187
Стратиграфия – 153, 155, 157, 185, 188
Стратиформность – 152
Стратоседиментогенез – 123, 125, 128, 146, 188, 196
Стрела времени – 68, 147, 165
Тектология – 9
Телеология – 209
Темпомиры – 211, 212, 214, 226
Теория катастроф – 27, 62
ТЛП (теория литосферных плит) – 236
ТОП (темп осадочного породообразования) – 122
Трангрессия, трансгрессивная часть – 36, 37, 109, 156, 200
Тримодальность – 35, 36
Тринитарность, тринитаризм – 29, 34, 38, 54, 161
Турбидит, сейсмтурбидит – 46, 94, 121
УВ (углеводороды) – 74, 80, 82, 221, 240
Угленосная толща – 82
Угольная геология – 77
Угольный пласт – 79, 82, 112, 219, 220, 221
Узел (неустойчивый, устойчивый) – 104, 105, 192, 193
Униформизм – 68, 162, 236
Уровень организации геологических тел – 22, 78, 105, 116, 158, 196
Фазовый портрет – 104
Фактор, факторный анализ – 66, 75, 95, 96
Фация – 22, 70, 85, 88, 89, 90, 97, 132, 148, 189
ФЕС (фильтрационно-емкостные свойства) – 82, 83, 94
Финализм – 209
Флюидодинамика – 75, 183
Фокус (неустойчивый, устойчивый) – 104, 192, 193
Формация – 22, 70, 167, 185, 212, 216, 217
Фрактал, фрактальность – 13, 14, 30, 38, 40, 59, 71, 106, 124, 126, 127, 159, 239
Цикл, цикличность – 36, 37, 52, 79, 104, 107, 109, 110, 112, 114, 116, 148, 153, 155, 160, 184, 192, 193
Циклит – 110, 113, 148
Циклоседиментогенез – 123, 125, 131, 139, 146, 188, 197
Чечевица Головкинского – 118, 164
Шахматный порядок – 144
Эволюция – 157
Эвстатика – 118, 119, 120
Эквифинальность – 208, 211, 213, 216, 218, 220, 224
Элементы: автоколебательный – 30, 49, 113, 114
бистабильный – 29, 113, 114, 178
возбудимый – 30, 113, 114
Эмерджентность – 10, 16, 22, 60, 71, 82, 96, 124, 127, 151, 154, 237
ЭМФ (электрометрические модели фаций) – 89, 91
Энтропия – 108
Эпейрогения – 118, 120
Эссе – 4, 24, 25, 30, 235, 236
Эффект бабочки – 64, 234
домино – 61, 62
памяти – 210
FZI (Flow Zone Indicator) – 92
S. lato, *s. stricto* – 5, 9, 43, 68, 89, 99

