

7. **Изменение** строения и свойств углей при взаимодействии с водой / В.А.Сапунов, Т.Г.Шендрик, В.И.Саранчук, В.В.Симонова, И.В.Зверев // Сб. тезисов докладов II конференции по химии и технологии твердого топлива России и стран СНГ. — М., 1996. — С. 70–71.

9. **Взаимодействие** воды с метаном в породах антрацита / Е.Б.Винокуров М.С.Гаосян, С.Э.Сахаров // Химия тв. топлива, 1990. — № 6. — С. 117–124.

10. **Ножкин Н.В.** Способ дегазации угольных пластов, А.с.СССР №32439 опубл. БИ, 1972. — № 2.

© Сапунов В.А., Панов Б.С., Стариков Г.П., Купенко В.И., 2004

УДК 551.24:552.57:477.6

Канд. геол.-мин. наук ПРИВАЛОВ В.А. (ДонНТУ)

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗЛОМНО-БЛОКОВЫХ СТРУКТУР КАК РЕГУЛЯТОР ЛОКАЛЬНЫХ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК В СРЕДНЕМ КАРБОНЕ ДОНБАССА

Поиск закономерностей осадко- и угленакопления в карбоне Донбасса и их связей с древними тектоническими движениями и режимами — геологическая проблема с давней историей. Постановка и попытки решения этой важной теоретической, прикладной и по-прежнему актуальной в Донецком бассейне задачи объективно связаны со специфическим характером развития циклически построенных полифациальных толщ осадков, которые формировались на фоне исключительной выдержанности ряда стратиграфических горизонтов и поверхностей выравнивания. Толща среднего карбона Донбасса характеризуется ритмическим чередованием морских и континентальных отложений и содержит до 300 горизонтов крайних фаций — пластов известняков и углей [1,2].

В современной литературе [3,4] широко отмечается общность трансгрессивно-регрессивных событий каменноугольного времени, которые зафиксированы даже в географически удаленных регионах с различной тектонической специализацией. Причина этого явления кроется в глобальных гляцио-эвстатических колебаниях уровня Мирового океана. Подобная синхронизация внешних батиметрических событий трансрегионального уровня и аллоциклического осадконакопления зафиксирована, например, в пределах карбона Подмосковского угольного бассейна [5].

Между тем, для Донбасса характерны высокочастотная смена морских и континентальных фаций [1,2,6], волновой характер изменения мощности угольных пластов [5], локальные аномалии на картах изопахит в пределах отдельных тектонических структур и блоков [7–9]. Это объективно показывает, что динамика осадконакопления в Донбассе не может быть в полной мере объяснена гляцио-эвстатическим фактором и носит признаки автоциклическости. В частности, к выводам о значительном влиянии тектонических процессов на характер осадконакопления в Донецком бассейне пришли А.Изар и сотр. [5], анализируя численные характеристики ритмичности накопления толщ осадков.

По В.С.Попову [10,11] развитие фациальных обстановок, в том числе угленосных, в карбоне Донецкого бассейна происходило под контролем, главным образом, краевых разломов грабена, и в меньшей степени, поперечных разломно-блоковых структур фундамента.

В.Г.Белоконь [7] отмечает, что на протяжении каменноугольного времени в Донецком бассейне наблюдался сложный режим тектонических движений с неоди-

наковой скоростью погружения различных участков кристаллического основания. В качестве возможной причины локальной генерации колебаний уровня седиментационной поверхности в Донбассе В. Г. Белоконь [12] рассматривал ритмичную пульсацию продуктов дегазации мантии, в перераспределении энергии которой и создании динамических усилий в основании фундамента, основную роль играли линейные структуры категории глубинных разломов.

Различная скорость опускания блоков фундамента и связанное с этим формирование зачаточных пликативных структур и конседиментационных разрывов отмечается в работах Ю.Н.Нагорного и В.Н.Нагорного [13], Б.П.Кабышева [14], А.К.Михалева [8].

Н.А. Редичкин и В.К. Кабалов [15] при исследовании структурных особенностей и литолого-фациальных условий формирования карбона на севере Донецкого бассейна справедливо отмечают неравномерность каменноугольного осадконакопления в зоне Северо-Донбасского глубинного разлома, а также реконструируют направления трансгрессионных потоков, обходящих области локальных тектонических поднятий. Унаследованные в современном структурном плане эмбриональные конседиментационные поднятия, которые разделялись уже в процессе седиментации палеодепрессиями со следами морских глубоководных течений, установлены А.И. Резниковым и А.И. Лобановым [16] при анализе серпуховских и нижнебашкирских отложений в пределах кулисообразных антиклиналей Нагорного кряжа.

Н.И. Погребнов отмечает [17], что уже в среднем карбоне (башкирское время) Ровенецкое поднятие являлось своеобразным барьером между Восточным и Центральным Донбассом и оказывало влияние на палеогеографическую обстановку в бассейне. Перемещение узлов торфонакопления и существенные различия в характере фациальной обстановки по площади Донбасса, по мнению Н.И. Погребнова [17], связаны, как с неодинаковым расположением их относительно морского бассейна, так с различным характером тектонической обстановки отдельных участков.

Согласно результатам исследования А.И.Трегуба и сотр. [18] литоструктуры осадочного чехла древних платформ представляют собой результат интегрального воздействия многоуровневых тектонических напряжений. При этом «маятниковый» во времени характер развития трансгрессий — регрессий и кинематики разрывных нарушений в пределах Восточно-Европейской литосферной плиты определялся нестационарным режимом ее движения за счет различной инерционности неоднородностей литосферы [18].

В Донецком бассейне «маятниковый» характер седиментации значительно усложнялся за счет проявления неравномерных «клавишных» опусканий-подъемов в области накопления осадков и эти процессы отчетливо проявились даже на ограниченных по площади соседних участках [10,13].

В частности, дифференциальные тектонические движения по В.С. Попову [10] создавали чередование геоморфологически выраженных впадин и поднятий, различно влиявших на формирование пластов угля.

Локальность обстановок тектонических движений дифференцированных по знаку (поднятие-опускание) в процессе осадконакопления отражает, прежде всего, вариации напряженного состояния массива горных пород. В соответствии с многочисленными экспериментальными данными, а также натурными наблюдениями [19] инфраструктура областей локального растяжения (сбросовый и транстензионный типы поля напряжений) характеризуется преимущественным развитием локальных впадин. Здесь за счет проседаний по типу складок поперечного изгиба и опусканий блоков сбросового характера преобладает тенденция к локальному понижению от-

меток земной поверхности. Напротив, в областях локального сжатия (взбросовый и транспрессионный типы поля напряжений), за счет роста сводовых поднятий, взбросо-надвиговых воздыманий и смятия толщ формируется рельеф локального поднятия.

