

### Библиографический список

1. Ещенко А., Мустафеев А., Станкевич М. и др. Руководство по проектированию технологии машинной добычи каменной соли. ВНПО «Соль», ДПИ — Артемовск, 1990. — 156 с.
2. Кельм Х. Возможности охраны окружающей среды на примере подземного хранилища отходов шахты // «Глюкауф», 1991. — № 3/4. — С. 38–41.
3. Мартенс П., Лауметр Г. Подземное хранение отходов в ФРГ // «Глюкауф», 1991. — № 3/4. — С. 42–48.

© Ярембаш И.Ф., Пырин С.Н., Ещенко А.Н., Станкевич М.И., 2002

УДК 551.243:551.4

ПРИВАЛОВ В.А. (ДонНТУ)

### НЕОТЕКТОНИЧЕСКИЙ ЭТАП В ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА

Донецкий бассейн входит в состав протяженного Припятьско-Днепровско-Донецко-Карпинского (ПДДК) палеорифта, возникшего в условиях растяжения в девоне на южной периферии Восточно-Европейской платформы. Рифт разделил массивное сводовое поднятие докембрийских кристаллических пород на Украинский щит и Воронежский массив. В геоструктурном плане Донецкий бассейн представляет собой тектонический мегаблок, близкий к параллелограмму, который расположен на пересечении раннепротерозойского складчатого пояса С-СЗ ориентировки и более молодого ПДДК палеорифта ЮВ простирания. На участке, который соответствует современному Донбассу, разрывы, ограничивающие палеорифт, были наложены на более древние линейные структуры линейamentного пояса, включающие трансформные Мариупольско-Курский (МК) и Липецко-Константиновский (ЛК) линейменты [1] (рис. 1). При анализе практически любой тематической карты геолого-



Рис. 1. Геоструктурная позиция Донецкого бассейна

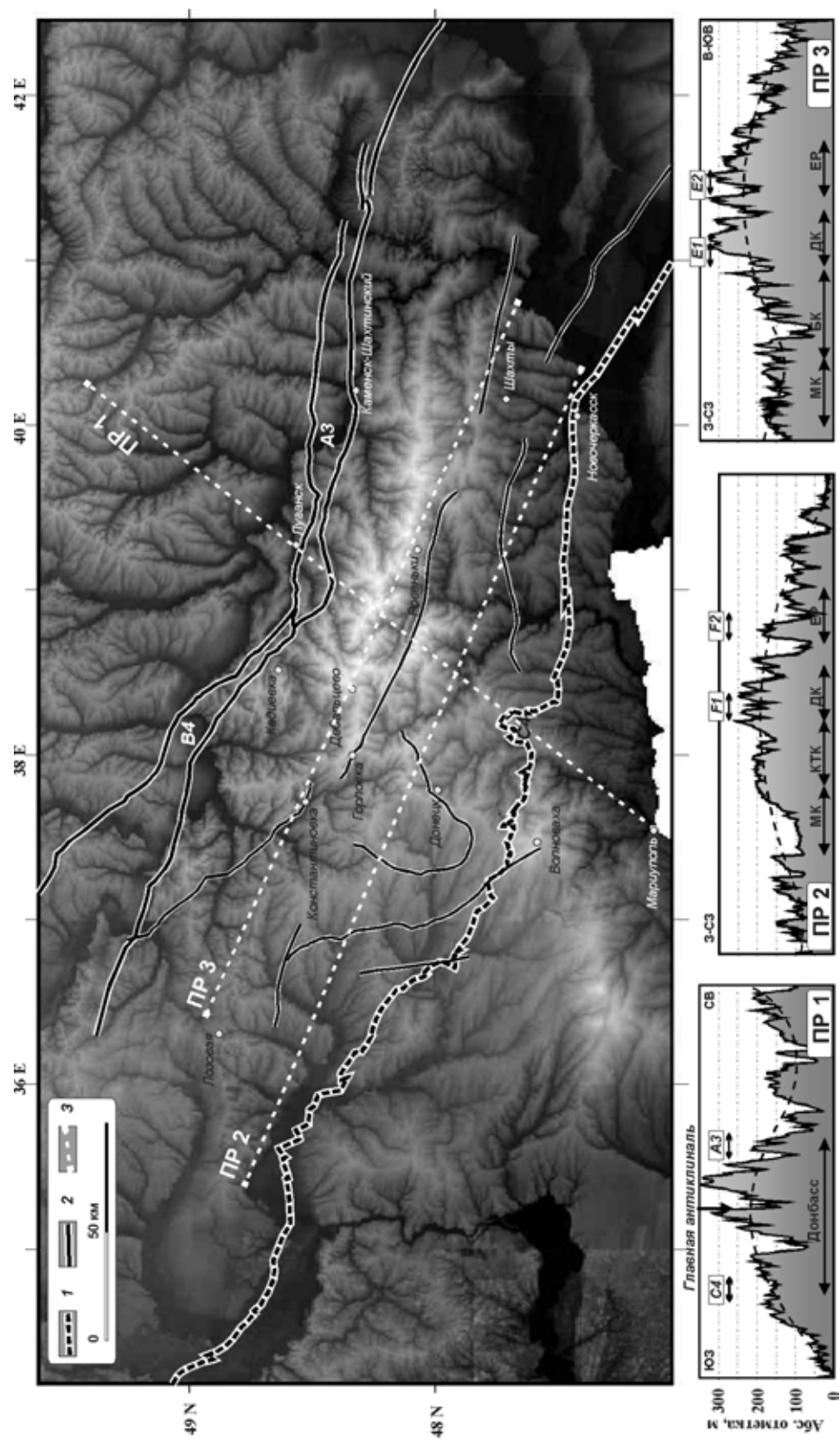
геофизического цикла, Донецкий бассейн контрастно выделяется на фоне не только сопредельных выступов Украинского и Воронежского кристаллических массивов, но и соседних по палеорифту сегментов — Днепровского грабена (ДДВ) и кряжа Карпинского. На протяжении всей позднепалеозойской и мезозойской истории развития Донбасс развивался в режиме мобильной структуры, аномальный режим развития которой нашел отражение в специфических условиях седиментогенеза, характере распределе-

