



## ИЕРАРХИЧНОСТЬ И ИНВЕРСИЯ СТРУКТУР ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА (НА ПРИМЕРЕ СОЧЛЕНЕНИЯ УРАЛА И ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ)

В. П. Алексеев\*, Е. С. Ворожев\*\*, С. А. Рыльков\*\*\*, О. С. Чернова\*\*\*\*

Определены иерархия геодинамических структур и соотношение геотектонических и литостратиграфических рангов. Установлена граница между структурами складчатого Урала и Западно-Сибирской плиты, обосновано ее проведение по выделенному Краснolenинскому региональному линеаменту. Охарактеризована инверсия строения единиц осадочного разреза (литоциклов) при их корреляции. Показано, что при формировании геологических объектов были широко развиты нелинейные процессы, например, реверсные разломы и вихревые структуры.

**Ключевые слова:** линеамент, уровни организации, ранг, осадочный бассейн, литоцикл, инверсия, реверсный режим, вихревая структура, пейсмекер, режим с обострением.

## HIERARCHY AND INVERSION OF THE SEDIMENTARY COVER STRUCTURES (ON THE EXAMPLE OF A JUNCTION BETWEEN THE URALS AND THE WEST-SIBERIAN PLATE)

V. P. Alekseev, E. S. Vorozhev, S. A. Rylkov, O. S. Chernova

The hierarchy of geodynamic structures and proportion of geotectonic and lithostratigraphic ranks are defined. The boundary between structures of the folded Urals and the Western-Siberian Plate is determined. Its fixing on the distinguished Krasnoleninskiy regional lineament is substantiated. The inversion of the sedimentary cover units structure (lithocycles) is characterized at their correlation. It is shown, that nonlinear processes, such as reverse faults and vortex structures, were widely developed during formation of the geological features.

**Keywords:** lineament, organization levels, rank, sedimentary basin, lithocycle, inversion, reverse regime, vortex structure, pacemaker, blow-up regime.

Взгляды геологов, занимающихся либо преимущественно вопросами регионального или глобального характера («тектонистов»), либо детальными исследованиями осадочных толщ (включая проблемы нефтегазовой литологии), на природу и иерархию геологических тел существенно различаются. Как правило, первым «удобнее» рассматривать их от большего к меньшему, а вторым – наоборот. Соответствие выделяемых рангов показано в таблице. Ключевую позицию занимают «стыковочные» ранги (ГС-4 в «тектонической» классификации и 6-й в общегеологической), которым соответствует основное понятие «осадочный бассейн» (ОБ).

Сопоставление, приведенное в таблице, имеет совершенно определенное эмерджентное наполнение для каждого установленного уровня или ранга. В частности, именно стык 4–5-го рангов по первому геотектоническому и 5–6-го рангов по второму литологическому подходам, по нашему мнению, определяет то минимальное и достаточное значение толщины осадочного чехла, которое свидетельствует о необходимости и целесообразности проведения границы между открытыми и закрытыми системами. В данном случае это в полном мере относится к границе между открытым Уралом и собственно Западно-Сибирской плитой (ЗСП).

Для определения ее положения важно оценить размещение *линеаментов* (лат. lineamentum – линия, черта), дробящих ту или иную достаточно обширную территорию на геоблоки, которые могут иметь различную форму и по-разному сочетаться.

Подробный анализ **трансрегиональных линеаментов (ТРЛ)** в планетарном масштабе и для Сибири в частности выполнен В. С. Старосельцевым [14 и др.]. Так, он проводит меридиональные трансрегиональные линеаменты примерно на 60° (Ural), 75° (Indian-Ob), а также 105° (Taimyr) в. д. (рис. 1). Известны и многократно описаны в геологической литературе так называемые критические широты – 35 и 62° с. ш. Наконец, существенное значение имеют и диагональные ТРЛ, среди которых особенно выделяется Хатангско-Тургайский, «уходящий» своей северной частью в Хатангский, а южной – в Тургайский прогибы (см. рис. 1). Большое внимание этим ТРЛ, особенно для центральной части ЗСП, уделено В. Б. Писецким [11 и др.].