По мнению А.И.Трегуба и сотр. [19], изменения в режимах кинематики долгоживущих разломов фундамента, происходящие при изменениях ориентировки поля напряжений, неизбежно фиксируются в разрезе осадочного чехла. Кроме того, общий характер девиаторных напряжений в коре (и в осадочном чехле, в частности) изменяется от преобладающих растяжений (в начальных стадиях седиментационных циклов) до преобладающего сжатия (в их конце), что сопровождается инверсией движений в локальных структурах того или иного структурного этажа [19]. С нашей точки зрения справедливо и обратное утверждение о влиянии локального напряженного состояния на седиментационную цикличность.

Модель тектонической эволюции Донбасса, рассмотренная в работах [20,21], определяет группу мобильных секторов в осадочном чехле, границы которых определяются разломно-блоковой структурой фундамента (РБСФ). Наиболее крупными элементами РБСФ являются краевые и поперечные глубинные разрывы, а также состоящая из серии каскадно-примыкающих кулисообразных глубинных разрывов принципиальная дислокационная зона (ПДЗ) в осевой части бассейна [22]. В тектонофизическом отношении глубинные разрывы фундамента представляют собой объемные образования и характеризуются областью динамического влияния в осадочном чехле, чутко реагирующей на напряженно-деформированное состояние инфраструктуры РБСФ.

В условиях многократных сдвиговых подвижек вдоль ПДЗ, вращательных движений мегаблока Донбасса и отдельных структурных единиц РБСФ в осадочном чехле Донецкого бассейна периодически возникали ограниченные по площади области дилатационных и компрессионных эффектов. Они фиксировали, соответственно, обстановки локального растяжения и сжатия, что находило отражение в палеорельефе и вносило коррективы в древние географические ландшафты.

Неслучайно, выделенные в составе ПДЗ разномасштабные структуры «присдвигового растяжения» — пулл-апараты (pull-apart basins) [2], сформировавшиеся на участках изгиба или кулисного перекрытия активных сдвигов, обычно ассоциируются в геоморфологии с поверхностными впадинами. Следует отметить, что смена знака сдвиговой подвижки может привести к трансформациям этих тектонических элементов в структуры «присдвигового сжатия» — (push-up structures) [23,24], которые формируют в рельефе поднятия.

В настоящей публикации исследование влияния напряженного состояния РБСФ на локальные палеогеографические обстановки и угленосность среднего карбона Донбасса проводится с использованием методики, изложенной в работе [20]. В основе методики лежат расчеты и анализ распределения по площади бассейна показателя $D_{\text{лок}}$, отражающего средний батиметрический уровень бассейна седиментации для временных интервалов, соответствующих свитам карбона. Параметр $D_{\text{лок}}$ как функция геологического времени t определялся в отдельных геологических районах на основе опубликованных баз данных [1,2] по формуле

$$D_{\text{лок}}(t) = C(t) - L(t), \quad (1)$$

где $C(t)$ — отношение суммарной мощности угольных пластов к мощности свиты, %; $L(t)$ — отношение суммарной мощности пластов известняков к мощности свиты, %.

Показатель $D_{\text{лок}}$ представляет собой суммарный сигнал влияния на обстановки осадконакопления глобальных гляцио-эвстатических колебаний уровня Мирового океана, региональных внутриплитных напряжений и локальных дифференцированных тектонических движений. В относительных координатах увеличение $D_{\text{лок}}$ свидетельствует об обмелении локального участка бассейна осадконакопления, напротив уменьшение $D_{\text{лок}}$ — аргумент в пользу углубления локального участка бассейна осадконакопления. На рис. 1 представлены результаты расчетов параметра $D_{\text{лок}}(t)$ для ряда геологических районов Донбасса.

Показатель $D_{\text{рег}}(t)$ был получен путем суммирования значений $D_{\text{лок}}(t)$ и таким образом характеризует весь Донбасс (рис. 2).

При протекании процессов осадконакопления в пределах отдельных районов имели место трендовые (низкочастотные), ритмические (среднечастотные) и шумовые (высокочастотные) компоненты. Процедура суммирования локальных сигналов $D_{\text{лок}}(t)$ приводит к эффекту взаимного подавления высоко- и среднечастотных составляющих, поэтому в суммарном сигнале $D_{\text{рег}}(t)$ отражается, главным образом, трендовая компонента.

Анализ графика $D_{\text{рег}}(t)$ (рис.1) показывает, что в средне- и позднебашкирское время (свиты $C_2^1-C_2^4$) имел место замкнутый седиментационный цикл первого порядка с общей регрессивной тенденцией (далее регрессионный цикл), в то время как в московское время (свиты $C_2^5-C_3^1$), — замкнутый седиментационный цикл первого порядка с общей трансгрессивной тенденцией (далее трансгрессивный цикл).

Полученные выводы удовлетворительно согласуются со сценарной моделью периодического таяния — намерзания ледниковой шапки континента Гондваны [4], согласно которой выделяются башкирский ледниковый и московский межледниковый эпизоды. Однако, вряд ли, влияние этих событий сыграло доминирующую роль в процессах осадконакопления располагавшегося на протяжении карбона в экваториальных широтах Донецкого бассейна.

Взаимную смену режима регрессионного — трансгрессионного циклов мы увязываем со сменой ориентировки компонент тензора напряжений и изменением знака сдвиговых и вращательных деформаций в пределах мегаблока Донбасса. Пики регрессий-трансгрессий приходятся на временные интервалы $C_2^2-C_2^3$ и C_2^7 , соответственно, в то время как граница перехода заключительного этапа регрессионного цикла в начальную стадию трансгрессионного цикла относится ко времени формирования свиты C_2^5 . К этому же временному интервалу (свита C_2^5) относится в Донецком бассейне абсолютный максимум изменчивости литологических типов горных пород (палеогеодинамической активности по терминологии Ю.С. Рябоштана).

На фоне преобладания в разрезе среднего карбона Донбасса олигомиктовых толщ осадочных пород, образующихся в периоды относительно медленного подъема областей сноса относительно участков седиментации, т.е. при спокойном тектоническом режиме, именно для свит $C_2^2-C_2^3$, C_2^5 и C_2^7 характерно наличие интервалов полимиктовых песчаников [2,11]. Появление полимиктовых, с высоким содержанием полевых шпатов, толщ в разрезе является свидетельством контрастных тектонических движений, которые сопровождалась быстротечными процессами разрушения, смыва и захоронения осадков, что и обеспечило высокую степень сохранности даже химически неустойчивых минералов.