ния мощностей осадочных формаций, морфологии и интенсивности тектонических дислокаций. В современном структурном плане большая часть бассейна представляет эродированное Донецкое складчатое сооружение (ДСС), где на уровень эрозионного среза выходят смятые в складки и нарушенные взбросами, надвигами со сдвиговой компонентой смещения позднепалеозойские, преимущественно, каменно-

угольные отложения. За пределами открытого Донбасса, на его окраинах, складки ДСС уходят под маломощный чехол менее дислоцированных мезо-кайнозойских отложений. На эродированные структуры ДСС в пределах пенепленизированного палеозойского массива, расчлененного густой гидрографической сетью, орографически накладывается Донецкая возвышенность, являющаяся наиболее возвышенным местом левобережной Украины. В формировании морфоструктуры современной Донецкой возвышенности решающую роль сыграл неотектонический этап развития. Однако, как и в случае с более ранними этапами, аномальный ход развития Донбасса прослеживается и для этого временного отрезка. Среди основных характеристик процесса и результатов неотектонической активизации в Донбассе заслуживают внимания следующие моменты эволюции этого отрезка ПДДК палеорифта в неоген-четвертичное время:

1. Резкое изменение режима тектонических движений (от погружений к поднятиям), знаменующее начало активных новейших движений, в Донбассе приходится на конец олигоцена — начало миоцена (23 млн. лет назад). Об этом свидетельствует регрессивный характер раннемиоценовых отложений. В это время территория южной периферии Восточно-Европейской платформы еще сохраняла относительную тектоническую стабильность: здесь не было массовых проявлений перестройки тектонического режима и преобладали опускания. Только Донбасс и примыкающие фрагменты Украинского щита (Приазовский блок) и Воронежского массива (Курский блок) изменили знак вертикальных тектонических движений и развивались как выраженные в рельефе поднятия [2]. Лишь в конце среднесарматского времени - позднем сармате в пределах большинства сопредельных структур стали устойчиво доминировать режимы роста положительных, выраженных в рельефе, структур [3]. В частности, в ДДВ первичное плато Полтавской равнины в раннем миоцене вовлекалось в погружение и было местом морских трансгрессий. Активизация положительных рельефообразующих движений, вызвавших регрессию миоценовых эпиконтинентальных бассейнов в юго-восточной, примыкающей к Донбассу, части ДДВ наметилась только в конце сарматского века (позднем миоцене) [4]. Начало воздымания кряжа Карпинского и превращения его в новейшее поднятие датируется средним миоценом [5].

2. Донецкая возвышенность сформировалась в районе одноименного складчатого сооружения и не выходит за его границы. Однако возникшее новейшее поднятие не является возрожденной морфоструктурой древнего складчатого сооружения, поскольку наблюдается несоответствие рельефа структурному плану линейной складчатости в центральной части бассейна. На рис. 2 представлено изображение современного рельефа в Донецком бассейне, синтезированное на основе данных глобальной цифровой модели рельефа земной поверхности Геологической службы США DEM GTOPO30 с разрешением 30 секунд [6] и дополненное информацией о каркасных тектонических элементах бассейна. Детализированная картина разрывных тектонических дислокаций представлена на рис. 3, а. Главный водораздел, образующий Донецкий кряж, по своей ориентировке совершенно расходится с простиранием Главной антиклинали бассейна и протягивается в виде плоской гряды длиной около 150 км от ст. Никитовка на западе до ст. Зверевево на востоке. По мере продвижения на восток Главный водораздел заметно отклоняется к северу от Главной антиклинали Донбасса и проходит через южную часть Бахмутской котловины, накладываясь на структуры Главной синклинали и Колпаковско-Замчаловской антиклинали, где приобретает дугообразную конфигурацию. В центральной части водораздела располагаются наивысшие точки — Могила Мечетная в пределах Ровеньковского



**Рис. 2.** Карта рельефа Донбасса и сопредельных территорий (синтезирована с использованием данных глобальной цифровой модели земной поверхности DEM GTOPO 30): 1 — граница Донбасс-Приазовский массив; 2 — разрывные нарушения; 3 — линии топопрофилей. МК — Мариупольско-Курский линеймент; ДК — Донецко-Кадиевский глубинный разрыв; EP — Еланчик-Ровенецкий глубинный разрыв; BK — Бахмутская котловина; КТК — Кальмиус-Торецка00я котловина

массива (абсолютная отметка +369 м), Картушинские могилы (+ 363 м), Могила Острая (+ 357 м). В пределах крутого северного и пологого южного склонов Главного водораздела протягиваются ветвистые отроги плато, поверхность которых снижается до отметок +130...+170 м.

На покатости южного склона Главного водораздела формируются ряд второстепенных частных водоразделов в виде плоскоравнинных междуречных

пространств, которые пересекают под острыми углами не только ось Главной антиклинали, но и Главный водораздел, выходят за его пределы, внедряясь в пределы покатости северного склона. В частности, один из таких водоразделов низшего порядка протягивается от г. Снежное к ст. Дебальцево и далее в северо-западном направлении.

3. Реконструкции величин новейших движений в пределах ПДДК палеорифта свидетельствуют о закономерном увеличении суммарных амплитуд неотектонических поднятий по мере приближения к Донецкой возвышенности (110–130 м — Черниговский блок ДДВ; 130–150 м — Прилукско-Полтавский блок ДДВ; 180–230 м в зоне сочленения ДДВ и Донбасса, а также Донбасса и кряжа Карпинского) [4]. В срединной части Донецкой возвышенности максимум неотектонических поднятий достигает 400–420 м [7] (рис. 3, б), который контрастно выделяется не только на фоне сопредельных по рифту структур, но и склонов Воронежского и Приазовского массивов (амплитуда 150–230 м). Отличается и характер изолиний неотектонических амплитуд. На территории ДДВ в морфогенезе локальных, выраженных в рельефе структур принимали участие перемещения солевых масс [4], поэтому рельеф поля неотектонических движений — мелкосопочный с близкими к изометричным замкнутыми контурами равных амплитуд. В Донбассе процесс формирования современного рельефа происходил в условиях неодинакового, иногда даже разнонаправленного режима тектонических движений в различных частях возвышенности. По этой же причине поле амплитуд новейших движений отличается высокой степенью дифференцированности, контуры равных амплитуд далеки от изометрии, а отдельные изолинии характеризуются резкими изгибами, в характере которых просматривается влияние глубинных и приповерхностных тектонических дислокаций.