Дополнительно к Уральскому и Индо-Обскому ТРЛ нами выделен Краснolenинский региональный линеамент (РЛ). «Технически» он получен делением пополам расстояния между указанными ранее ТРЛ ( $14^\circ:2=7^\circ+60^\circ$  Ural = 67° в. д.). В то же время наличие этого РЛ хорошо подтверждается картой поверхности фундамента (консолидированной земной коры). Название данному РЛ

\*УГГУ (Екатеринбург); \*\*ЗапСибНИИГГ (Тюмень),  
\*\*\*Уралнедра (Екатеринбург); \*\*\*\*НИ ТПУ (Томск)



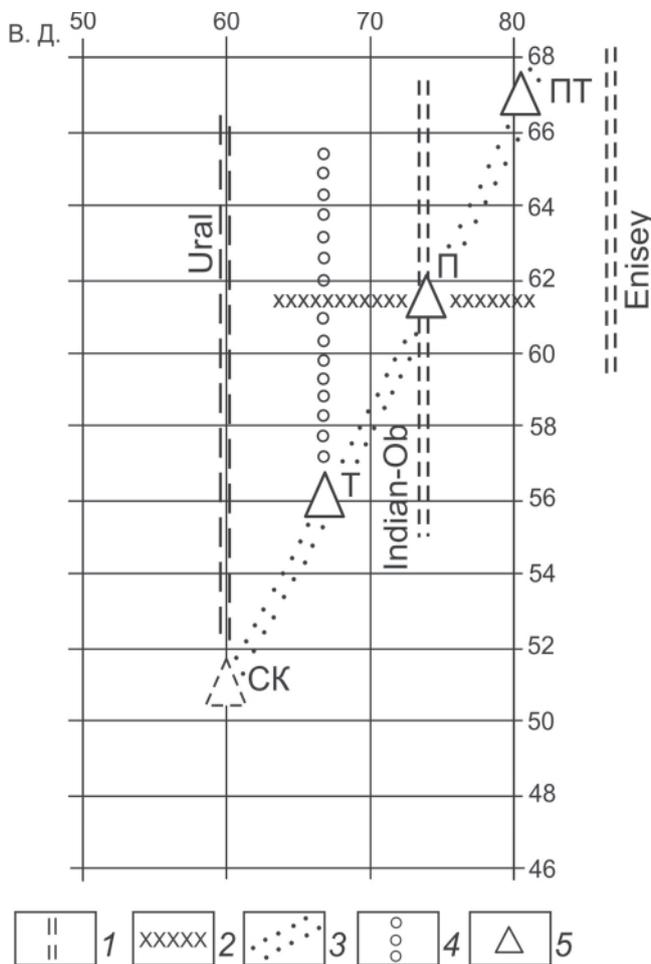
Сопоставление объектов геодинамических исследований

Геосферы [5]			Уровни организации [3]		
Ранг	Геосфера (h)	t, Ma	Группа	Ранг	Виды элементов
ГС-0	Вся Земля (6370 км)	1700	Планетарный		Земля
ГС-1	Вся мантия (2900 км)	650	Глобальная Геоструктурная	12	Сегменты планеты
ГС-2	Верхняя мантия (660–670 км)	175–200		11	Геосфера
ГС-3	Астеносфера + литосфера	?		10	Глобальные зоны геосфер
	ГС-3а (300–400 км)				
	ГС-3б (100–220 км)				
	ГС-3в (50–100 км)	?	7	Тектонические комплексы	
ГС-4	Осадочный чехол (1–5 км)				1–3**
ГС-5*	Изолированные депрессии, впадины (до 0,5–1 км)	До 5	5	Геоформации (свиты)	
			4	Наборы пород (литоциклы***)	
			3	Породы	
			2	Минералы	
			1	Молекулы	

\* Добавлен нами.

\*\* Обычно больше, в том числе значительно.

\*\*\* У автора – фации.

