

НЕОТЕКТОНИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

А.И.Трегуб

Воронежский государственный университет

Неотектоническая структура территории Воронежского кристаллического массива (ВКМ) состоит из сочетания блоков фундамента различных рангов и находит отражение на литосферном, коровом, стратисферном уровнях. В осадочном чехле выделяются штамповые структуры и области динамического влияния разломов (ОДВР) фундамента. По характеру инфраструктуры неотектонических ОДВР устанавливаются их кинематические параметры. Неотектоническая структура территории ВКМ формировалась в условиях меридионального сжатия, но поля напряжений структур различных рангов отличаются локальными особенностями. Напряженное состояние определяется различными причинами. Главное значение имеют нестационарное движение литосферной плиты, плюмы литосферы и иденторная тектоника.

Впервые изображение новейшей тектонической структуры территории Воронежского кристаллического массива (ВКМ) нашло отражение на составленной в 1959 г. под главной редакцией Н.И.Николаева и С.С.Шульца карте новейшей тектоники СССР в масштабе 1:5 000 000 [1]. На ней были выделены Орловско-Павловская антеклиза, наложенная Окско-Донская впадина, обращенные Приволжская и Московская синеклизы [2]. Непосредственно для территории Воронежской антеклизы неотектоническая карта в масштабе 1:1 000 000 была составлена Г.И.Раскатовым в 1965 г [3]. Она помимо большей детальности отличалась трактовкой структуры юго-западного и юго-восточного крыльев, отображением линейных структурных элементов, подчеркивающих тесную связь новейшей структуры со структурой чехла и кристаллического фундамента. Изучение неотектонических движений было направлено на разработку критериев глубинного прогноза тектонической структуры [4,5 и др.]. Для территории Нижнего Поволжья изучение неотектонической структуры проведено А.В.Цыганковым [6], А.В.Востряковым [7]. Дальнейшая детализация неотектонической структуры различных частей территории Воронежской антеклизы выполнена в 70-80 годы [8,9 и др.]. В последнее время характеристика новейших движений нашла свое отражение в работах Д.В.Борисевича [10], Р.Г.Гарецкого и др. [11,12], а анализу неотектонических напряжений посвящены исследования М.Л.Коппа [13], Л.А.Сим [14] и др. ученых [15].

Неотектоническая структура территории ВКМ представлена деформациями, развивавшимися на различных структурных уровнях: литосферном, коровом, стратисферном. При этом неотектонические движения (движения неоген-четвертичного времени [2]) и порождаемые ими поля тектонических напряжений накладывались на ранее сформированную структуру, преломляясь в ее разноранговых элементах. В «чистом» виде неотектонические деформации выражены лишь в рельефе и связанных

с его образованием новейших (неогеновых и четвертичных) отложениях. На верхнекоровом уровне [16], в котором зафиксирована структура докембрийского фундамента, наиболее крупные элементы неотектонической структуры образованы тектоническими блоками, ограниченными зонами разломов. В осадочном чехле выделяются два типа структурных элементов. Первый из них, имея «площадной» характер, представляют штамповые структуры, являющиеся непосредственным отражением блоков фундамента. Второй - образуется над границами блоков и представляет области динамического влияния разломов фундамента [17], состоящие из сложного парагенезиса пликтивных и дизъюнктивных деформаций. Штамповые структуры делятся на положительные (поднятия), отрицательные (депрессии) и структуры, занимающие промежуточное положение, определяющиеся как моноклинали или структурные террасы. В разрезе осадочного чехла территории Воронежского кристаллического массива выделяются два структурных мегакомплекса [3]: архейско-раннепротерозойский, соответствующий этапу формирования фундамента платформы, и верхнепротерозойско-фанерозойский, охватывающий авлакогенную и плитную стадии развития платформы. Внутри мегакомплексов по наличию несогласий и длительных стратиграфических перерывов устанавливаются структурные комплексы, этажи и подэтажи. Штамповые неотектонические структуры могут менять свой тип при переходе к более древним структурным этажам, однако их границы с различной степенью выраженности проявляются во всем разрезе осадочного чехла.