4. Неодинаковые скорости и дифференцированные амплитуды неотектонических движений определили основные тенденции развития рельефа на территории Донецкого бассейна. Отдельные, даже соседствующие, территории на протяжении неоген-четвертичного времени развивались в противофазном (разнонаправленном) режиме. Так, например, во время максимального неотектонического подъема в области современной центральной части Донецкого кряжа (срединная зона линейной складчатости), приходящегося на ранний-средний миоцен, область современной Кальмиус-Торецкой возвышенной равнины вплоть до среднего сармата (позднего миоцена) развивалась как единая слаборасчлененная с общим наклоном на запад поверхность [2]. В позднем миоцене в Донбассе повсеместно происходит перестройка тектонического режима, важным итогом которого явилось формирование современных речных систем и орографического рисунка возвышенности. С этого момента в пределах Кальмиус-Торецкой котловины активизируются неотектонические движения и создаются условия для формирования обращенного рельефа одноименной возвышенной равнины. В пределах центральной части кряжа развивается денудационный экспонированный рельеф возвышенной цокольной равнины, которая под наклоном к югу срезает крупные линейные складки ДСС, простирающиеся в В-ЮВ направлении. В области закрытого обрамления Донбасса формировался преимущественно аккумулятивный рельеф пластовых и пластово-денудационных равнин с четко

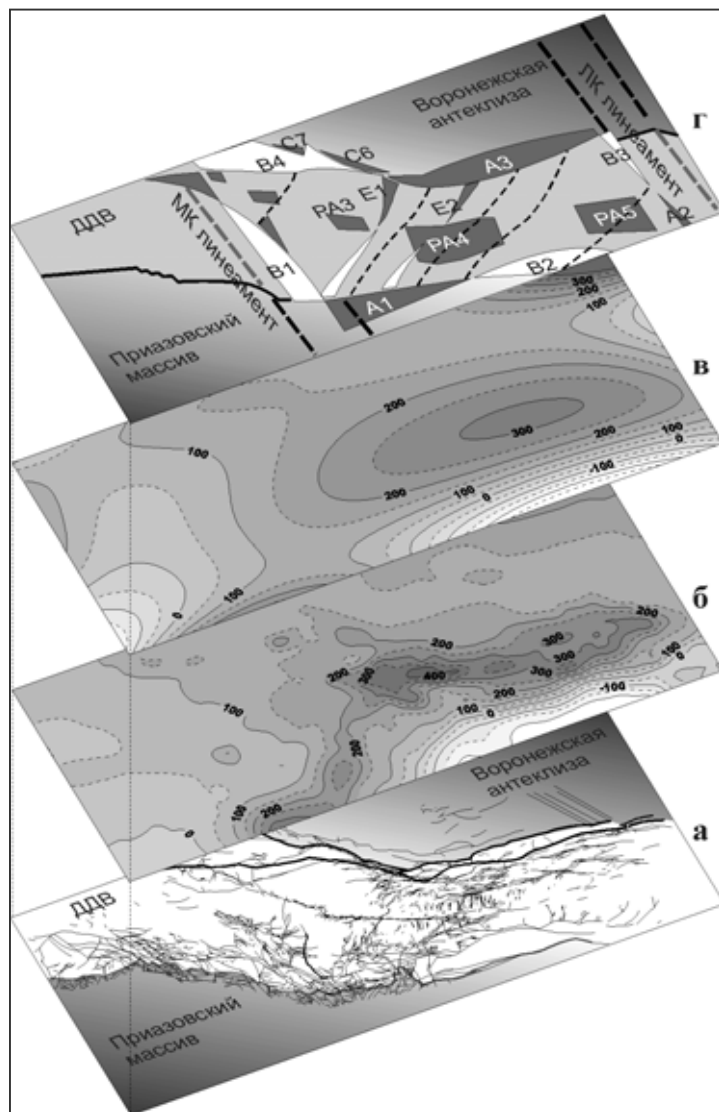
выраженными в орографии следами новейших тектонических деформаций. В качестве исходной поверхности выравнивания здесь выступила миоценовая поверхность.

Таким образом, Донбасс во время новейшей тектонической активизации развивался в особом режиме, основными чертами которого являлись асинхронность вертикальных тектонических движений по знаку на фоне региональных тенденций, значительная интенсивность и дифференцированность поднятий, а также полифазность развития морфотектонических форм при их несоответствии структурному плану эродированного Донецкого складчатого сооружения.

В настоящей публикации рассматривается модель тектонического развития Донбасса и сопряженного с этим процессом формирования рельефа в эпоху новейших тектонических движений. Модель учитывает вышерассмотренные особенности эволюции морфотектонических структур бассейна в неоген-четвертичное время и разработана на основе разделения поля суммарных амплитуд новейших тектонических движений на разновозрастные компоненты. Полученные результаты в виде двух полей разновозрастных амплитуд неотектонических движений проанализированы с учетом данных о блоковой делимости, взаимоотношений отдельных тектонических единиц, особенностей геоморфологии и современной геодинамики района исследований.