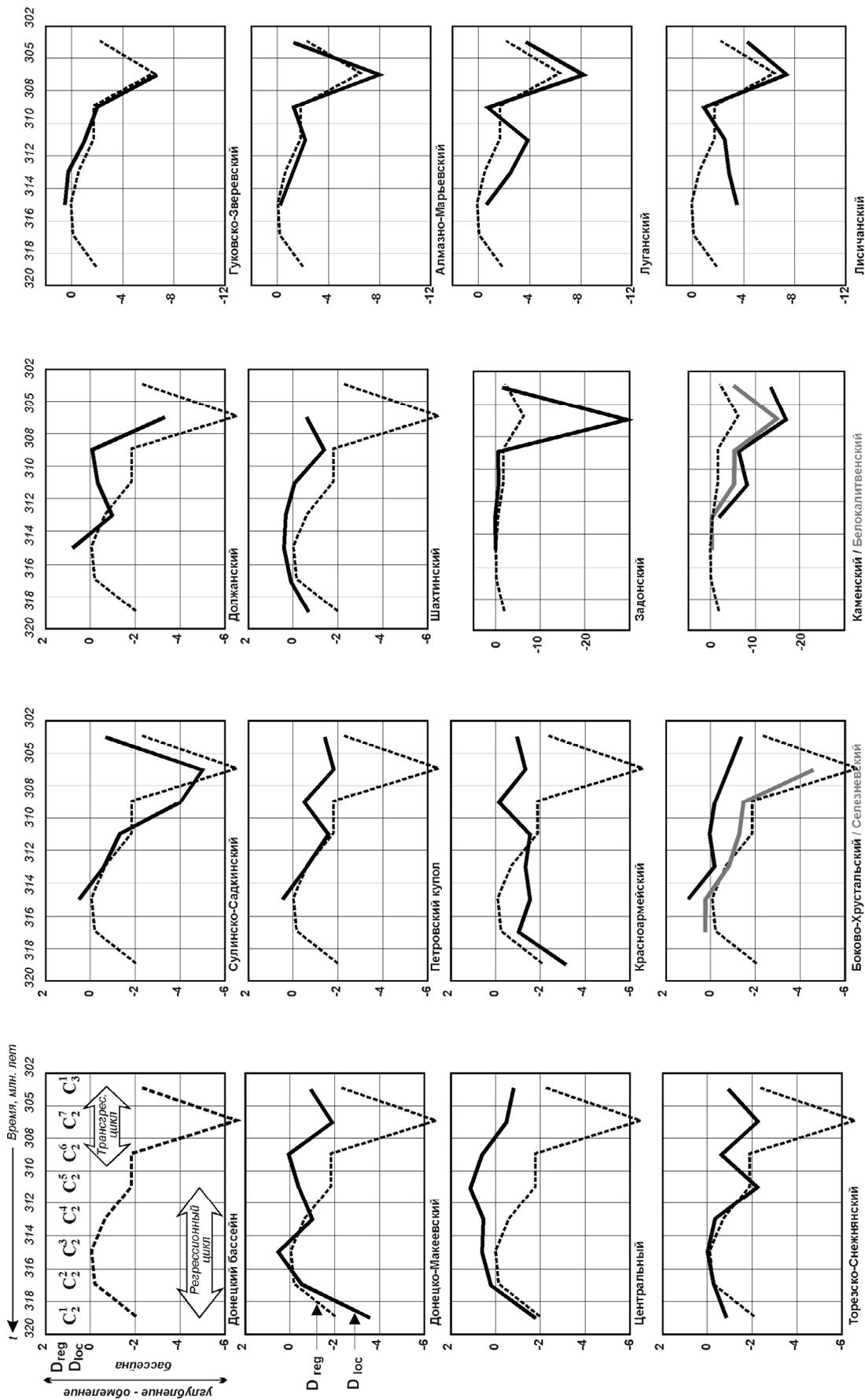


Рис.1. Графики показателей $D_{reg}(t)$ и $D_{loc}(t)$, отражающих средние батиметрические уровни бассейна седиментации в среднекаменноугольное время соответственно для всего Лонецкого бассейна и его отдельных геологических районов

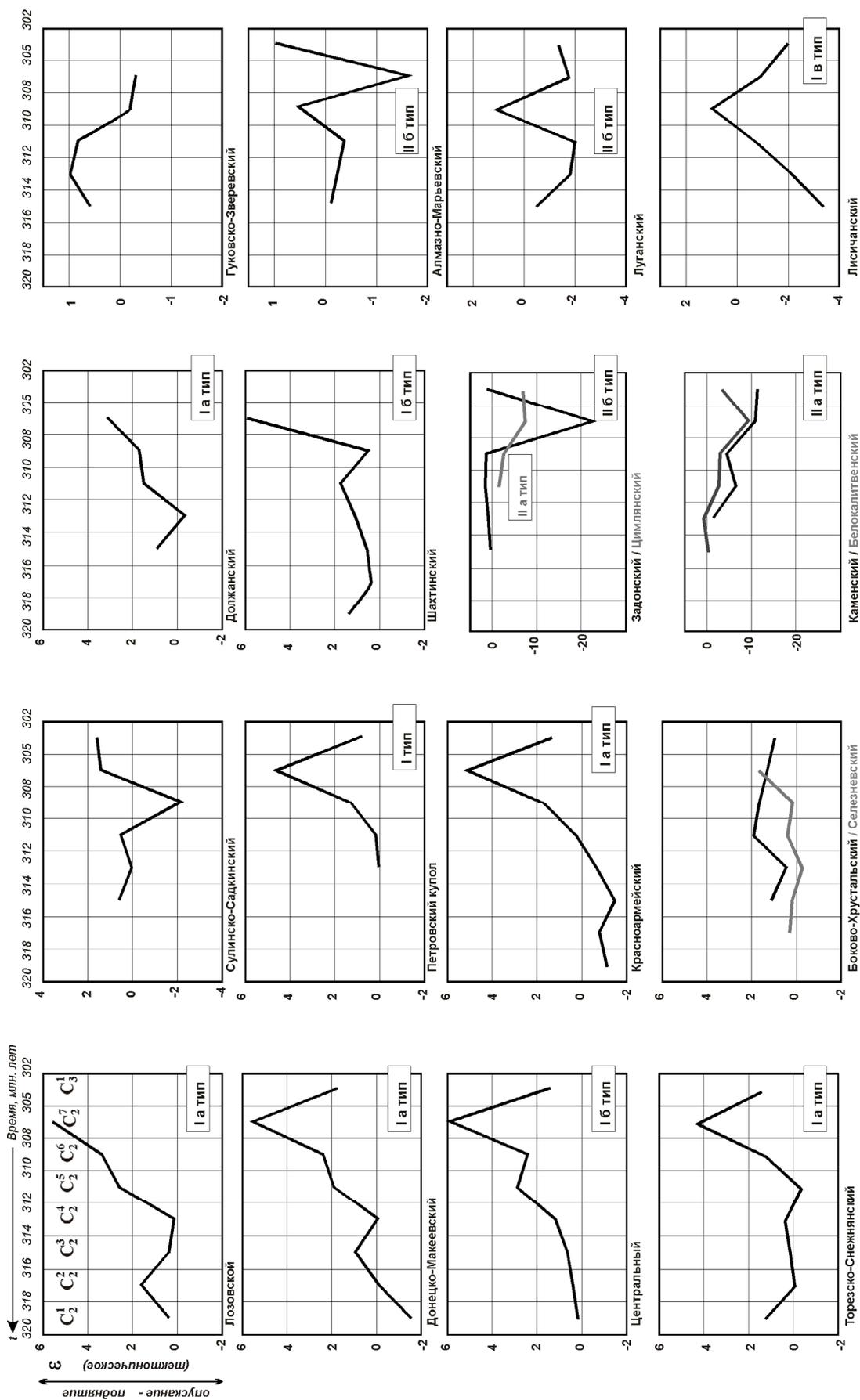


Рис.2. Графики показателя локальных вертикальных тектонических движений $\epsilon(t)$ в среднекаменноугольное время для отдельных геологических районов Донбасса