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Адден У. – 41
Айнемер А. И. – 3
Алексеев А. С. – 188
Алексеева Е. В. – 178
Аллен Дж. – 52
Алюшин А. Л. – 160
Амон Э. О. – 68, 124, 126, 141,
143, 162, 217, 222
Антипов М. В. – 154
Арманд Д. А. – 26, 29, 105,
106, 107
Арнольд В. И. – 27, 113
Арцер А. С. – 79
Афанасьев С. Л. – 77, 115
Бак П. – 63
Баранцев Р. Г. – 29, 161
Баррелл Дж. – 121, 122, 162,
192, 218, 219
Барсков И. С. – 148
Бейзель А. Л. – 176, 197, 201,
202
Бейнбридж У. – 8
Бека К. – 19
Белкин Н. М. – 145
Белонин Л. Н. – 74
Беляков Е. О. – 82
Бергман И. А. – 13, 16, 22, 23
Берталанфи Л. фон – 9, 10,
208
Берто Г. – 122
Беспечная Л. Ю. – 75
Беспечный В. Н. – 75
Бирбауэр Дж. – 120, 131
Богданов А. А. – 9
Боголюбова Л. И. – 99
Бонэм-Картер Г. – 214
Бостриков О. И. – 220
Ботвинкина Л. Н. – 36, 48, 49,
51, 90, 96, 99, 107, 110, 191
Бочкарев В. С. – 197
Брехунцов А. М. – 197
Броновец Т. М. – 79
Брэдбери Р. – 65
Бубнов С. фон – 142
Буданов В. Г. – 6
Бурлин Ю. К. – 160
Вагин С. Б. – 196
Вакуленко Л. Г. – 175, 176,
177
Вальтер И. – 89, 117, 206
Варламов С. Н. – 114
Вассоевич Н. Б. – 117, 148,
197, 200, 207
Вейл П. Р. – 146
Вентцель Е. С. – 211
Ветцель А. – 126
Винер Н. – 9
Виссер М. – 52
Вистелиус А. Б. – 126, 214
Волков В. Н. – 219
Волож Ю. А. – 154
Вольф Р. – 41, 42
Ворожев Е. С. – 123, 136,
178, 222
Воронин Ю. А. – 90
Вотах О. А. – 22
Вундерлих Ф. – 52
Вылцан И. А. – 174, 187
Высоцкий И. – 19
Галимов Э. М. – 209
Гафуров Д. О. – 76
Гафуров О. М. – 76
Гетманов И. П. – 147
Глебов А. Ф. – 21
Гладкова Е. Г. – 148
Голицын А. М. – 81
Голицын М. В. – 80, 81
Головкинский Н. А. – 117,
118, 129, 164, 191, 205,
206, 207
Гольдшмидт Р. Б. – 104
Гончаров М. А. – 155, 158
Горяинов П. М. – 13, 24, 25,
38, 40, 70, 192
Грессли А. – 89, 90
Губин В. Б. – 6, 15
Гулд С. – 103
Гумилев Н. С. – 150
Гурари Ф. Г. – 141, 143
Гущин А. И. – 82
Данилов В. И. – 220
Данилов Ю. А. – 11
Дафф П. – 203
Дегтев В. А. – 145
Дещеня Н. П. – 197
Дмитриевский А. Н. – 195
Дойч К. В. – 195
Дубяго И. Д. – 23
Еганов Э. А. – 90
Егоров А. И. – 233
Егоров Д. Г. – 12
Ежова А. В. – 46
Еремеев В. В. – 141
Еремеев Н. В. – 141
Еремин И. В. – 79
Ершов С. В. – 141
Ефимов А. С. – 76
Жарков А. М. – 144
Жемчужников Ю. А. – 23, 49,
90, 114, 115, 191
Животовская А. И. – 3
Жилин В. И. – 6, 10
Журавлева Д. Д. – 81
Запывалов Н. П. – 38
Захаров В. С. – 71
Зенков Д. А. – 22
Зорина С. О. – 118, 137
Иванов А. В. – 13, 71, 151
Иванов Г. А. – 48
Иванюк Г. Ю. – 13, 24, 25,
38, 40, 70, 192
Иностранцев А. А. – 117
Йёреског К. Г. – 66
Казаков А. М. – 221
Казаненков В. А. – 141, 175
Калинко М. К. – 82
Каналин В. Г. – 196
Кантор Г. – 31
Карнюшина Е. Е. – 160
Карогодин Ю. Н. – 131, 141,
218, 225
Карпенко А. Н. – 38
Кирюков В. В. – 79
Киссин И. Г. – 161
Клименко А. В. – 92
Климонтович М. Ю. – 7
Клован Д. И. – 66
Кныш С. Н. – 199
Князева Е. Н. – 5, 8, 9, 66, 151,
160, 191, 211, 239
Кондратьев Н. Д. – 16, 107,
149, 152
Конторович А. А. – 76
Конторович А. Э. – 12, 74, 175
Кос И. М. – 144
Косыгин Ю. А. – 68, 70
Кох Г. фон – 32
Крамбейн У. – 41
Красильникова Н. Б. – 76
Красный Л. И. – 154, 203