Наиболее крупными элементами неотектонической структуры территории ВКМ (элементами первого ранга) являются Смоленский, Днепровско-Деснинский, Среднерусский, Окско-Донской и Приволжский мегаблоки [18]. Их границы внутри Воронежского массива имеют общую субмеридиональную ориентировку и прослеживаются на уровне подошвы литосферы, земной коры, тектонической

структуры кристаллического основания, а также в осадочном чехле. В приповерхностной структуре осадочного чехла им отвечают поднятия и впадины, а в геоморфологическом ландшафте одноименные возвышенности и низменности [3].

Смоленский мегаблок в морфометрических параметрах современного рельефа наиболее отчетливо обособлен на юго-востоке, менее четко на западе и юго-западе. Его северная граница выражена фрагментарно и продолжение неотектонической структуры прослеживается в субмеридиональном направлении, совпадающем с общим направлением Смоленско-Московской возвышенности. По морфометрическим данным мегаблок характеризуется высоким положением вершинной (260-290 м) и базисной (160-200 м) поверхностей, низким уровнем вертикального расчленения, но отрицательно асимметричным распределением высот, свидетельствующим о начальных стадиях расчленения [19]. Все это указывает на режим слабых неотектонических поднятий, суммарная величина которых с учетом эвстатического фактора не превышает 75-100 м [10]. В пределах Смоленского мегаблока устанавливаются два блока второго ранга: Северо-восточный и Юго-западный, которые, в свою очередь, расчленяются на ряд структурных элементов третьего ранга (рис.1). Граница между блоками второго ранга в приповерхностной структуре осадочного чехла вы-

ражена северо-западным окончанием Жуковского [3] прогиба. Хронологическо-генетическая характеристика современной поверхности определяется распространением среднеледниковых аккумулятивных ледниковых, водно-ледниковых равнин московского оледенения, граница распространения которого совпадает с юго-восточным ограничением Смоленского мегаблока. Мощности четвертичных отложений, залегающих на мезозойских и палеозойских образованиях, составляют 40-50 м.

В аномальном гравитационном поле [20] Смоленскому мегаблоку соответствует крупная изометричная отрицательная аномалия, значения которой возрастают от 0 (на границе с Девновско-Деснинским мегаблоком) до -20 мГал. (в районе г. Смоленска). В аномальном магнитном поле (ΔT)а [21] весь мегаблок характеризуется отрицательными аномалиями со средней интенсивностью (-3) - (-5) мЭ. Аномалии вытянуты в направлении СЗ 290°. Граница структур второго ранга отмечена цепочкой положительных аномалий (от 0 до +10 мЭ).

В нижнем мегакомплексе Смоленский мегаблок сопоставляется с частью области развития песчанико-сланцевой и базальт-андезит-риодацитовый ассоциации (байгоровская группа) с абсолютным возрастом 2.1 ± 0.08 млрд. лет и является фрагмен-