С учетом тезисов о полифазности развития морфотектонических форм в Донбассе и перестройке тектонического режима в позднем миоцене поле суммарных амплитуд новейших тектонических движений в Донбассе  $N(x, y)$ , восстановленное по геоморфологическим данным, представляет собой суммарный результат, по крайней мере, двух неотектонических импульсов (фаз тектогенеза), которые выделяются также методами структурной геологии. Первый импульс коррелирует с савской фазой складчатости, которая проявилась на границе палеогена-неогена (23 млн. лет назад) и привела к подъему поверхности герцинской складчатой основы, а также деформациям палеогеновых отложений в форме предельно пологих складок прямого наследования к палеозойским структурам. Второй импульс связан с гельветской фазой. Начало этой фазы ознаменовалась на ЮВ и СЗ окраинах Донбасса «эрозионной волной» [8] и предтортонским перерывом осадконакопления в среднем миоцене (14...10 млн. лет назад). Апогей фазы приходится на поздний миоцен (7 млн. лет назад), когда в условиях периодических сарматско-понтических трансгрессий произошло переформирование исходного рельефа. Трансгрессирующее море перекрыло обнажения палеозоя, а по периферии более молодые отложения. Южное крыло Главной антиклинали стало ареной интенсивной денудации и морской абразии [2], однако эти процессы происходили на фоне дифференцированных подъемов и опусканий отдельных секторов Донецкой возвышенности, результатом которых явилось формирование магистральных линий стока, современных речной и долинной сети. Таким образом, геологические и геоморфологические данные показывают, что неотектонический процесс в Донбассе, представляет собой совместный итог двух, разделенных во времени, неотектонических импульсов, которые отличались не только интенсивностью, но и перегруппировкой тектонических режимов.

Исходное поле суммарных амплитуд новейших тектонических движений в Донбассе [7] (рис. 3, б) было проанализировано с помощью методов математической статистики. Результаты показали, что функция эмпирического распределения частот встречаемости суммарных амплитуд является двухмодальной, что может свидетельствовать о неоднородности процессов роста неотектонических структур и возможности структурирования скалярного поля  $N(x, y)$  с применением тренд-анализа. Процедура тренд-анализа состояла в разделении поверхности скалярного поля

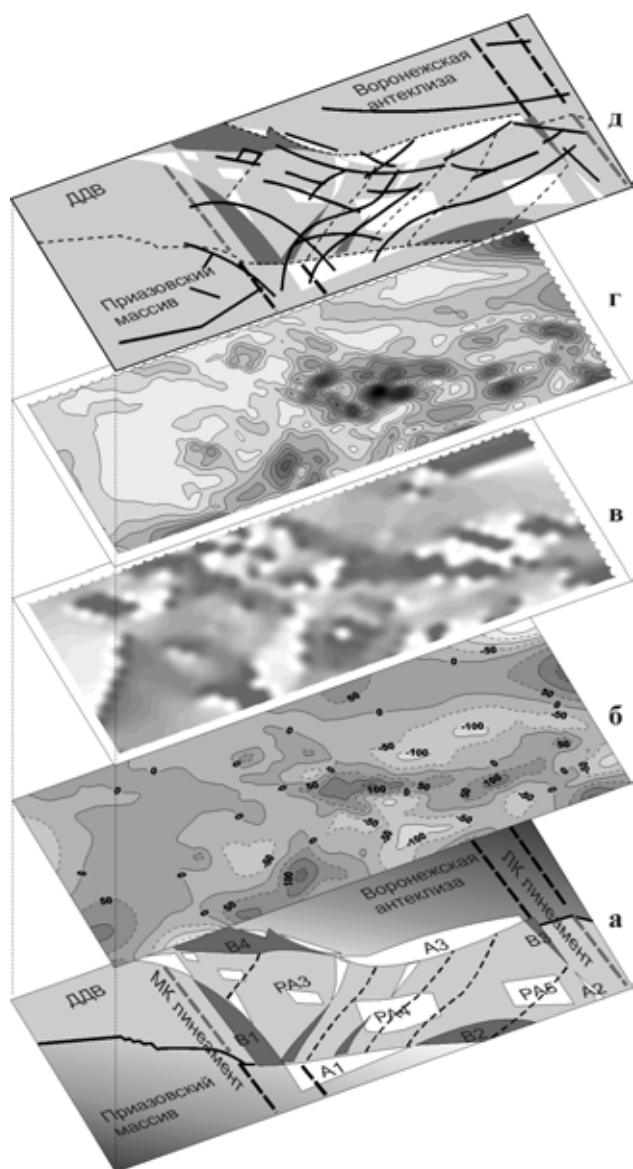


**Рис. 3.** К анализу новейших тектонических движений в Донбассе: *а* — основные тектонические нарушения; *б* — поле суммарных амплитуд новейших тектонических движений  $N(x, y)$ ; *в* — поле амплитуд новейших тектонических движений на ранней стадии неотектонического процесса  $S(x, y)$ ; *г* — распределения секторов локального сжатия (темные тона) — растяжения (светлые тона) во время савской фазы складчатости

зывает, что их пространственное распределение может иметь содержательную интерпретацию с точки зрения эволюции тектонических режимов в пределах структурных единиц бассейна.

В формировании региональной тектонической картины Донбасса на фоне сопредельных по рифту структур (Днепровско-Донецкая впадина и кряж Карпинского) значительную роль играл механизм челночных знакопеременных вращений Донецкого мегаблока, вызванный напряжениями при движении тектонических плит и

суммарных амплитуд  $N(x, y)$  на аппроксимирующую поверхность — тренд  $S(x, y)$  и поверхность остатка  $G(x, y)$ . Поверхность  $S(x, y)$  подбиралась с использованием полиномиальной регрессии, где коэффициенты уравнения тренда определялись в результате решения систем уравнений по методу наименьших квадратов. Перебор возможных статистических решений геометрии тренда показал, что полином четвертого порядка определяет наилучшее сочетание наблюдаемых данных и аппроксимации. Поверхность  $S(x, y)$  изображена в изолиниях на рис. 3, *в* и представляет результат суперпозиции тектонических движений на ранней стадии неотектонического процесса, ассоциируемой нами с савской фазой складчатости, и денудационных процессов в промежутке между главными импульсами савской и гельветской фаз. Поверхность  $G(x, y)$  изображена в изолиниях на рис. 4, *б* и отражает суммарные амплитуды новейших, переходящих в современные движений и денудационных процессов, начиная с позднего миоцена (гельветская фаза складчатости). Предварительный анализ результатов разделения поля суммарных амплитуд неотектонических движений на разновозрастные компоненты ( $N(x, y) = S(x, y) + G(x, y)$ ) пока-



**Рис. 4.** К анализу новейших тектонических движений в Донбассе: *а* — распределения секторов локального сжатия (темные тона) — растяжения (светлые тона) во время гельветской фазы; *б* — поле амплитуд новейших тектонических движений на поздней стадии неотектонического процесса  $G(x, y)$ ; *в* — поле изоазимутов вектора градиента  $A_G(x, y)$ ; *г* — поле модуля вектора градиента  $gradG(x, y)$ ; *д* — оси аномалий на карте трансформированного поля  $gradG(x, y)$