- Красковская Т. Ф. – 81
 Крашенинников Г. Ф. – 89
 Криницкая К. И. – 151
 Кузьмина Т. М. – 96
 Кукал З. – 143
 Кулик Д. А. – 115
 Кулямин Л. Л. – 122
 Кунин Н. Я. – 142
 Курдюмов С. П. – 5, 8, 9, 60,
 66, 102, 151, 191, 211, 239
 Куц О. А. – 79
 Лаломов А. В. – 122
 Ламакин В. В. – 130
 Ланчаков Г. А. – 196
 Лебедев А. И. – 217, 222
 Лебедев М. В. – 199, 201
 Левчук М. А. – 197
 Летников Ф. А. – 12, 16, 17, 34
 Лидер М. – 177
 Лисицын А. П. – 140, 177, 236
 Лопатин А. Ю. – 137
 Лоренц К. – 64, 65
 Лоскутов А. Ю. – 29
 Лутугин Л. И. – 112, 191
 Ляйель Ч. – 68
 Майнцер К. – 28, 150
 Макарова С. Д. – 155
 Македонов А. В. – 70
 Малинецкий Г. Г. – 5, 24, 25,
 26, 60, 102
 Малиновский Ю. М. – 231
 Мандельброт Б. – 30, 32, 127,
 237, 238
 Манзина А. И. – 46
 Марков А. А. – 210, 211
 Марченко Е. А. – 91
 Медведев А. Л. – 137, 146
 Медведев Д. А. – 8
 Медведев Н. Я. – 144
 Медведева Т. Ю. – 46, 123,
 136, 178
 Мизенс Г. А. – 177
 Михайлов А. С. – 29
 Мкртчян О. М. – 145
 Муромцев В. С. – 91
 Назаров В. И. – 103, 209
 Наймарк А. А. – 13
 Наливкин Д. В. – 171, 172
 Нехаев А. Ю. – 197
 Носова Н. С. – 222
 Нургалиев Д. К. – 121
 Овчаров Л. А. – 211
 Одесский И. А. – 3
 Онищук О. И. – 38
 Павлов А. П. – 213
 Палей У. – 209
 Папин Ю. С. – 27, 34, 57
 Пейтон Ч. – 128
 Пироженов В. А. – 96
 Писецкий В. Б. – 231
 Плисов С. Ф. – 177
 Подлазов А. В. – 64
 Пономарев А. И. – 196
 Пономаренко З. Ф. – 76
 Попов А. Ю. – 177
 Попов В. И. – 155
 Прайд Валерия – 8
 Пригожин И. Р. – 12, 27, 72,
 100, 220
 Прозоровский В. А. – 55
 Пронина Н. В. – 80
 Пуанкаре А. – 104
 Пушаровский Ю. М. – 159,
 172
 Радченко О. А. – 77
 Реддинг Х. Г. – 52
 Реймент Р. А. – 66
 Рейнек Г.-Э. – 52, 139
 Рефат С. М. – 23
 Ритенберг М. И. – 99
 Розенблатт Ф. – 67
 Роко М. – 8
 Романовский С. И. – 3, 68,
 90, 117, 118, 121, 123, 138,
 139, 164, 184, 191, 202,
 207, 224
 Русский В. И. – 81
 Рыльков С. А. – 123, 136,
 141, 178, 192, 222
 Рябкова Л. В. – 197
 Савенко В. А. – 199
 Садовский В. Н. – 10
 Садовский М. А. – 116, 159
 Свистунов Е. П. – 73
 Селли Р. Ч. – 167
 Серебренникова О. В. – 221
 Серков В. А. – 96
 Симаков К. В. – 55
 Сингх И. Б. – 139
 Славин Л. И. – 74
 Сметанин А. Б. – 46
 Смирнов Г. И. – 38
 Смирнов Л. С. – 122
 Соколов Б. А. – 75, 183, 230
 Соколов С. Д. – 172
 Сократов Г. И. – 206
 Сташ А. В. – 149
 Стегний В. Н. – 104
 Стенгерс И. – 27, 100, 220
 Стенон Н. – 118
 Степанов П. И. – 233
 Стёпин В. С. – 7, 9
 Страхов Н. М. – 85, 152
 Сурков В. С. – 221
 Такканд Г. В. – 82
 Талицкий В. Г. – 155
 Тараканов А. С. – 84
 Твенхофел У. К. – 45
 Тимофеев П. П. – 99, 122
 Тимофеева З. В. – 99
 Тихомиров С. В. – 155
 Токарев М. А. – 196
 Толмачев Е. О. – 46
 Трофимова Е. Н. – 178
 Трубецков Д. И. – 10
 Трусов Л. Л. – 145
 Тугарова М. А. – 122
 Уайтхед А. – 209
 Уильямсон П. – 103
 Уитроу Дж. – 162
 Уолтон Э. – 203
 Усманов И. Ш. – 178
 Успенский В. А. – 77
 Устинова В. Н. – 154, 201
 Устинова И. Г. – 154
 Ухлова Г. Д. – 164
 Уэнтворт С. К. – 41
 Федоров Ю. Н. – 81, 82, 217,
 222
 Феофилова А. П. – 99
 Ферсман А. Е. – 150
 Филиппов А. А. – 155
 Фомичев А. С. – 220
 Фриз Х. – 103
 Фролов В. Т. – 120, 139, 156,
 236
 Фролова Н. С. – 155
 Хабаров Е. М. – 177
 Хаин В. Е. – 155, 160
 Хакен Г. – 3, 9, 27, 237
 Халилов Э. Н. – 160
 Халлам А. – 203
 Харбух Дж. – 214
 Харитонов В. И. – 38
 Хокусай К. – 238
 Холодов В. Н. – 122