Полученные результаты согласуются с данными анализа литолого-фациальной характеристики разреза угленосных отложений [6], согласно которым:

1) башкирский цикл состоит из регрессивного интервала (F_1-H_1), на протяжении которого тонкозернистые относительно глубоководные морские осадки сменяются все более мелкозернистыми разностями с развитием лагунных фаций, и трансгрессивного интервала (H_4-K_1) с широким развитием морских осадков и грубозернистого песчаного материала руслового аллювия и подводных выносов рек;

2) для свиты C_2^5 отмечается резкое усиление роли грубообломочного песчано-гравийного материала, представленного русловым аллювием многоярусного характера с большим количеством эрозионных размывов;

3) московский цикл состоит из трансгрессивной части (верхняя часть свиты C_2^5 , свиты C_2^6 и C_2^7), в пределах которой наблюдается постепенное уменьшение грубозернистого аллювиального материала и увеличение морских осадков, и регрессивного интервала (N_1-N_4) алеврито-глинистых пород с морской фауной.

При сопоставлении графиков $D_{лок}(t)$ и $D_{рег}(t)$ прослеживаются пространственно-временные вариации локальных батиметрических уровней на фоне региональной трендовой составляющей (рис. 2), которые существенно зависят от местоположения геологических районов относительно выделенных ранее в контексте РБСФ отдельных глубинных разломов [20]. В частности, в расположенных над поперечными глубинными разломами районах, например, Донецко-Макеевском, Красноармейском, Торезско-Снежнянском, отмечаются малоамплитудные, но частые осцилляции параметра $D_{лок}(t)$. В зонах влияния краевых разломов на севере (Луганский, Лисичанский, Каменский, Белокалитвенский районы) и юге бассейна (Задонский район) размах и период колебаний показателя $D_{лок}(t)$ — значительно выше.

Поскольку поведение функции $D_{рег}(t)$ контролируют глобальные гляцио-эвстатические процессы и внутриплитные напряжения трансрегионального масштаба, величины отклонений локальных батиметрических уровней $D_{лок}(t)$ от регионального трендового уровня $D_{рег}(t)$ могут рассматриваться в качестве сигналов, отражающих локальную тектоническую обстановку в пределах ограниченных по площади геологических районов на момент времени t .

Величины отклонений $\varepsilon(t)$ определялись по формуле

$$\varepsilon(t) = D_{лок}(t) - D_{рег}(t) \quad (2)$$

и послужили основой для построения графиков локальных вертикальных тектонических движений $\varepsilon(t)$ в геологических районах (рис. 2), а также для сопоставления значений $\varepsilon(t)$ на разных участках Донбасса между собой и с региональными тенденциями $D_{рег}$ (расчетные значения коэффициентов корреляции R приведены в таблице).

Результаты построений и расчетов не только наглядно иллюстрируют пространственную изменчивость степени дифференциации тектонических движений, но и позволяют объективно констатировать закономерность наличия в пределах Донбасса двух групп секторов, которые:

1) развивались в противофазном по отношению друг к другу колебательном режиме (типы кривых $\varepsilon(t)$ — I и II; коэффициенты корреляции между ними $R_{I-II} = -0,66 \dots -0,98$);

2) испытывали по отношению к региональной составляющей колебаний дополнительные вертикальные синфазные движения (II тип кривой $\varepsilon(t)$, $R_{рег-II} = +0,86 \dots +0,96$) или противофазные движения (I тип кривой $\varepsilon(t)$, $R_{рег-I} = -0,71 \dots -0,97$).

Таким образом, можно считать доказанным факт существования на отдельных участках Донбасса разнонаправленных вертикальных тектонических движений кла-

вишнего типа, которые приводили к локальным эффектам усиления или гашения региональных колебательных движений, формированию в области осадконакопления ограниченных батиметрических аномалий.

Таблица. Матрица коэффициентов корреляции между кривыми локальных вертикальных тектонических движений $\varepsilon(t)$ в пределах геологических районов: (Ка — Красноармейского; ДМ — Донецко-Макеевского; ТС — Торезско-Снежнянского; Цн — Цетрального; Шх — Шахтинского; Лз — Лозовского; Лс — Лисичанского; Лг — Луганского; СС — Сулино-Садкинского; Зд — Задонского; АМ — Алмазно-Марьевского; БК — Белокалитвенского; БХ — Боково-Хрустальского; КД — Краснодонского; Км — Каменского; Пт — Петровского; Тц — Тацинского; ГЗ — Гуково-Зверевского; Дл — Должанского; Сл — Селезневского), а также региональной составляющей колебаний $D_{\text{рег}}(t)$ в Донцком бассейне (ДБ). Серым и черным цветами выделены районы, соответственно, с I и II типами кривой $\varepsilon(t)$.