связанными с ними режимами сдвиговой активизации в пределах ограничивающих рифт разрывов [1]. Будучи по существу «обособленным» блоком в пределах протяженной рифтовой структуры, Донбасс обладал высокой мобильностью, одним из проявлений которой явилась его способность к вращениям. Возникающие вследствие вращения Донецкого мегаблока секторы «перекрытия» или локального сжатия (соответственно,  $A1$  и  $A3$  — при левосдвиговой активизации и левом вращении;  $B2$  и  $B4$  — при правосдвиговой активизации и правом вращении) несут ответственность за появление в пределах Донбасса векторов реактивных напряжений высокой интенсивности. В формировании палеогеографических обстановок и палеорельефа бассейна существенную роль играла цепочка пулл-аппартов  $PA1...PA5$  (присдвиговых бассейнов растяжения или сжатия) в пределах принципиальной дислокационной зоны в центральной части бассейна. Модель тектонической эволюции Донбасса, рассмотренная в работах [1,9], определяет группу секторов, в пределах которых в результате вращения блоков и присдвиговых деформаций периодически возникали условия локального сжатия, чередующиеся с условиями локального растяжения. В геоморфологическом ракурсе, именно эти секторы служили локальными центрами палеогеографической и морфотектонической нестабильности. Здесь чаще и быстрее, по сравнению с соседними участками, обозначались в рельефе, формировались и разрушались элементы морфоструктур и морфоскульптуры. При оценке влияния режимовусловий напряженного состояния на палеорельеф территорий, исходим из следующих положений:

1. В секторах локального сжатия за счет роста сводовых поднятий, взбросо-надвиговых воздыманий и смятия толщ формируются положительные структуры рельефа.

2. В секторах локального растяжения за счет проседаний по типу складок поперечного изгиба и опусканий блоков сбросового характера формируются отрицательные структуры рельефа.

3. В условиях резкой смены режимов напряженно-деформированного состояния массива активизируются денудационные процессы. Физическое обоснование этого процесса состоит в явлении генерации «эрозионной волны» [8], которая является следствием изменения скорости тектонических движений и связанных с этим вариаций динамических параметров дренажных систем. Пространственно участки активного проявления эрозионных и других денудационных процессов тяготеют к секторам локального растяжения, где за счет увеличения степени раскрытия трещин, усиленной циркуляции приповерхностных и подземных вод усиливаются процессы химического и морозного выветривания, ускоряется развитие овражно-балочной и долинной сети, интенсифицируются склоновые процессы.

4. В условиях квазистационарного воздействия климатических, гидрологических и других внешних рельефообразующих факторов при отсутствии активных тектонических деформаций, но сохранении режимов локального сжатия или растяжения в течение длительного времени происходит стабилизация эрозионных процессов: исходный рельеф сглаживается, но сохраняет черты, описанные в пп. 1 и 2.

5. В областях распространения соленосных отложений в момент активного проявления условий локального растяжения происходит рост солянокупольных поднятий, что усложняет картину формирования рельефа, описанную в п. 2.

Условия для инверсии бассейна и формирования основных линейных складок на заключительном этапе герцинского тектонического цикла подробно рассмотрены в работе [1] как результат левого вращения Донецкого мегаблока.

Активное вращение мегаблока стало возможным после режима раннепермского растяжения, которое ослабило давление на ограничивающие рифт разрывы, и последовало за левосдвиговой активизацией структур бассейна на границе ранней и поздней перми (уральская фаза герцинского цикла). В это время территории Донбасса достигли компрессионные напряжения СВ (ЮЗ) ориентировки из района закрывающегося Уральского океана [10]. Значительно усилившись за счет левого вращения Донецкого мегаблока, они вызвали интенсивные взбросовые подвижки и подъем в пределах сектора *A1*, инициировали формирование надвигов в секторе *A3*, создали условия для инверсии и асимметричного подъема бассейна, формирования складок общедонецкой З-СЗ (В-ЮВ) ориентировки в пространстве между секторами *A1* и *A3* (рис. 1).

Правосдвиговая активизация ограничивающих рифт разрывов и правое вращение Донецкого мегаблока были характерными для большинства тектонических фаз киммерийского и альпийского циклов. В этих условиях происходило активное формирование и последовательное увеличение амплитуд надвигов в секторе *B4*, взбросовые подвижки в секторе *B2*, формирование наложенных компрессионных складок «косвенного наследования» в пространстве между секторами *B2* и *B4* (серия куполов на СЗ замыкании Главной антиклинали, Амвросиевская антиклиналь и др.).

В течение альпийского цикла Донецкий мегаблок последовательно теряет свою способность к вращениям. На границе палеогена - неогена (сильнейшая ларамийская фаза) и границе эоцена-олигоцена (менее интенсивная пиренейская фаза) в Донбассе возникает правосдвиговой режим деформации, вызванный СЗ (ЮВ) направлением вектора активного внешнего сжатия. Этот режим привел к появлению внешних крутящих моментов и возбудил стесненное вращение мегаблока, близкое к режиму правого кручения. В работе [10] делается акцент, что движения на границе палеогена и неогена (савская фаза тектогенеза) в отличие от ларамийской и пиренейской фаз про-



ходили в режиме левосдвиговой деформации. Анализ геометрии поверхности  $S(x, y)$  (рис. 3, в) раннего импульса неотектонических движений, который увязывается с савской фазой, и ее сопоставление с распределением секторов сжатия и растяжения в Донбассе [1] для режима левого сдвига (рис. 3, з) подтверждает эти выводы.