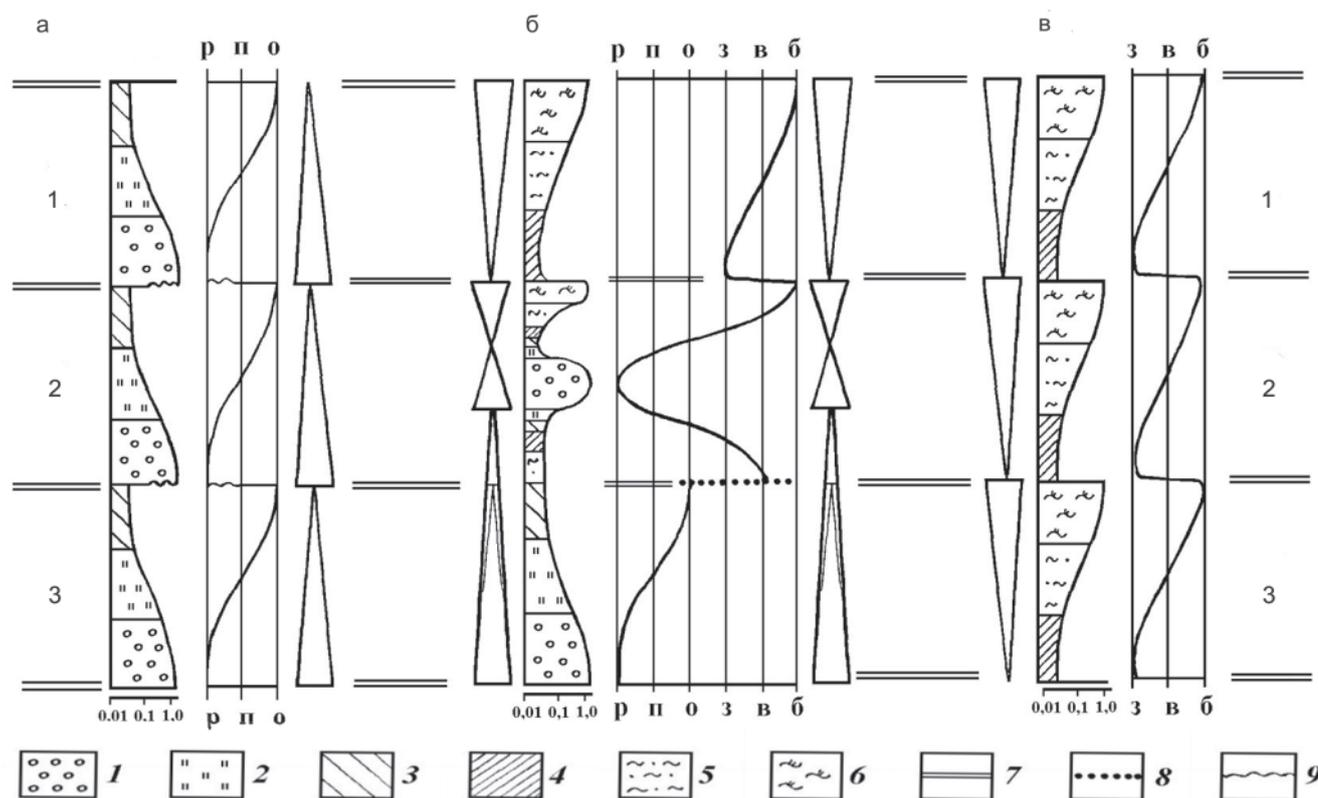


предлагается по одноименной НГО, связываемой с рифтом того же названия.

Места пересечения ортогональных и диагонального ТРЛ представляют собой вертексы (узлы схождения), показанные на рис. 1. Подчеркнем, что наши построения сводятся не к упрощенной геометризации по-разному выраженных на изучаемой территории систем нарушений, но к установлению структур с определенной самоорганизацией, проявленной для распознавания. Для подтверждения 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» [6]. Это высказывание, подтвержденное (в том числе экспериментально) в работе [5], свидетельствует об изначальной интерференции, а следовательно, нелинейности тектонических процессов, приводящих, в частности, к формированию осадочного чехла или геодинамических структур 4-го ранга (ГС-4). В свою очередь, ГС-4 определяется тер-

Рис. 1. Выделение и трансляция линеаментов

1 – меридиональные трансрегиональные линеаменты (ТРЛ); 2 – широтный Транссибирский ТРЛ; 3 – диагональный Хатангско-Тургайский ТРЛ; 4 – вновь выделяемый Красноленинский региональный линеамент (РЛ); 5 – вертексы (точки инверсии): ПТ – Пур-Тазовский, П – Приобский, Т – Тюменский, СК – Северо-Казхастанский