	ДБ	Ка	ДМ	ТС	Цн	Шх	Лз	Лс	Лг	СС	Зд	АМ	БК	БХ	КД	Км	Пт	Тц	ГЗ	Дл	Сл
ДБ	1	-0,86	-0,71	-0,95	-0,8	-0,97	-0,74	-0,22	0,33	-0,5	0,94	0,88	0,9	-0,08	-0,47	0,86	-0,97	0,52	0,64	-0,77	-0,93
Ка		1	0,92	0,87	0,93	0,85	0,96	0,56	-0,07	0,17	-0,87	-0,66	-0,97	0,32	0,11	-0,89	0,94	-0,76	-0,87	0,91	0,87
ДМ			1	0,7	0,94	0,76	0,92	0,45	-0,06	0,28	-0,88	-0,69	-0,95	0,47	0,06	-0,96	0,94	-0,84	-0,82	0,97	0,9
ТС				1	0,75	0,87	0,74	0,28	-0,05	0,27	-0,94	-0,71	-0,85	0,02	0,29	-0,75	0,95	-0,54	-0,8	0,74	0,85
Цн					1	0,88	0,92	0,48	-0,29	0,36	-0,88	-0,77	-0,98	0,4	0,25	-0,98	0,93	-0,74	-0,69	0,93	0,88
Шх						1	0,75	0,13	-0,49	0,63	-0,97	-0,95	-0,88	0,11	0,57	-0,88	0,9	-0,46	-0,49	0,74	0,92
Лз							1	0,66	0,01	0,09	-0,76	-0,55	-0,98	0,57	-0,12	-0,94	0,89	-0,92	-0,87	0,94	0,88
Лс								1	0,37	-0,6	-0,08	0,16	-0,53	0,64	-0,92	-0,23	0,14	-0,76	-0,65	0,5	0,11
Лг									1	-0,79	0,29	0,44	0,01	0,27	-0,86	0,19	-0,02	-0,38	-0,55	0,11	-0,22
СС										1	-0,4	-0,27	0,11	-0,31	0,86	-0,54	0,42	0,05	0,18	0,26	0,58
Зд											1	0,8	0,77	-0,07	-0,5	0,84	-0,96	0,48	0,62	-0,74	-0,94
АМ												1	0,81	-0,13	-0,76	0,75	-0,74	0,22	0,22	-0,54	-0,83
БК													1	-0,55	-0,07	0,95	-0,92	0,85	0,79	-0,98	-0,98
БХ														1	-0,65	-0,51	0,12	-0,81	-0,38	0,63	0,32
КД															1	-0,39	0,14	0,52	0,33	-0,13	0,28
Км																1	-0,59	0,47	0,65	-0,95	-0,97
Пт																	1	-0,66	-0,81	0,84	0,94
Тц																		1	0,82	-0,94	-0,72
ГЗ																			1	-0,82	-0,69
Дл																				1	0,92
Сл																					1

Сопоставление пространственных координат районов, испытывавших вертикальные тектонические движения в противофазном режиме (типы кривых $\varepsilon(t)$ -I и II), показывает, что их местоположение удовлетворительно согласуется с моделью миграции во времени и пространстве секторов локального растяжения и сжатия, как результата присдвиговых и вращательных деформаций [20,21].

В частности, в соответствии с выводами работ [20,21], практически диаметрально противоположные тектонические режимы зафиксированы на юго-западном и северо-западном флангах Донецко-Кадиевского глубинного разлома (типы кривых $\varepsilon(t)$: I — Донецко-Макеевский район, II — Алмазно-Марьевский район; $R_{I-II} = -0,69$).

Даже в пределах однотипных кривых $\varepsilon(t)$ прослеживаются вариации напряженного состояния, по-видимому, связанные с явлениями аккумуляции — разрядки энергии упругих деформаций в пределах отдельных доменов РБСФ (рис. 3). В частности, кривая типа I б отличается от кривой типа I а, характерными предваряющими основное воздымание в московское время (C_2^7), пульсационными вертикальными

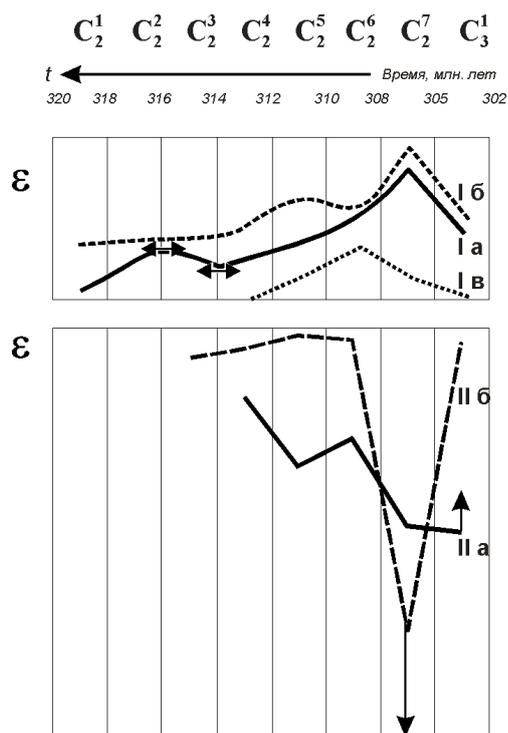


Рис. 3. Характерные типы кривых локальных вертикальных тектонических движений $\varepsilon(t)$

Следует отметить, что напряженное состояние РБСФ оказывало регуляторное влияние и на формирование угленосности в бассейне. Сопоставление палеогеографических карт (рис. 4) с построенной картограммой распространения угольных пластов с балансовыми запасами (рис. 5) показывает, что в пределах областей умеренных конседиментационных тектонических поднятий создаются наиболее благоприятные условия для формирования промышленной угленосности.

Процесс формирования ритмично построенной угленосной формации среднего карбона происходил в условиях быстрой смены палеогеографических обстановок, когда неглубокое открытое море (известняки) уступало место прибрежным условиям (псаммиты, угли). На фоне региональных пространственно-временных тенденций распределения трансгрессионных потоков для формирования угленосности важную роль играл характер трансгрессий. Импульсы высокоэнергетических трансгрессий уничтожали континентальные отложения, способствовали переносу обломочного материала на значительные расстояния, выполнению осадками самых удаленных частей бассейна.

Промежутки низкоэнергетических трансгрессий (ингрессий) приводили к ослаблению эрозионных процессов, обводнению прибрежных равнин при удаленном положении волнолома от береговой линии, вследствие чего при благоприятных климатических и биотических режимах создавались условия для накопления органики.

Стабильно хорошие условия для угленакопления на протяжении среднекаменноугольного времени имели место в Центральном районе, где в области современной Главной антиклинали существовало слабовыраженное пульсирующее поднятие над Центральным глубинным разломом. Механизм его формирования в башкирское время следует связывать с предельно слабым воздыманием слоев в надразломной зоне по типу складок продольного изгиба в трансгрессионном поле напря-

тектоническими колебательными движениями (положительными — C_2^5 , отрицательными — C_2^6) и характерна для фрагментов центрального комплекса глубинных разломов между пулл-апартами. В испытывавшем умеренные инверсионные движения на заключительных стадиях герцинского тектонического цикла и поэтому сохранившего разрезы среднекарбонных отложений пулл-апарте *РА5* (Задонский район), отмечается тип кривой II б, отличающийся от II а, более резким характером проседания поверхности осадконакопления (углубления бассейна) во временном интервале C_2^7 .

Результаты расчетов интенсивности локальных тектонических движений $\varepsilon(t)$ послужили основой для реконструкции палеогеографических обстановок для башкирской (временной интервал C_2^3 , рис. 4 а) и московской (временной интервал C_2^7 , рис. 4 б) эпох. Их сопоставление с распределением секторов локального растяжения — сжатия для этих эпох [20,21] показывает, что трансгрессионные потоки устремлялись в гипсометрически пониженные области локального растяжения и стремились обойти слабо выраженные поднятия в областях локального сжатия.