В частности, в области принципиальной дислокационной зоны Донбасса пулл-апараты, входящие в ее состав, развиваются как сектора локального сжатия и испытывают воздымание, которое четко прослеживается по подъему поверхности  $S(x, y)$  в секторах  $PA1, PA4, PA5$  на высоты, превышающие +200...+300 м (рис. 3, в). На юго-востоке область поднятий направлена в сторону сектора  $A2$ , на северо-западе уходит в область секторов  $C6, C7$ , которые также развиваются в режиме локального сжатия и поднимаются. Секторы  $A1$  и  $A3$  находясь в условиях сжатия испытывают подъем, однако его сводовые части с амплитудами +150...+400 м смещены в область Приазовского массива и Воронежской антеклизы. На их фоне сектор  $B2$  (район Манычского прогиба), находящийся в условиях растяжения опускается до глубин –250 м. Исключение составляет сектор  $B4$  и примыкающие к нему северо-западные окраины Бахмутской котловины, где при наличии соленосных девонских отложений в разрезе в условиях растяжения наблюдается движение солевых масс. В результате формируется неотектонический рельеф с обилием куполовидных поднятий, возникающих вследствие подъема и притока пластичной соли, и компенсационных воронок в областях оттока соли из межкупольных пространств. В пределах сектора растяжения  $B1$  задокументированы [11] малоамплитудные сбросовые дислокации, смещающие олигоцен-миоценовые слои. Заключенная между секторами растяжения  $B1$  и  $F1$  Кальмиус-Торецкая котловина развивается как слаборасчлененная с общим наклоном на запад поверхность. При анализе карты поверхности  $S(x, y)$  следует учесть, что последняя представляет собой закономерную детерминированную тенденцию в изменении поля  $N(x, y)$  в пределах исследуемой пространственной области и по существу отображает сглаженный денудацией тектонический рельеф, формировавшийся в промежутке 23–10 млн. лет назад. Поэтому область поднятий в центральной части бассейна, заключенная между секторами сжатия  $A1$  и  $A3$ , на карте поверхности  $S(x, y)$  имеет сглаженные эллипсовидные очертания (см. рис. 3, в). Длинная ось поднятия палеоморфоструктуры Донецкой возвышенности занимает субширотное положение, пересекает Главную антиклиналь и следует по линии: северные окраины Макеевки — Антрацит — Ровеньки — Гуково. Расхождение в азимутах оси поднятия и Главной антиклинали составляет около  $25^0$  и, по-видимому, отражает различия в ориентировке оси сжатия. Основные складки Донбасса, в том числе и Главная антиклиналь сформировались при ориентировке вектора сжимающих усилий по азимуту  $30^0$ , в то время как для савской фазы складчатости было характерно субмеридиональное положение оси сжатия. При этом эпицентр поднятия за счет эффекта левого стесненного кручения сместился к югу от сектора в область Ровенецкого поднятия  $PA4$ , а сама его структура характеризуется некоторой асимметрией с большей крутизной примыкающей к секторам группы  $PA$  южной покатости.

Анализ геометрии поверхности  $G(x, y)$  (рис. 4, б) позднего импульса неотектонических движений, коррелируемого с гельветской фазой альпийского тектогенеза, показывает, что в пределах большинства секторов произошла смена знака тектонических поднятий в соответствии со схемой распределения секторов сжатия и растяжения в Донбассе [1] для режима правого сдвига (рис. 4, а).

Наиболее существенные изменения зафиксированы в районе сектора присдвигового бассейна  $PA4$ , в котором режим сжатия сменился растяжением, что привело не столько к гипсометрическому понижению этого района за счет проседания, как к резкой активизации денудационных процессов в области растяжения с преобладанием в релье-

фе отрицательных форм выработанного рельефа. По данным работы [2] Нагольный кряж, расположенный в северной части пулл-апарта *PA4*, начиная с позднего миоцена, как ни на одном другом участке возвышенности, подвергался интенсивному разрушению. В районе сектора *PA4* гипсометрические отметки земной поверхности уменьшаются на -50...-100 м и более. Судя по карте поверхности  $G(x, y)$ , формирующаяся здесь отрицательная морфоскульптура распространяется в восточную часть сектора *A1* и при-сдвиговой бассейн *PA5* (рис. 4, б), где происходят аналогичные процессы. Фактически это привело разрастанию площади Приазовской низменности на месте Азовско-Кубанской впадины за счет ассимиляции краевых структур в междуречьи Миус-Тузлов в пределах южного крыла Куйбышевско-Несветаевской антиклинали, а восточнее — в осевой части Шахтинско-Несветаевской синклинали [2]. На физической карте Донбасса отчетливо видно как понижения в областях развития пулл-апартов (секторов группы *PA*) прорезаются многочисленными речными потоками, которые, начиная с позднего миоцена [2], эпигенетически раскрывают погребенные ранее долины или их участки. В пределах восточной и юго-западной частей Кальмиус-Торецкой котловины (секторы сжатия *B1* и *F1*) поверхность герцинской складчатой основы приподнята и выражена как на карте поля  $G(x, y)$  (рис. 4, б), так и в современном рельефе. Подъем вдоль ЮЗ периферии Донецко-Кадиевского поперечного глубинного разлома (сектор сжатия *F1*) был интенсивным и, по-видимому, увлек за собой западную часть сектора *A1*. Находясь в состоянии локального растяжения, сектор *A3* испытывает интенсивную денудацию. Начиная с позднего миоцена, в этой окраинной части Донецкой возвышенности деятельностью линейного поверхностного стока исходная миоценовая поверхность была практически полностью срезана. На ее месте формировались позднемiocеново-плиоценовые аккумулятивные и эрозионно-аккумулятивные террасы [2]. На карте поля  $G(x, y)$  (рис. 4, б) область сектора *A3* сочленяется с секторами *F1* и *F2*, где также в условиях растяжения происходят интенсивные денудационные процессы (см. рис. 2).