- Худяков Г. Н. – 148
 Хуснуллина Г. Р. – 222
 Хэндфорд Р. – 137
 Хьюльстрём Ф. – 49
 Цейслер В. М. – 169
 Цимбалуок Ю. А. – 144
 Чамов Н. П. – 154
 Чемберлен Т. – 128, 129, 142
 Чен К. – 63
 Черемных Д. В. – 123, 136,
 178
 Чернова О. С. – 85, 87, 92
 Чилингар Д. В. – 76
 Чистилин Д. К. – 107
 Шанцер Е. В. – 130, 131
 Шатский Н. С. – 212
 Шванов В. Н. – 48, 79, 109,
 187, 190
 Шварцев С. Л. – 161
 Шемин Г. Г. – 197
 Шилова Ю. В. – 91
 Шлезингер А. Е. – 91
 Шпильман В. И. – 47
 Штеренберг М. И. – 6
 Шурыгин Б. Н. – 197
 Шустер Г. – 26
 Эддингтон Р. – 147
 Элдридж Н. – 103
 Эшби У. Р. – 7, 60
 Эшер М. К. – 239, 240
 Юзвицкий А. З. – 220
 Яблоков В. С. – 99, 191
 Ян П. А. – 176, 177
 Яневиц Р. Б. – 75
 Япаскургт О. В. – 161, 162
 Яхнин Э. Я. – 3
 Altunbau M. – 93
 Amaefule J. O. – 93
 Amato I. – 150
 Anderson J. L. – 46
 Bak P. – 63
 Banerdt M. – 46
 Barrell J. – 121
 Beerbower J. R. – 120
 Bertalanffy L. fon – 10
 Borner K. – 8
 Chamberlin T. C. – 128, 129
 Einsele G. – 139
 Eldredge N. – 103
 Embry A. F. – 189
 Frey E. – 40
 Gould S. J. – 103
 Ham W. E. – 203
 Keelan D. K. – 93
 Kersy D. G. – 93
 Mandelbrot B. – 30
 Osborne R. – 46
 Paley W. – 209
 Rich J. L. – 139
 Sammis C. G. – 46
 Schwabl F. – 40
 Tang C. – 63
 Tauber U. C. – 40
 Tiab D. – 93
 Wail P. – 146
 White P. – 46
 Whitehead A. N. – 209
 Williamson P. G. – 103
 Wisenfeld K. – 63

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

АЛЕКСЕЕВ

Валерий Порфирьевич



Родился 12 октября 1948 г. в г. Челябинске в семье служащих. Специалист в области литологии и геологии горючих ископаемых; доктор геолого-минералогических наук (1991), профессор (1992); кандидатская дис.: «Литология и условия формирования нерюнгринской свиты Южно-Якутского каменноугольного бассейна» (1979), докторская дис.: «Внутриконтинентальные раннемезозойские угленосные отложения азиатской части СССР» (1990).