**Рис. 2.** Модельные представления о выделении и сопоставлении (корреляции) комплексов пород – литоциклов, циклитов [1]

1–6 – обстановки осадконакопления (палеоландшафты): 1 – русел равнинных рек (р), 2 – поймы речных долин (п), 3 – озерных водоемов (о), 4 – заливов и лагун (з), 5 – малоподвижного полуизолированного бассейнового мелководья, в том числе ваттов (в), 6 – активного прибрежного, в том числе барового бассейнового мелководья (б); 7 – границы литоциклов, выделяемые по направленности смены обстановок; 8 – трансгрессия (ингрессия) бассейна; 9 – эрозионный контакт; а–в – условные разрезы (колонки скважин): фациальный состав (палеоландшафты) показан в «поле» изменения гранулометрии (0,01–1,0 мм); справа от колонки – обобщающая фациальная кривая. 1–3 – литоциклы, выделенные по смене направленности обстановок осадконакопления (с трансгрессивной ветви на регрессивную); треугольники соответствуют циклитам Ю. Н. Карогодина, выделяемым по изменению гранулометрического состава: вершиной кверху – проциклит, вершиной книзу – рециклит, «песочные часы» – прорециклит

мофлюидной конвенцией в осадочном чехле [6], причем 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. Пуцаровский... и подтверждение чего содержится в результатах компьютерного моделирования...» [7].

Можно уверенно утверждать, что граница между Уральской складчатой системой и Западно-Сибирской плитой проводится именно по Красноленинскому РЛ. В данном случае мощность осадочного чехла на его пересечении с Транссибирским ТРЛ составляет около 2 км, что характерно для «нормального» строения многих осадочных бассейнов ранга ГС-4 (см. таблицу). В. С. Дружинин [7 и др.] «обоснована восточная граница собственно Уралид, которая до широты Тюмени совпадает с западной частью Тюменско-Кустанайского прогиба, а севернее испытывает ряд широтных перемещений в западном направлении; севернее широты 60° пограничная зона находится в пределах полосы 66–69° в. д., имея север-северо-

ро-восточное простирание. При этом Шеркалинская структура (прогиб) расположена в пограничной зоне между восточными структурами Уралид и Западно-Сибирского геоблока» [7]. Подобное заключение сделано на основании существенных отличий глубинного строения Уралид от основной части Западно-Сибирской платформы. Укажем также, что именно по траверсу Красноленинского РЛ проходит смена углов падения (инверсия) клиноформ неокома: с западных для основной части территории широтного Приобья на восточные для Приуральской зоны [12 и др.].

В статье [15] нами проанализированы вопросы, связанные с изменениями в строении осадочных толщ Западно-Сибирской и Туранской плит. При этом значительное внимание уделялось трансформации – **инверсии** в строении одних и тех же горизонтов. А. Л. Бейзелем установлено, что в направлении с юга на север от Обь-Иртышской континентальной и Ямало-Гыданской морской фациальных областей проциклиты меняются, инверсируют в рециклиты с соответствующим полярным смещением песчаных горизонтов [2]. Мы со значительной долей уверенности опре-

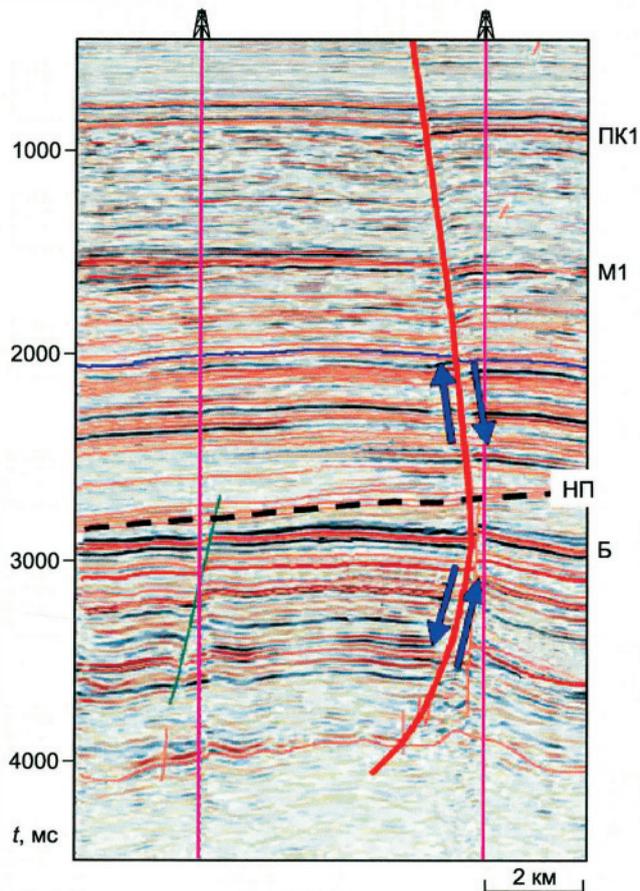


Рис. 3. Пример выделения «реверсного» разлома [4]