Данные о новейших тектонических движениях, представленные на карте поверхности  $G(x, y)$  (рис. 4, б), открывают возможность определить ряд дополнительных геометрических характеристик скалярного поля  $G(x, y)$ , которые позволяют сделать заключения о выраженных в рельефе деформациях в приповерхностных горизонтах, коррелируемых в пределах исследуемого региона с поздним этапом неотектонического процесса. В результате проведенных расчетов с применением алгоритмов морфометрического анализа скалярных геолого-физических полей из исходного поля  $G(x, y)$  были синтезированы карты следующих вторичных параметров: изоазимутов вектора градиента поля неотектонических движений позднего этапа  $A_G(x, y)$ , (рис. 4, в); модуля вектора градиента поля неотектонических движений позднего этапа  $gradG(x, y)$  (рис. 4, з). На карте трансформированного поля  $A_G(x, y)$  отчетливо выделяются Донецко-Кадиевский и Еланчик-Ровенецкий поперечные глубинные разрывы в пределах Донецкого бассейна и Орехово-Павлоградская шовная зона на территории Украинского щита, новейшая тектоническая активность которых придает территории исследований клавишно-блоковое строение. Анализ средних градиентов скорости вертикальных тектонических движений ранее использовался для оценки интенсивности новейших тектонических движений и напряженного состояния коры [12].

На карте трансформированного поля  $gradG(x, y)$  (рис. 4, з) отчетливо выделяются фоновые (устойчивые) и аномальные (подвижные) площади. Трассировка осевых линий узких локальных аномалий или границ значительных по площади аномалий позволяет выделить ряд субконцентрических и линейных зон, в пределах которых наблюдалась максимальная динамика изменения амплитуд неотектонических движений позднего этапа. Эти зоны показаны на рис. 4, д и накладываются на струк-

турный рисунок эродированного Донецкого складчатого сооружения, хотя и имеют характерное расхождение с его основными структурами. В частности, к северу от Главной антиклинали зоны высоких градиентов неотектонических движений позднего этапа соответствуют субконцентрическим поясам правосдвиговых дислокаций, которые выражены в сериях эшелонированных складок, сдвига-взбросов и флексур в близповерхностных горизонтах осадочного чехла. Генетически их формирование следует связывать с локализацией возникающих в условиях стесненного правого кручения осадочной призмы Донецкого мегаблока субконцентрических траекторий максимальных касательных напряжений. Следует отметить, что тектонические зоны сходной дуговидной геометрии выделялись ранее в геофизических полях и при интерпретации космоснимков, что дало возможность авторам работ [13, 14] выделить в пределах Донбасса фрагменты кольцевых структур. В геоморфологическом плане субконцентрические дислокационные зоны в северной части Донбасса соответствуют серии уступов, отделяющих морфоструктуру срединной зоны складчатости от морфоструктуры северной зоны складчатости, а также разделяющих отдельные разновысотные участки Северо-Донецких возвышенных равнин. Судя по купольным структурам в пределах Горловского участка Главной антиклинали, которые имеют сходную ротационно-сдвиговую природу и угасают на глубинах до 2...3 км, пояса сдвиговых дислокаций максимально развиты в приповерхностных горизонтах. Аналогично развивается и серия диагональных по отношению к поперечным структурам Донбасса аномалий поля  $grad G(x,y)$ , группирующихся в Z-образно изогнутые зоны, самая западная из которых трассируется от юго-западных окраин г. Донецка в направлении г. Каменск-Шахтинский. Субконцентрические и линейные зоны сдвиговых дислокаций, проявившиеся на позднем этапе неотектонического процесса как области высокой подвижности, привели к усложнению картины новейшего тектонического подъема в пределах Донецкой возвышенности за счет эффекта сдвиговой компенсации [15]. Возникающие при этом близповерхностные деформации в форме коробления, сокращения и смятия слоев развиваются преимущественно в пределах внутреннего контура дугообразно изогнутых сдвиговых поясов.

Таким образом, современная структура Донецкой возвышенности представляет собой итог последовательного развития деформационных и денудационных процессов, ассоциируемых с савской и гельветской фазами тектогенеза.

Тектонический режим правого сдвига, соответствующий гельветской фазе, сохранился в Донбассе и на современном этапе. В пользу этого положения могут быть приведены следующие аргументы.

Существующие данные о скоростях современных движений на территории Донбасса, вычисленные по результатам повторного нивелирования, свидетельствуют о высокой степени латеральной изменчивости вертикальных движений. На фоне общего преобладающего поднятия в Донецком бассейне встречаются локальные участки, испытывающие опускания. В частности, в пределах осевой части Донбасса современные тектонические движения отличаются высокой степенью дифференцированности. Главная антиклиналь «растет» со скоростью +1,4...+3,0 мм/год [16], Дружковско-Константиновская антиклиналь (северное крыло) поднимается со скоростью +1,9 мм/год [17], в то время как разделяющий их синклинальный прогиб, который соответствует сектору PA3, опускается со скоростью -0,5...-3,7 мм/год [16, 17]. Принципиально, что в пределах именно этого сектора PA3, находящегося на современном этапе неотектонического процесса в состоянии растяжения зафиксированы интенсивные аномалии гидрогеохимического режима [18] и тепловых потоков [19]. Активные положительные вертикальные движения происходят в зоне Северо-

донецкого надвига на северной периферии сектора *B4*: в висячем крыле со скоростью +1,4 мм/год, в лежащем крыле +0,6 мм/год [16]. Эти данные хорошо согласуются с правосдвиговой кинематикой Донбасса на современном этапе. Положение в СЗ румбах оси сжатия, которое соответствует этому тектоническому режиму, унаследовано от гельветской фазы и может быть подтверждено фактом группировки современных газодинамических явлений в шахтах в линейные зоны СВ простираения [20], которые развиваются в областях субконцентрических и линейных поясов сдвиговых дислокаций перпендикулярно вектору современных сжимающих усилий.

### **Выводы**

1. Донбасс во время новейшей тектонической активизации развивался в особом режиме, основными чертами которого являлись асинхронность вертикальных тектонических движений по знаку на фоне региональных тенденций, значительная интенсивность и дифференцированность поднятий, а также полифазность развития морфотектонических форм при их несоответствии структурному плану эродированного Донецкого складчатого сооружения.

2. Интенсивность неотектонических деформационных и денудационных процессов, контролировалась распределением секторов локального растяжения — сжатия, возникающих как реакция на стесненное вращение (кручение) Донецкого мегаблока и сдвиговых активизаций в пределах принципиальной дислокационной зоны бассейна.