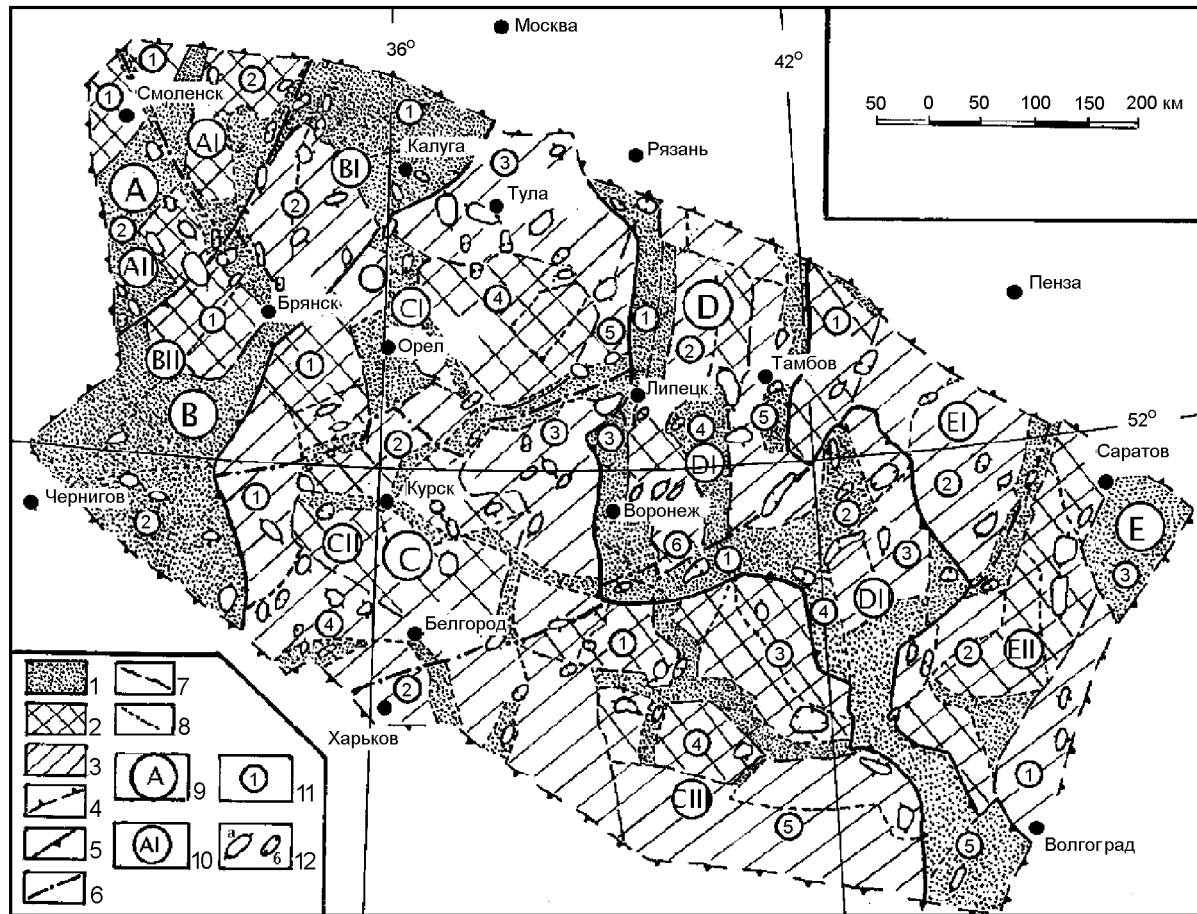


Рис.1. Схема неотектонического районирования территории Воронежского кристаллического массива: 1 - относительно опущенные участки, соответствующие в приповерхностной структуре осадочного чехла депрессиям и линейным прогибам; 2 - относительно поднятые участки, соответствующие поднятиям; 3 - участки с промежуточным высотным положением, соответствующие структурным террасам (моноклиналям). 4 - границы ВКМ; 5 - границы мегаблоков; 6 - границы блоков второго ранга; 7 - границы блоков третьего ранга; 8 - границы структур четвертого и более высоких рангов; 9 - структуры первого ранга: А - Смоленский, В - Днепровско-Деснинский, С - Среднерусский, D - Окско-Донской, E - Приволжский мегаблоки; 10 - структуры второго ранга: AI и BI - Северо-восточные, AII и BII - Юго-западные блоки; CI - Северный, CII - Центральный, CIII - Юго-восточный блоки; DI - Северный, DII - Южный блоки; EI - Северо-западный, EII - Юго-восточный блоки. 11 - блоки третьего ранга (названия даны по Г. И. Раскотову [3], А. В. Цыганкову [6], А. В. Вострякову [7]): AI1 - Ярецевский, AI2 - Ельнинский, AII1 - Сожский, AII2 - Суражский, BI1 - Уранский, BI2 - Жиздринский, BII1 - Брянский, BII2 - Приднепровский, CI1 - Дмитровский, CI2 - Окский, CI3 - Тульский, CI4 - Новосильский, CI5 - Трубетчинский, CII1 - Крупецкий, CII2 - Курский, CII3 - Кшень-Оскольский, CII4 - Белгородский, CIII1 - Острогожский, CIII2 - Харьковский, CIII3 - Калачский, CIII4 - Кантемировский, CIII5 - Первомайско-Чирский, DI1 - Салтыковский, DI2 - Мичуринский, DI3 - Кривоборский, DI4 - Токаревский, DI5 - Тамбовский, DI6 - Шуквакинский, DII1 - Масальский, DII2 - Мучкапский, DII3 - Хоперский, DII4 - Урюпинский, DII5 - Нижнедонской, EI1 - Рождественский, EI2 - Аркадакский, EII1 - Приволжский, EII2 - Доно-Медведицкий, EII3 - Марковский, 12 - Локальные структуры: а - поднятия, б - впадины.