делили, что в южном направлении от Тургайской седловины закономерности в строении литоциклов и, соответственно, размещении коллекторов, характерные для Западно-Сибирской плиты, реализовывались в зеркальном отражении [15]. Таким образом, на Туранской плите с севера на

юг (с северо-востока на юго-запад) коллекторы в литоциклах должны перемещаться (по разрезу снизу вверх) из нижних частей в верхние, а по площади – «скользить» в том же или близком направлении, что в конкретных случаях будет контролироваться уже линейно-блоковым характером строения изучаемых территорий. В принципиальном модельном виде это показано на рис. 2, из которого следует, что в некоторых частях разреза неизбежно будет наблюдаться *инверсия* направленности развития отложений.

Все перечисленное находит подтверждение в «стыковке» тектонических и литологических представлений (см. таблицу), но для более низких рангов. Так, для Приобской площади, расположенной вблизи пересечения Транссибирского и Красноленинского РЛ, показан **реверсный** тип разлома, определяемый разнонаправленными движениями блоков по соотношению к нейтральной поверхности (НП) (рис. 3). Здесь «на уровне пластов ачимовской толщи смещение пластов нулевое, вверх по разрезу оно растет со сбросовой кинематикой и на уровне горизонта М1 (средний мел) составляет 40 м. Вниз по разрезу смещение также растет, но уже со взбросовой кинематикой и на уровне горизонта Б составляет 20 м. Следствием таких деформаций является разница в мощности толщи Б-М1 по разные стороны от сместителя в 60 м. С западной стороны разлома по баженовскому горизонту в кровле юры и нижележащим отложениям виден сброс, а по отражениям в меловой толще с этой же стороны имеет место взброс. Изменение мощностей по разные стороны реверсного разлома достигает 60 м. Не нарушенная вертикальным смещением граница (НП) проходит в толще клиноформенных ачи-