Окончил с отличием Свердловский ордена Трудового Красного Знамени горный институт им. В. В. Вахрушева (1971) по специальности «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых», горный инженер-геолог. После окончания института работал в Южно-Якутской комплексной экспедиции (1971-1976), с 1972 – старший геолог геологоразведочной партии, участвовал в разведке и передаче в промышленную эксплуатацию Нерюнгринского каменноугольного месторождения. С 1976 – в Свердловском горном институте – Уральском государственном горном университете: 1976-1978 – аспирант, 1978-1987 – старший научный сотрудник, 1987-1989 – доцент, 1989-2000 – проректор по учебной работе, 2000-2002 – главный научный сотрудник, с 2002 – заведующий кафедрой литологии и геологии горючих ископаемых, с 2012 – профессор кафедры. Читает курсы лекций: «Литология», «Осадочные формации», «Литологические основы прогнозирования нефтегазоносности недр». В 2009-2011 гг. прочитал курсы лекций: «Методы изучения осадочных пород», «Коллекторы Западной Сибири» и «Фациальный анализ» студентам Тюменского гос. нефтегазового университета в качестве профессора (0,25) кафедры геологии и петрографии.

Основные научные труды посвящены решению широкого круга вопросов литологии на примере терригенных отложений Северной Евразии. Детально исследовал угольные месторождения восточного склона Урала, Тургайского (Казахстан), Улугхемского (Тыва) и Южно-Якутского угольных

бассейнов. В настоящее время изучает нефтегазоносные толщи Западно-Сибирского осадочного мегабассейна, являясь главным специалистом (0.5) Центра планирования и мониторинга филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» ООО «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени. Автор 360 публикаций. Подготовил трех кандидатов наук. Ответственный редактор ежегодного (1991-2012) межвузовского сборника «Геология угольных месторождений» (с 2007 – «Литология и геология горючих ископаемых»). Член редколлегии журнала «Литосфера»; трех специализированных советов по присуждению ученых степеней; научного совета по проблемам литологии и осадочных полезных ископаемых (ранее – Межведомственного литологического комитета).

Почетный работник топливно-энергетического комплекса (1999), Почетный работник высшего профессионального образования РФ (2005), заслуженный геолог РФ (2010), награжден знаком «Шахтерская слава» III степени (2002), медалью «Геолог Игорь Грамберг» (2013).

Основные труды

- Обработка результатов полевых и лабораторных исследований (с использованием вероятностно-математических методов): учебное пособие. Свердловск: Изд-во СГИ, 1989. 76 с. (совместно с Е. Б. Печининой).

- Цикличность осадочных толщ и методика ее изучения. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. 336 с. (совместно с Л. Н. Ботвинкиной).

- Литология: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001. 249 с. (2-е изд. – 2004. 253 с.).

- Литолого-фациальный анализ: учебное пособие к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине «Литология». Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. 147 с. (доп. тираж – 2003 г.).

- Осадочные формации и осадочные бассейны: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. 203 с. (совместно с А. В. Масловым).

- Литологические этюды. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. 149 с.

- Угленасыщенность, петрографический состав и метаморфизм углей тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. 158 с. (совместно с В. И. Русским, Ю. Н. Федоровым, Д. Д. Журавлевой, Т. Ф. Красковской, Н. В. Прониной, Л. И. Свечниковым).

- Атлас фаций юрских терригенных отложений (угленосные толщи Северной Евразии). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 209 с.

- Состав и генезис отложений тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 209 с. (совместно с Ю. Н. Федоровым, А. В. Масловым, В. И. Русским, М. Ф. Печеркиным, М. А. Пудовкиной).

- Узелки на линиях. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. 258 с.