жений при СВ-ЮЗ ориентировке сжимающих усилий [20,21]. Напротив, в московское время, при смене ориентировки вектора сжатия на СЗ-ЮВ румбы [20,21] в условиях транспрессионного поля напряжений и правосдвиговой активизации принципиальной дислокационной зоны происходили взаимосвязанные процессы:

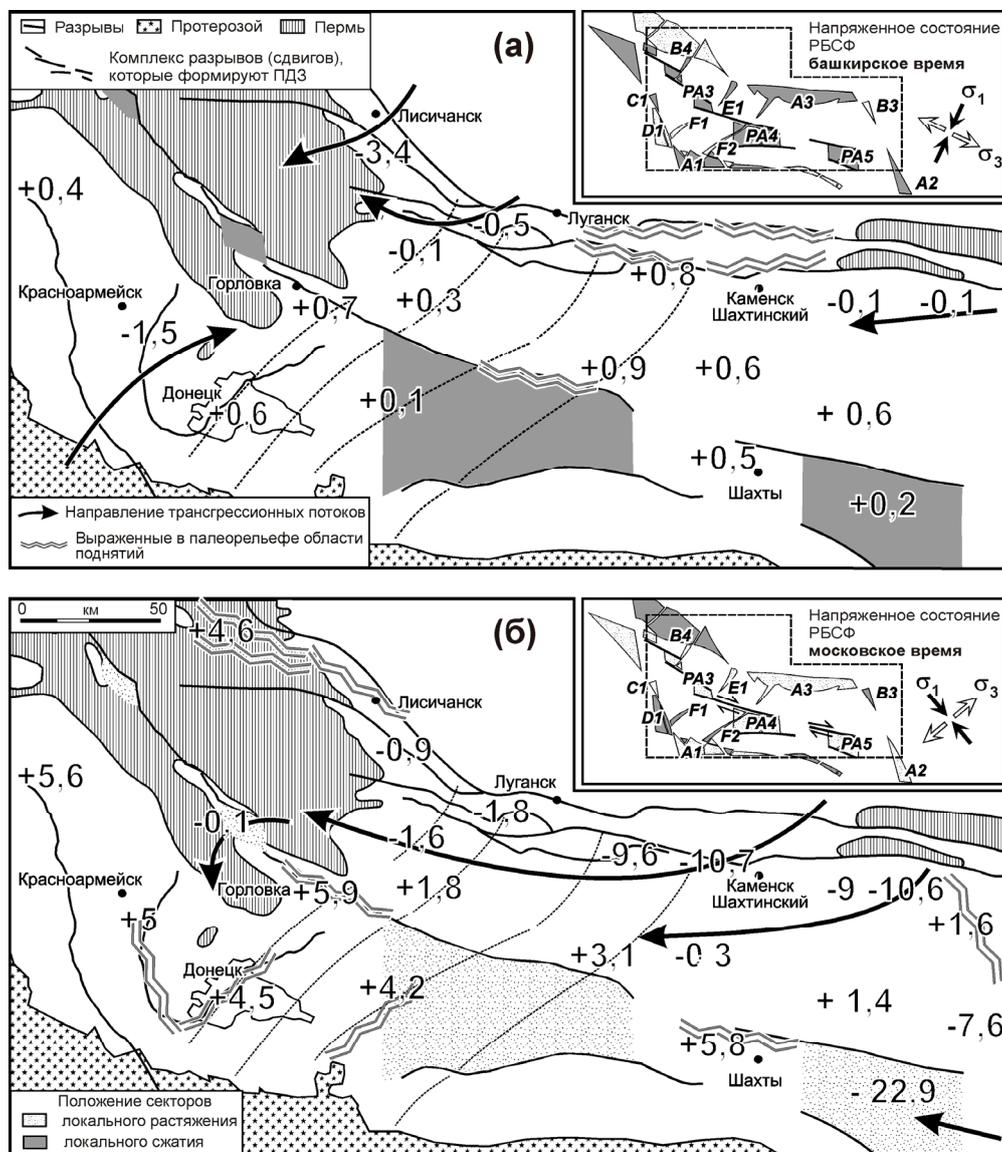


Рис. 4. Реконструкции палеогеографических обстановок для эпох: **а** — башкирской (временной интервал C_2^3); **б** — московской (временной интервал C_2^7). Цифрами показаны относительные величины локальных вертикальных тектонических движений ϵ . На врезках показаны схемы напряженного состояния разломно-блоковой структуры фундамента (РБСФ) для башкирской и московской эпох (соотношение главных нормальных напряжений $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$)

1) дилатационного присдвигового раскрытия и проседания пулл-апартов и связанной с этим миграции области наибольшего прогибания бассейна к югу от современной Главной антиклинали (вдоль оси, соединяющей центры наиболее крупных присдвиговых ванн PA_3 , PA_4 , PA_5);

2) фрикционного зацепления и более выраженного, по сравнению с башкирским временем, подъема фрагментов на сочленении пулл-апартов за счет неравномерного сдвигания в условиях дефицита пространства.

Следует отметить, что эффекты относительного подъема одних участков и подъема других в области современной Главной антиклинали носили ограниченный по площади малоамплитудный характер, однако все же нашли отражение в характере распределения мощностей свит среднего карбона [7,8,9,25]. В частности, в восточной части пулл-апарта *РАЗ* на картах изопахит, построенных В.Н. Нагорным и Ю.Н. Нагорным [9], наблюдаются изолированные минимумы мощностей свит C_2^3 и C_2^4 и слабые максимумы для свит C_2^5 , C_2^6 , C_2^7 , что согласуется с моделью напряженного состояния РБСФ. На карте изопахит свиты C_2^6 по построениям А.К. Михалева [8] современная Горловская антиклиналь выглядит в виде характерного минимума мощностей (<300 м) на фоне тенденции к возрастанию мощности при приближении к присдвиговым ваннам (пулл-апартам) *РАЗ* (~320 м) и *РА4* (>360 м). На этой же карте изопахит, отчетливо прослеживается локальный минимум мощностей в зоне флексурных складок Донецко-Макеевского района на юго-западной периферии Донецко-Кадиевского глубинного разрыва (сектор *FI*). Подобное уменьшение мощностей прослежено в этом районе и по свитам C_2^5 [7] и C_2^7 [25], что также согласуется с моделью напряженного состояния РБСФ для этого московского временного интервала (рис. 4 б).

Таким образом, тектоническая составляющая колебаний как функция от напряженного состояния массива оказывала влияние на глубины бассейна седиментации в пределах отдельных элементов РБСФ. Свидетельства колебаний батиметрических уровней бассейна седиментации могут быть получены и с использованием других методов анализа исходных материалов.

В частности в работах [20,21] отмечались различия в напряженном состоянии между секторами *DI* (Красноармейский и Селидовско-Кураховский районы), *FI* (Донецко-Макеевский район), с одной стороны, и сектором *CI* (Добропольский район), с другой стороны. Небольшая площадь сектора *CI* не позволяет в полной мере реализовать приведенный выше подход к выделению тектонической составляющей колебаний $\varepsilon(t)$ и требует более тонкой процедуры для диагностики батиметрических аномалий в этом районе. В работе Р. Саксенхофера и сотр. [26] реконструируются палеоэкологические обстановки формирования угольных пластов в юго-западной части Донбасса с использованием углепетрографических данных.