3. Современная структура Донецкой возвышенности представляет собой итог последовательного развития деформационных и денудационных процессов, ассоциируемых с двумя неотектоническими импульсами. Первый импульс коррелирует с савской фазой складчатости, которая проявилась на границе палеогена-неогена (23 млн. лет назад) и привела к подъему поверхности герцинской складчатой основы, а также деформациям палеогеновых отложений в форме предельно пологих складок прямого наследования к палеозойским структурам. Второй импульс связан с гельветской фазой. Начало этой фазы ознаменовалась на ЮВ и СЗ окраинах Донбасса «эрозионной волной» и предтортонским перерывом осадконакопления в среднем миоцене (14...10 млн. лет назад). Апогей фазы приходится на поздний миоцен (7 млн. лет назад), когда в условиях периодических сарматско-понтических трансгрессий произошло переформирование исходного рельефа.

4. Тектонический режим правого сдвига, соответствующий гельветской фазе, сохранился в Донбассе на современном этапе и несет ответственность за смещение дугообразных каркасных линий Главного водораздела к северу от Главной антиклинали. В частности, наиболее приподнятые в рельефе зоны в пределах области Главного водораздела соответствуют субконцентрическим поясам правосдвиговых дислокаций, которые выражены в сериях эшелонированных складок, сдвиго-взбросов и флексур в близповерхностных горизонтах осадочного чехла. Генетически их формирование следует связывать с локализацией возникающих в условиях стесненного правого кручения осадочной призмы Донецкого мегаблока субконцентрических траекторий максимальных касательных напряжений.

5. Правосдвиговая кинематика развития Донбасса на современном этапе неотектонического процесса соответствует плану распределения векторов скоростей вертикальных тектонических движений на территории Донбасса по геодезическим данным и находит отражение в распределении контуров современных гидрогеохимических и тепловых аномалий.

6. Высказанные представления об эволюции морфоструктуры современной Донецкой возвышенности и развитии дислокаций ДСС на протяжении неотектони-

ческого этапа могут существенно дополнить и уточнить оценку перспектив нефтегазоносности этого региона. В частности, возможно обнаружение промышленных скоплений углеводородов в зонах «цветковых структур» (разветвляющихся кверху пучков сместителей с вложенными куполовидными складками), сопряженных с выявленными субконцентрическими поясами правосдвиговых дислокаций.

### **Библиографический список**

1. **Привалов В.А.** Вращение блоков и сценарий тектонической эволюции Донецкого бассейна // Геологія і геохімія горючих копалин, 1998. — №4. — С. 142–158.
2. **Геоморфология** Украинской ССР / И.М.Рослый, Ю.А.Кошик, Э.Т.Палиенко, О.П.Андрияш, Ю.Л.Грубрин. — Киев: Вища школа, 1990. — 287 с.
3. **Соколовський І.Л.** Закономірності розвитку рельєфу України. — Київ: Наук. думка, 1973. — 217 с.
4. **Волков Н.Г., Палиенко В.П., Соколовский И.Л.** Морфоструктурный анализ нефтегазоносных областей Украины. — Киев: Наук. думка, 1981. — 220 с.
5. **Копп М.Л.** Новейшие деформации Скифской и юга Восточно-Европейской платформ как результат давления Аравийской плиты // Геотектоника, 2000. — № 2. — С. 26–42.
6. **Global Digital Elevation Model (DEM)** / USGS -NASA Distributed Active Archive Center. — <http://edcwww.cr.usgs.gov/landaac/gtopo30>.
7. **Волков Н.Г., Соколовский И.Л.** Карта новейшей тектоники Донецкого бассейна. — Киев: Мин. геол., Центр. тем. эксп., Отд. географ. АН УССР, 1984.
8. **Whipple, KX., Tucker G.E.** Dynamics of the stream-power river incision model: Implications for height limits of mountain ranges, landscape response timescales, and research needs // J. Geophys. Res.-1980.- V104.- P.17661-17674.
9. **Привалов В.А.** Принципиальная дислокационная зона Донбасса Наукові праці ДонНТУ: Серія гірничо-геологічна, 2001. — Вип. 36. — С. 34–40.
10. **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.
11. **Михалев А.К.** О сбросах в покровных отложениях Красноармейского района Донбасса // Геол. журн, 1978. — № 2. — С. 57–72.
12. **Гзовский М.В.** Градиент скорости движения, напряженное состояние коры и энергия тектонических процессов новейшего времени // Тектонические движения и новейшие структуры земной коры. — М.: Недра, 1967. — С.30–37.
13. **Беломар О.Д., Щеголихина О.А.** Геолого-геофизические особенности строения докембрийских глубинных кольцевых структур Донбасса и прилегающих районов Приазовского и Воронежского массивов // Экспресс-информация ВИЭМС: Общ. и регион. геология; геол. картирование, 1987. — № 12. — С. 1–9.
14. **Глубинное** строение, эволюция флюидно-магматических систем и перспективы эндогенной золотоносности юго-восточной части Украинского Донбасса / А.Л.Александров, В.В.Гордиенко, Е.И.Деревская и др. — Киев: Изд. ИФИ Укр. науч. ассоц., 1996. — 74 с.
15. **Ярошевский В.** Тектоника разрывов и складок. — М.: Недра, 1981. — 245 с.
16. **Белоконь В.Г.** Неотектонические движения в Донбассе и их связь со структурными элементами. // Материалы по геологии Донецкого бассейна. — М.: Недра, 1968. — С.11–15.
17. **Филькин В.А.** Опыт составления карты современных движений земной коры на территорию Донбасса // Современные движения земной коры. — М.: Недра, 1968. — Т.4. — С. 216–227.
18. **Суярко В.Г.** Методические рекомендации по применению гидрогеохимического метода поисков скрытого оруденения в Донбассе и Днепроовско-Донецкой впадине. — Симферополь: ИМП Мингео УССР, 1985. — 92 с.
19. **Гордиенко В.В., Завгородняя О.В., Усенко О.В.** Тепловой поток Донецкого бассейна // Геоф. журн, 1999. — № 1. — С. 127–130.
20. **Верёда В.С., Юрченко Б.К.** О соотношении газодинамических зон, трещиноватости углей и температурного режима Донбасса с современными тектоническими движениями // Современные движения земной коры. — М.: Недра, 1968. — Т.4. — С. 80–89.

© Привалов В.А., 2002