- Строение и корреляция отложений тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. 227 с. (совместно с Ю. Н. Федоровым, В. А. Савенко).

- Геология нефти и газа: учебно-методическое пособие к практическим занятиям и самостоятельной работе. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. 138 с. (совместно с В. И. Русским, С. В. Кривихиным, А. Ш. Зеленской).
- Стратиграфия и палеогеография мезозойско-кайнозойского чехла Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. 257 с. (совместно с Э. О. Амоном, А. Ф. Глебовым, В. А. Савенко, Ю. Н. Федоровым).
- Геология и нефть: визитная карточка кафедры литологии и геологии горючих ископаемых / В. П. Алексеев, Э. О. Амон, Е. С. Ворожев и др.; под ред. В. П. Алексеева. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 272 с.
- Состав, строение и условия формирования коллекторов группы ВК восточной части Красноленинского нефтяного месторождения (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 325 с. (совместно с Э. О. Амоном, Ю. Н. Федоровым, А. Ф. Глебовым, О. А. Залевским, А. А. Качкиным, А. И. Лебедевым, О. С. Черновой).
- Соединяя нить времен. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 203 с. (совместно с Н. В. Устьянцевой).

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Эссе 1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ	5
1.1. «Три кита» и ключевые понятия синергетики	5
1.2. Нелинейность и самоорганизация в геологии	11
1.3. Нелинейная литология и структура представленной работы	17
Эссе 2. ОТ БИФУРКАЦИИ К ФРАКТАЛЬНОСТИ	26
2.1. Теория катастроф как основа биниальной парадигмы; фракталы и кластеры	26
2.2. Делимость объектов в геологии: биниальность и (или) тринитаризм	34
2.3. Бифуркации и фрактальность в литологии	41
Эссе 3. САМООРГАНИЗАЦИЯ – ОСНОВА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ	60
3.1. Процессы самоорганизации	60
3.2. Нелинейные процессы и самоорганизация в геологии	68
3.3. Диверсификация традиционных представлений угольной геологии и нефтегазовой литологии	77
Эссе 4. ИНВАРИАНТЫ: ПОДХОДЫ И ПУТИ ПОЗНАНИЯ	100
4.1. Порядок из хаоса (структуризация кажущегося беспорядка).....	100
4.2. Иерархичность в геологии	109
4.3. Инварианты в строении разноранговых литологических объектов	123
Эссе 5. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ КАК ИНВАРИАНТНЫЕ РЕШЕНИЯ ЧАСТНЫХ ПРОЦЕССОВ (СОБЫТИЙ)	147
5.1. Сопряженность в развитии событий – оперение «стрелы времени».....	147
5.2. Палеоландшафты геологической коэволюции	152
5.3. Нелинейность и коэволюция иерархически структурированных событий при формировании осадочных толщ	167
Эссе 6. КОНВЕРГЕНЦИЯ И ЭКВИФИНАЛЬНОСТЬ	208
6.1. Постановка и состояние вопроса	208
6.2. Геология: от конвергентности к темпомирам	212
6.3. Литологическая эквифинальность	216
ПОСЛЕСЛОВИЕ	236
Предметный указатель	241
Авторский указатель	244
Сведения об авторе	247

Заявки на книгу направлять по адресу:
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Кафедра литологии и геологии горючих ископаемых
e-mail: igg.lggi@ursmu.ru

Научное издание

Валерий Порфирьевич АЛЕКСЕЕВ

НЕЛИНЕЙНО-ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ЭССЕ

Редактор изд-ва Л. В. Устьянцева
Компьютерная верстка и макетирование Т. С. Мызниковой

Подписано в печать 15.06.2013 г.
Бумага офсетная. Формат 60x84¹/₁₆. Офсетная печать. Гарнитура Times New Roman.
Печ. л. 15,625. Уч.-изд. л. 16,13. Заказ №

Издательство Урал. гос. горного университета
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Отпечатано с оригинал-макета в типографии
ООО "ИРА УТК"
Адрес: 620102, г. Екатеринбург, ул. Шаумяна, 83
Тел.: (343) 269-18-83