На основе детального изучения мацерального состава пластов угля в секторах *DI* (шх. Южно-Донбасская №1 — пл. c_{10}^2 ; шх. Южно-Донбасская №3 — пл. c_{11} ; шх. Центральная — пл. k_7 ; шх. Димитрова — пл. l_1 ; шх. Новгородовская — пл. l_1), *FI* (шх. 13-бис — пл. l_1 ; шх. Бажанова — пл. m_3 ; шх. Бутовка Донецкая — пл. n_1) и сектора *CI* (шх. Белозерская — пл. l_3 ; шх. Алмазная — пл. l_3 , m_5^B ; шх. Белицкая — пл. m_2) произведены расчеты гелификационного GI и вегетационного VI индексов [26].

Индекс GI [27] представляет собой соотношение гелифицированных и фюзенизированных микрокомпонентов угля

$$GI = (\text{витринит} + \text{макринит}) / (\text{фюзинит} + \text{инертодетринит}) \quad (3)$$

и поэтому дает представление о степени обводненности (среднем батиметрическом уровне) торфяника.

Индекс VI [28] является относительной оценкой соотношения мацералов двух групп [29], представляющих собой, соответственно, остатки флористических комплексов древесной и субаквально-травянистой растительности

$$VI = (\text{телинит} + \text{телоколлинит} + \text{фузинит} + \text{семифузинит} + \text{суберинит} + \text{резинит}) / (\text{десмоколлинит} + \text{витродетринит} + \text{инертодетринит} + \text{альгинит} + \text{липтодетринит} + \text{споринит} + \text{кутинит}). \quad (4)$$

Графическое представление результатов расчетов индексов {VI; GI} приведено на рис. 6 и позволяет:

- 1) восстановить тенденции в изменении палеоклимата в каменноугольное время;
- 2) диагностировать для московской эпохи большие батиметрические уровни торфяников в секторе *C1* по сравнению с секторами *D1* и *F1* при сходном характере растительности в обоих секторах, что согласуется с моделью напряженного состояния РБСФ для этого временного интервала [20,21].

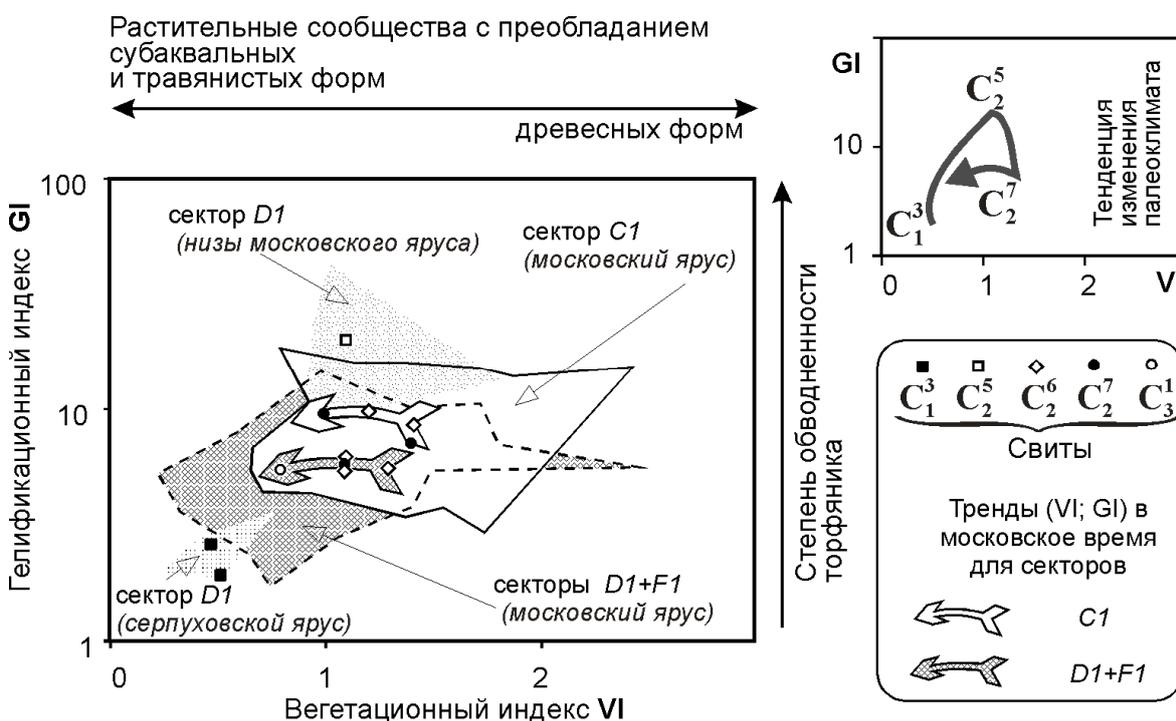


Рис. 6. Эволюция палеогеографических обстановок формирования углей в юго-западной части Донбасса в координатах вегетационного и гелификационного индексов по данным углепетрографических исследований

ВЫВОДЫ

1. Разность в процентном содержании крайних фаций (углей и известняков) в угленосной толще карбона Донбасса $D_{лок}(t)$ — чуткий индикатор древних палеогеографических обстановок, отражающий колебания батиметрических уровней бассейна седиментации различного генезиса.
2. На основе процедуры разделения сигнала $D_{лок}(t)$ выделена региональная трендовая (гляцио-эвстатическая) компонента $D_{рег}(t)$ и остаточная (тектоническая) $\varepsilon(t)$ составляющая вертикальных колебательных движений.
3. Изучение пространственно-временных вариаций и характера кривых $\varepsilon(t)$, а также их корреляционных взаимоотношений свидетельствуют о существовании на тер-

- ритории Донбасса в среднекаменноугольное время участков, испытывавших разнонаправленные вертикальные тектонические движения клавишного типа, которые привели к формированию ограниченных батиметрических аномалий за счет усиления или гашения региональных колебательных тенденций.
4. Распределение по территории Донбасса участков, испытывавших синфазные и противофазные тектонические движения, увязывается с напряженным состоянием отдельных элементов разломно-блоковой структуры фундамента (РБСФ) бассейна и различным положением секторов локального сжатия и растяжения как результата присдвиговых и вращательных деформаций в башкирскую и московскую эпохи.
 5. На основе изучения изменчивости локальных тектонических режимов и палеоэкологических (углепетрографических) данных проведены реконструкции палеогеографических обстановок, согласующиеся с геоморфологическими характеристиками древних ландшафтов, производными от напряженного состояния РБСФ в башкирское и московское время.
 6. Установлено, что напряженное состояние РБСФ оказывало регуляторное влияние на формирование угленосной формации в бассейне: в пределах областей умеренных конседиментационных тектонических поднятий (области локального сжатия) создавались наиболее благоприятные условия для формирования промышленной угленосности.
 7. Рассмотрены механизмы неравномерного во времени и пространстве, пульсационного развития выраженных в рельефе среднекаменноугольного времени слабых конседиментационных понижений и поднятий в зоне современной Главной антиклинали и прилегающих районов.