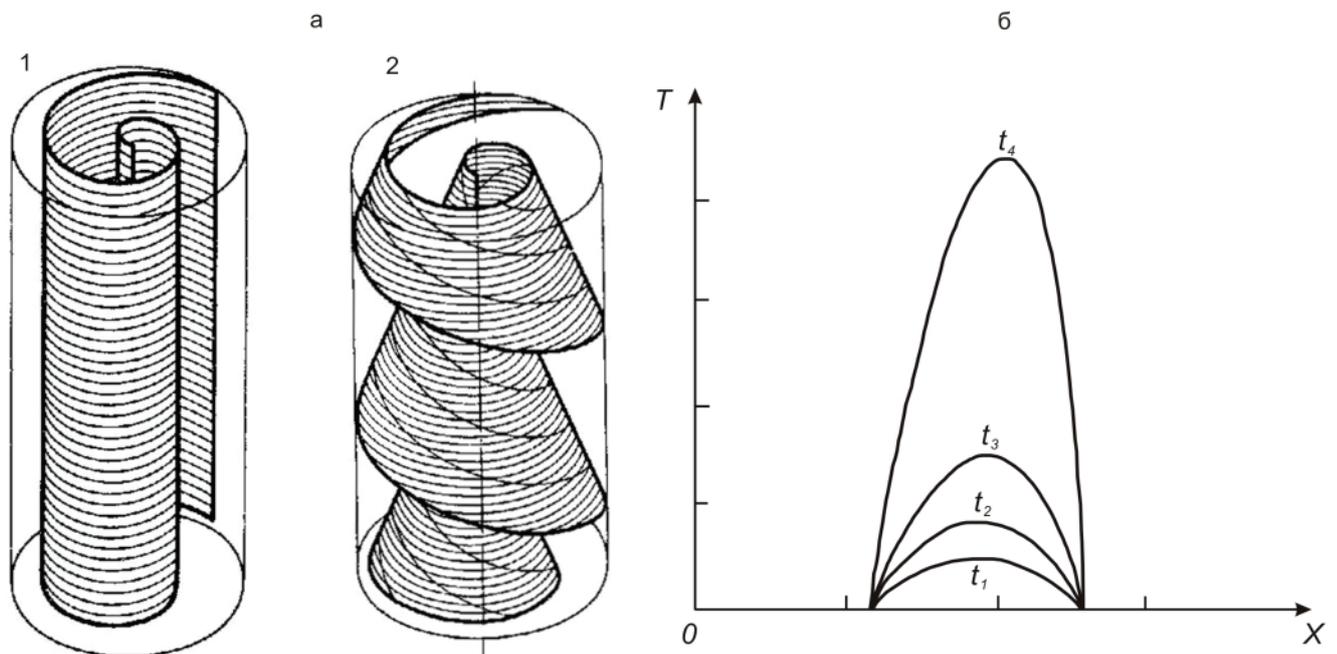
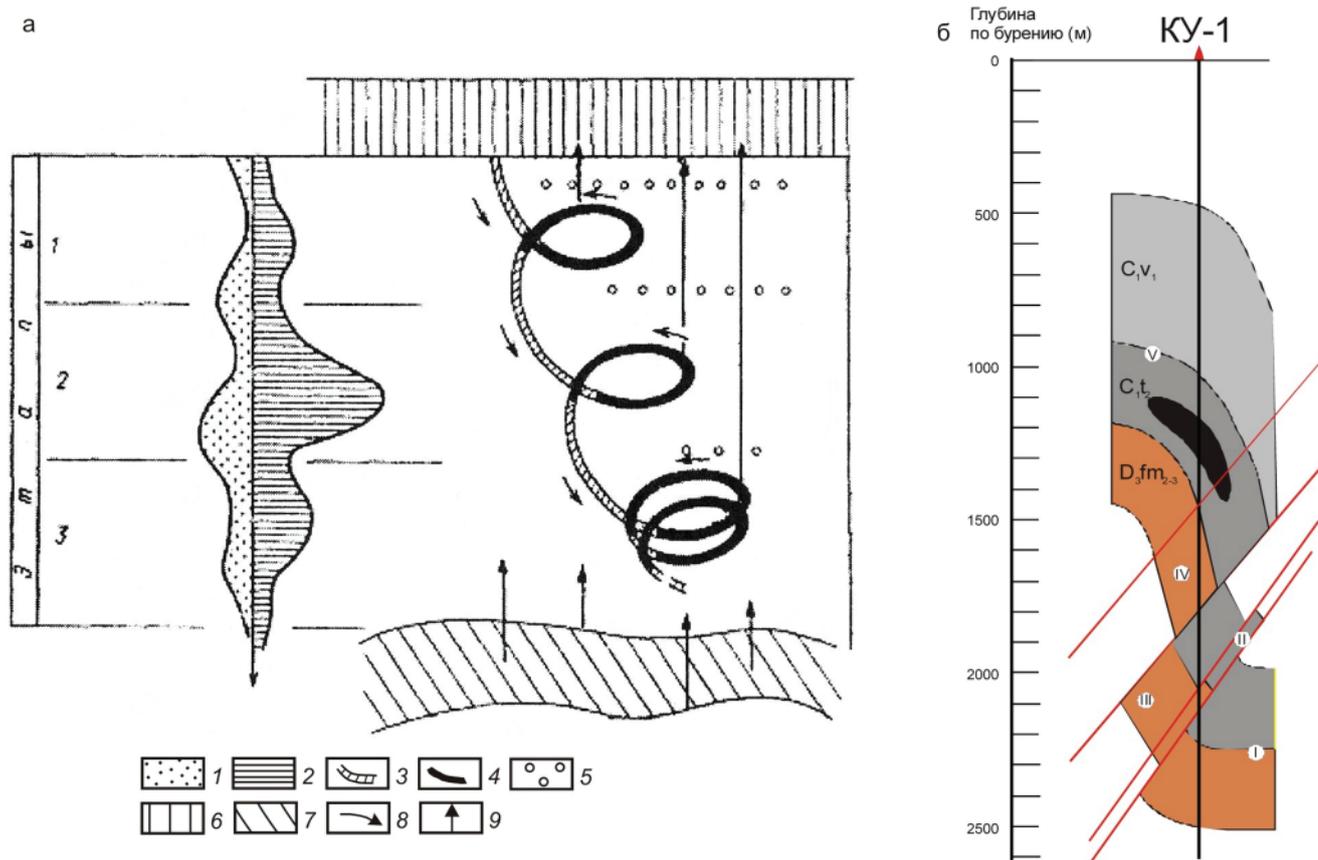


Рис. 4. Механизм формирования структур осадочного чехла в точках пересечения линеаментов  
а – вихревые структуры [10]: 1 – простой вихрь, 2 – скрученный вихрь; б – режим с обострением типа S («горения») [9], с локализацией его в некоторой области