том Осницко-Макашевичского вулcano-плутонического пояса [22], или раннепротерозойского коллизийного комплекса Волынского пояса [23]. Резкое угловое несогласие, разделяющее нижний и верхний мегакомплексы, ассоциируется с поверхностью кристаллического фундамента, абсолютные отметки которой в пределах Смоленского мегаблока изменяются от -400 м до -1100 м, уменьшаясь в северо-западном направлении. Северная граница мегаблока выражена резким увеличением уклона до 25 м/км в интервале абсолютных высот от -1000 м до -1500 м. На западе и юго-западе резкое увеличение уклона поверхности фундамента до 17 м/км наблюдается в интервале высот от -1100 м до -1700 м. Граница

Смоленского мегаблока с Днепровско-Деснинским мегаблоком на крайнем юго-западе проходит по СЗ борту Клинцовского грабена. Она отмечена перепадом высот от -400 м до -700 м со средним уклоном 12 м/км. Непосредственно вдоль границы в пределах Смоленского мегаблока располагается валообразная полоса поднятий фундамента шириной 25-30 км с относительной амплитудой 120-150 м. Продолжение этой полосы к северо-востоку маркирует остальную часть границы, однако контрастность поднятий здесь несколько меньше. Относительная амплитуда снижается до 80-40 м при средней ширине около 30 км. На уровне структурных элементов второго ранга характеристика поверхности фундамента существ-

венно различна. Так, в пределах Северо-восточного блока поверхность фундамента погружается в направлении СЗ 340° с уклоном 2,5 м/км, а на территории Юго-западного - на СЗ 290° со средним уклоном 6,2 м/км.

Осадочный чехол Смоленского мегаблока образует верхний структурный мегакомплекс, объединяющий верхнепротерозойский, палеозойский, мезозойский и кайнозойский комплексы. Мощность чехла изменяется от 580 м на крайнем юге до 920 м в центральной части и до 1360 м на северо-западе. Ее средняя величина в пределах Северо-восточного блока 1086 м, а в пределах Юго-западного - 935 м. Граница современного распространения пород верхнепротерозойского структурного комплекса на большей части территории Смоленского мегаблока совпадает с его юго-восточным ограничением и лишь на северо-востоке уходит в сторону Днепровско-Деснинского мегаблока. В пределах Северо-восточного блока верхнепротерозойский комплекс представлен верхневендским структурным этажом, мощность пород которого возрастает в направлении СЗ 320° со средним градиентом 2,5 м/км до 400 м. В Юго-западном блоке средний градиент увеличения мощности достигает 25 м/км в преобладающем направлении СЗ 275°. Ее максимальная величина составляет 800 м. Такие резкие отличия в мощностях связаны по-видимому с тем, что на значительной части территории Юго-западного блока в разрезе присутствуют отложения нижнего венда.