Библиографический список

1. **Левенштейн М.Л., Лагутина В.В., Каминский В.В.** Комплект карт мощности и строения угольных пластов среднего карбона Донецкого каменноугольного бассейна. Масштаб 1:500000. — К.: Центр. тем. экспедиция, 1991. — 100 с.
2. **Геология** месторождений угля и горючих сланцев СССР. — М.: Госгеолтехиздат, 1963. — Т.1. — 1201 с.
3. **Olszewski T.D., Patzkowsky M.E.** From cyclothems to sequences: the record of eustasy and climate on an icehouse epeiric platform (Pennsylvanian-Permian, North American mid-continent) // *Journ. of Sedimentary Research*, 2003. — V.73. — P. 15–30.
4. **Lopez-Gamundi O.R.** Glacial-postglacial transition in the late Paleozoic basins of southern South America // *Late glacial and postglacial environmental changes, Quaternary, Carboniferous-Permian and Proterozoic*. — Oxford: Oxford University Press, 1997. — С. 147–168.
5. **Izart A., le Nidre Y., Stephenson R., Vaslet D., Stovba S.** Quantification of the control of sequences by tectonics and eustasy in the Dnieper-Donets Basin and on the Russian Platform during Carboniferous and Permian // *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 2003. — T.174. — P. 93–100.
6. **Корреляция** угленосных отложений и угольных пластов в Донецком бассейне. — Ленинград: Наука, 1972. — 112 с.
7. **Белоконь В.Г.** Взаимосвязь осадконакопления со складчатыми структурами Донецкого бассейна // *Геотектоника*, 1967. — № 6. — С. 117–126.
8. **Михалев А.К.** О связи мощности каменноугольных отложений с тектоникой в Донбассе // *Геол. журн. АН УССР*, 1968. — №6. — С. 95–101.
9. **Нагорный В.Н., Нагорный Ю.Н.** О характере изменения мощности отложений карбона в Донбассе по новым данным // *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, 1972. — №1. — С. 120–128.
10. **Попов В.С.** Тектонический режим Доно-Днепровского прогиба как регулятор угленосности карбона Донецкого бассейна // *Тезисы докладов VII Международного конгресса по стратиграфии и геологии карбона*. — М.: Наука, 1975. — С. 260–261.
11. **Попов В.С.** Угленосные отложения Украины // *Геол. журн.*, 1978. — № 4. — С. 13–20.

12. **Белоконь В.Г.** О глубинном источнике углеобразования формации Донецкого бассейна // Геол. журн., 1981. — № 6. — С. 88–99.
13. **Нагорный Ю.Н., Нагорный В.Н.** Особенности геологического развития Донецкого бассейна // Геотектоника, 1976. — №1. — С. 74–86.
14. **Кабышев Б.П.** Палеотектоника Донбасса и Днепровско-Донецкой впадины в карбоне // Тезисы докладов VII Международного конгресса по стратиграфии и геологии карбона. — М.: Наука, 1975. — С. 134–134.
15. **Редичкин Н.А., Кабалов В.К.** Структурные особенности и условия формирования среднекаменноугольных отложений на севере Донецкого бассейна // Геол. журн., 1971. — № 5. — С. 74–81.
16. **Резников А.И., Лобанов А.И.** Некоторые черты каменноугольного осадконакопления в зоне Главной антиклинали Донбасса // Геол. журн., 1973. — № 1. — С. 131–137.
17. **Погребнов Н.И.** История тектонических движений и осадконакопления в восточной части Большого Донбасса и их связь со структурными элементами. // Материалы по геологии Донецкого бассейна. — М.: Недра, 1968. — С. 15–24.
18. **Трегуб А.И., Ненахов В.М., Сиротин В.И.** Модель геодинамического развития Русской платформы в палеозое // Вестник Воронежского государственного университета. Серия геология, 1998. — № 5. — С. 19–25.
19. **Трегуб А.И., Старухин А.А., Холмовой Г.В.** Локальные неотектонические структуры юго-западного крыла Среднерусской антеклизы // Вестник Воронежского государственного университета: Серия геология, 1997. — № 4. — С. 37–42.
20. **Привалов В.А.** Вращение блоков и сценарий тектонической эволюции Донецкого бассейна // Геологія і геохімія горючих копалин, 1998. — №4. — С. 142–158.
21. **Привалов В.А., Панова Е.А., Азаров Н.Я.** Тектонические фазы в Донецком бассейне: пространственно-временная локализация и характер проявления // Геологія і геохімія горючих копалин, 1998. — № 4. — С. 11–18.
22. **Привалов В.А.** Принципиальная дислокационная зона Донбасса // Наукові праці ДонНТУ: Серія гірничо-геологічна, 2001. — Вип. 36. — С. 34–40.
23. **Rodgers D.A.** Analysis of pull-apart basin development produced by en échelon and strike-slip faults // Sedimentation in oblique-slip mobile zones: International Association of Sedimentologists Special Publication, 1980. — No.4. — P. 27–41.
24. **Sylvester A.G.** Strike-slip faults // Bull. Geol. Soc. Am., 1988. — V.100. — P. 1666–1703.
25. **Нагорный Ю.Н., Нагорный В.Н., Земляной Б.П.** О роли конседиментационных тектонических движений в формировании складчатых структур Донецкого бассейна // Геотектоника, 1973. — №5. — С. 107–116.
26. **Sachsenhofer R.F., Privalov V.A., Izart A., Elie M., Kortensky J., Panova E.A., Sotirov A., Zhykalyak M.V.** Petrography and geochemistry of Carboniferous coal seams in the Donets Basin (Ukraine): implications for paleoecology // Int. J. Coal. Geol., 2003. — V.55. — P. 259–259.
27. **Diessel, C.F.K.** Coal-bearing Depositional Systems. — Berlin: Springer, 1992. — 721 p.
28. **Calder J.H., Gibling M.R., Mukhopadhyay P.K.** Peat formation in a Westphalian B Piedmont setting, Cumberland basin, Nova Scotia: implications for the maceral-based interpretation of reotrophic and raised paleomires // Bull. Soc. Geol. Fr., 1991. — T.162. — P. 283–298.
29. **Штах Э., Маковски М.Т., Тейхмюллер М., Чандра Д., Тейхмюллер Р.** Петрология углей. — М.: Мир, 1978. — 556 с.

© Привалов В.А., 2004