**Рис. 5.** Примеры реализации вихревых структур для геологических объектов  
 а – схема деструкционно-синтезного процесса нефтегазообразования ([13], с сокращениями): 1 – газ, 2 – нефть, 3 – деструкционный подэтап, 4 – синтезирующий подэтап, 5 – залежи углеводородов, 6 – биосфера, 7 – земная кора, 8 – направленность преобразования органического вещества в углеводороды, 9 – направленность перемещения тепломассоносителей; б – разрез по параметрической Курган-Успенской скважине (КУ-1) [8]: схематическая реконструкция тектонического строения (черная заливка – тело базальтов и долеритов; римскими цифрами обозначены тектонические блоки)

мовских преимущественно глинистых отложений. Стрелками показаны направления смещения пород по обе стороны разлома.

Таким образом, по одну сторону плоскости реверсного разлома без нарушения последовательности залегания пластов и отсутствия перерывов осадконакопления происходит сокращение мощности за счет встречного движения блоков, пластического выдавливания и уплотнения пород. По другую сторону плоскости разлома за счет растяжения происходит нагнетание и разуплотнение пород» [4].

Описанный реверсный тип иллюстрирует инверсию в разрезе толщи на уровне литоциклов III порядка со средней толщиной около 100 м. В полностроенных толщах они соответствуют (примерно) подсвитам.

Приведенные примеры позволяют понять вероятные причины существующих невязок и являются основой для ревизии спорных вопросов при межскважинной корреляции горизонтов в зонах фациального замещения, выклинивания, реверсных разломов и внутри клиньев сжатия структур сдвиговых дислокаций. Иными словами, установление точек вертикальной («стратиграфической») инверсии дает возможность более точно корре-

лировать отложения в зонах их существенной изменчивости разного рода.

В перечисленных примерах речь шла в основном о «плоскостных» нарушениях, имеющих вид 2D. Естественно, что весьма интересен анализ структур на участках их пересечений, или **вертексах** (см. рис. 1). С общих позиций они представлены в виде линии (1D), однако детальное рассмотрение таких участков в 3D приводит к нестандартным выводам. На рис. 4, а приведено изображение автоволновых структур в трехмерных возбудимых средах [10]. При обычном вращении формируется простой вихрь с осью в виде прямой линии (1). При ее искривлении в окружность формируется вихревое кольцо, отражающее **пейсмейкер** (англ. *pace – темп, скорость; maker – создатель, творец*) – источник концентрически расходящихся волн. При скручивании простой волны вдоль вертикальной оси получается скрученный или спиралевидный вихрь (2). При этом каждый из витков спирали может быть соотнесен с одной из форм режимов с обострением (*blow up*) (см. рис. 4, б). К ним относятся режимы сверхбыстрого развития процесса, когда его характеристики практически неограниченно возрастают за конечное время, называемое временем обострения. Рассматриваемому нами механизму вполне



соответствует приведенный на рис. 4, б режим «горения», при котором на определенной стадии режим локализуется и развивается в некотором ограниченном пространстве. В работе [9] подчеркнуто, что буква S в названии режима удачно согласуется с термином «standing wave» – стоячая волна (англ.).

На рис. 5, а показана схема, иллюстрирующая автоколебательную модель нефтеобразования, предложенную Б. А. Соколовым [13 и др.]. Простое сравнение с моделью скрученного вихря (см. рис. 4, а2) показывает их принципиальное сходство, вплоть до витков спирали, отражающих этапы в развитии процесса. На рис. 5, б представлен один из примеров реализации процессов, приведенных нами в статье [8]: разрез по параметрической Курган-Успенской скв. 1, пробуренной в непосредственной близости от Тюменского вертекса ( $\approx 55^\circ$  с. ш. и  $66,5^\circ$  в. д.) (см. рис. 1). Установлено, что палеозойские отложения смяты во флексурообразную складку, разбитую крутыми взбросами. Предложенная интерпретация вполне соответствует модели скрученного вихря (см. рис. 4, а2), имея при этом преимущественно «тектоническую» природу. Немаловажно, что структура в целом формировалась вблизи крупного взброса (сброса?) [8], которым, вполне вероятно, и являлся Хатангско-Тургайский ТРЛ в точке своего пересечения с Красноленинским РЛ (см. рис. 1).