Палеозойский структурный комплекс, отделяется от верхнепротерозойского угловым несогласием. В пределах Северо-восточного блока подошва палеозоя наклонена по азимуту СВ 50°. Ее абсолютные отметки уменьшаются от -500 м до -800 м с уклоном 1,9 м/км. Направление падения подошвы палеозоя в Юго-западном блоке резко изменяется и составляет СЗ 340°, а абсолютные отметки понижаются от -320 до -550 м с уклоном 2,3 м/км. Северная граница мегаблока в подошве палеозоя выражена структурным жёлобом с общим восточным уклоном. Юго-западная граница - серией пологих флексур, а юго-восточная - пологим валообразным поднятием. Граница между структурами второго ранга в центральной части представлена пологим линейным прогибом с относительной амплитудой около 50 м и шириной 25-30 км. В контурах Юго-западного блока палеозойский комплекс представлен одним девонским структурным этажом, мощность которого возрастает в направлении СЗ 340° от 310 м до 670 м. В Северо-восточном блоке в палеозойском комплексе выделяются два структурных этажа: девонский и каменноугольный. Мощность пород девона здесь изменяется от 600 м до 900 м в направлении СВ 50°. Граница современного распространения карбона совпадает с границей между Северо-восточным и Юго-западным блоками. Подошва каменноугольных отложений обладает сложным рельефом, но ее общий уклон направлен по азимуту СЗ 285°, а абсо-

лютные отметки изменяются от +60 м до +140 м. Мощность карбона в северо-западной половине блока возрастает от 0 м до 120 м в направлении СВ 60°, в юго-восточной - от 0 м до 100 м в направлении ЮВ 110°. Северная граница Смоленского мегаблока в подошве карбона выражена полосой чередующихся локальных поднятий и впадин с относительными амплитудами до 20 м и средними размерами в плане 15 x 25 км. Оси локальных структур ориентированы примерно под углом 45° к простиранию границы. На границе с Днепровско-Деснинским мегаблоком в подошве карбона наблюдаются прерывистые пологие уступы, чередующиеся с поперечными локальными поднятиями валообразной формы.

Мезозойский структурный комплекс объединяет юрский и меловой структурные этажи. Северная граница Смоленского мегаблока в подошве мезозоя выражена полосой локальных впадин и поднятий с относительными амплитудами не превышающими 20 м. Юго-западная - прерывистой серией прогибов шириной около 30-40 км и амплитудой 10-30 м. Юго-восточное ограничение мегаблока образовано серией структурных носов и понижений между ними. В Северо-восточном блоке подошва мезозоя характеризуется перепадами высот от +200 м (на крайнем северо-западе) до +130 м. Наибольшая изменчивость высот с градиентом 1,0 м/км наблюдается в направлении СВ 20°. Юго-западный блок отличается отчетливо выраженным южным погружением подошвы мезозоя от +160 м до -120 м с уклоном, достигающим 2,2 м/км. В пределах Северо-восточного блока мезозойский структурный комплекс представлен только юрским структурным этажом, а в Юго-западном блоке - юрским и меловым, причем, граница между блоками совпадает с границей современного распространения меловых отложений. Подошва мела в целом погружается в южном направлении от +150 м до +10 м. Юго-восточная граница Смоленского мегаблока фиксируется чередованием структурных носов и седловин примерно до широты г. Брянска, а северо-восточное совпадает с границей современного распространения меловых отложений. Кайнозойский структурный комплекс в области Смоленского мегаблока в значительной степени редуцирован и представлен только четвертичными образованиями. Их подошва в Северо-восточном блоке в среднем на 20 м приподнята относительно Юго-западного блока, в котором она наклонена к югу.