Подводя итоги, отметим существенное значение установленных закономерностей для целей поисково-разведочного процесса, особенно при корреляции сложно построенных толщ. Особо отметим следующее. Перечисленные *закономерности* отвечают явлениям бифуркации и гистерезиса, описываемым в режиме **синергетического мирозидения**. Они сводятся к скачкообразным изменениям состояния (в рассматриваемых случаях – инверсии в направленности характеристик объектов) при исчезающем малом изменении управляющего параметра. Именно обнаружение таких точек, линий и плоскостей должно стать главным объектом поисково-разведочного процесса на его ранних стадиях, а более поздние должны уже ориентироваться на выделение однородных блоков.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Алексеев, В. П.** Литологические этюды [Текст] / В. П. Алексеев. – Екатеринбург : УГГУ, 2006. – 149 с.
2. **Бейзель, А. Л.** Изменения интенсивности сноса осадков – основной фактор образования осадочных комплексов (на материале юры Западной Сибири) [Текст] / А. Л. Бейзель // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2006. – № 5–6. – С. 34–44.
3. **Вотах, О. А.** Структура вещества Земли [Текст] / О. А. Вотах. – Новосибирск : Наука, 1991. – 224 с.

4. **Гогоненков, Г. Н.** Сдвиговые деформации в чехле Западно-Сибирской плиты и их роль при разведке и разработке месторождений нефти и газа [Текст] / Г. Н. Гогоненков, А. И. Тимурзиев // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51, № 3. – С. 384–400.

5. **Гончаров, М. А.** Введение в тектонофизику : учеб. пособие [Текст] / М. А. Гончаров, В. Г. Талицкий, Н. С. Фролова. – М. : КДУ, 2005. – 496 с.

6. **Гончаров, М. А.** От тектоники литосферных плит – к геодинамике иерархически соподчиненных геосфер [Текст] / М. А. Гончаров // Отечественная геология. – 1999. – № 3. – С. 10–14.

7. **Дружинин, В. С.** Информация о строении земной коры – необходимый атрибут региональной нефтегазовой геологии (на примере Уральского региона) [Текст] / В. С. Дружинин // Отечественная геология. – 2009. – № 6. – С. 65–70.

8. **Инвариантность** механизма смятия осадочных толщ как проявление режима странного аттрактора [Текст] / В. П. Алексеев, Г. А. Мизенс, С. А. Рыльков [и др.] // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры (14-я науч.-практ. конф.). Т. 1. – Ханты-Мансийск : «Издательство НаукаСервис», 2011. – С. 186–194.

9. **Князева, Е. Н.** Синергетика: Нелинейность времени и ландшафты коэволюции [Текст] / Е. Н. Князева, С. П. Курдюмов. – М. : КомКнига, 2007. – 272 с.

10. **Лоскутов, А. Ю.** Введение в синергетику : учеб. руководство [Текст] / А. Ю. Лоскутов, А. С. Михайлов. – М. : Наука, 1990. – 272 с.

11. **Писецкий, В. Б.** Оценка перспектив нефтегазоносности восточных районов ХМАО на основе анализа региональных особенностей геодинамического состояния земной коры [Текст] / В. Б. Писецкий, Д. Г. Рещиков, О. И. Змановская // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры (11-я науч.-практ. конф.). Т. 1. – Ханты-Мансийск, 2008. – С. 140–150.

12. **Проблемы** нефтегазоносности клиноформных образований неокана Приуральской зоны Западной Сибири [Текст] / А. Р. Курчиков, В. Н. Бородин, Н. П. Шелихов, К. О. Забоев // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2010. – № 4. – С. 4–10.

13. **Соколов, Б. А.** Автоколебательная модель нефтеобразования [Текст] / Б. А. Соколов // Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология. – 1990. – № 5. – С. 13–16.

14. **Старосельцев, В. С.** Трансрегиональные линеаменты и движения плит [Текст] / В. С. Старосельцев // Разведка и охрана недр. – 2007. – № 8. – С. 15–20.

15. **Юрские** континентальные толщи Зауралья: критерии регионального прогноза положения песчаных горизонтов [Текст] / С. А. Рыльков, Е. С. Ворожев, Т. Ю. Медведева [и др.] // Состояние, тенденции и проблемы развития нефтегазового потенциала Западной Сибири : матер. междунар. академ. конф. – Тюмень, 2008. – С. 191–196.

© В. П. Алексеев, Е. С. Ворожев, С. А. Рыльков, О. С. Чернова, 2013