Днепровско-Деснинский мегаблок, отчетливо проявляющийся в морфометрических параметрах как область преобладающего выравнивания [19], характеризуется слабыми неотектоническими поднятиями с суммарной величиной, не превышающей 75 м [10]. В пределах Днепровско-Деснинского мегаблока отчетливо обособливаются два элемента второго ранга: Северо-восточный и Юго-западный блоки. Граница между ними образована зоной разломов фундамента северо-западного простирания,

являющейся непосредственным продолжением разломной зоны, разделяющей блоки второго ранга в контурах Смоленского мегаблока. Северо-восточный и Юго-западный блоки отличаются противоположными общими уклонами вершинной поверхности: северо-восточным для первого (СВ 30° , $0,4$ м/км) и юго-западным (ЮЗ 220° , $0,2-2,0$ м/км) для второго. Внутри этих структурных элементов устанавливаются структуры третьего и более высоких рангов (рис. 1). Возраст поверхности определяется в основном развитием ледниковых и водно-ледниковых аккумулятивных равнин раннеокеанского (донского) и среднеокеанского (московского) оледенений. Последние распространены только в пределах Угранской депрессии. Отсутствие неогеновых отложений и наличие глубоких погребенных долин [24] свидетельствуют о молодом - четвертичном возрасте заложения Днепровско-Деснинского прогиба. В аномальном гравитационном поле Днепровско-Деснинский мегаблок отчетливо проявлен широкой полосой положительных аномалий с интенсивностью от 0 до -10 мГал [20]. В аномальном магнитном поле его в целом характеризует мозаичный рисунок чередующихся положительных и отрицательных аномалий. В Юго-западном блоке преобладают отрицательные аномалии (от 0 до -10 мЭ), в Северо-восточном - положительные (до $+143$ мЭ). В структуре докембрийского фундамента Днепровско-Деснинскому мегаблоку соответствует Брянский гранито-гнейсовый пояс с абсолютным возрастом пород $2,2-2,0$ млрд. лет с широким развитием лейкократовых субщелочных гранитов Атаманского комплекса ($1,87 + 0,01$ млрд. лет) [22]. Абсолютные отметки фундамента в пределах Северо-восточного блока понижаются от -400 м до -1000 м со средним уклоном $5,0$ м/км в направлении СВ 40° . Граница его со Среднерусским мегаблоком выражена серией кулисообразно расположенных структурных желобов с амплитудами $50-100$ м, шириной $25-30$ км и протяженностью $50-60$ км с осями, ориентированными в меридиональном направлении. В северной части, на границе с Пачелмским авлакогеном фиксируется серия прогибов и поднятий с осями, направленными по азимуту СВ $40-50^\circ$. На границе с Юго-западным блоком резко изменяется направление уклона поверхности фундамента (СЗ 320° , $3,3$ м/км). В Клиновском грабене уклон возрастает до 25 м/км. Абсолютные отметки фундамента в Юго-западном блоке изменяются от -100 м до -400 м (в Клиновском грабене до -750 м). В Северо-восточном блоке в пределах Угранской депрессии (рис. 1) фундамент перекрыт вендскими отложениями, в Жиздринской структурной террасе [3] - ряжским горизонтом среднего девона, при этом граница современного распространения ряжских отложений совпадает с границей Северо-восточного и Юго-западного блоков. В Юго-западном блоке верхнепротерозойский структурный комплекс развит только в Клиновском грабене, а за его преде-

лами поверхность фундамента перекрыта наровским горизонтом девона до границы с Приднепровской депрессией, где на породах докембрия залегают мезозойские отложения.

Палеозойский структурный комплекс образован девонским и каменноугольным структурными этажами. Каменноугольные отложения распространены только в пределах Северо-восточного блока, где их подошва характеризуется сложным рельефом. Угранская депрессия здесь выражена впадиной с абсолютными отметками от $+60$ м до $+10$ м. Впадина открыта к западу. Уклон подошвы карбона в ее пределах составляет в среднем $0,3$ м/км. На границе с Жиздринской структурной террасой в подошве карбона наблюдается уступ с относительной амплитудой около 65 м и уклоном $0,9$ м/км. В пределах Жиздринской моноклинали подошва каменноугольных отложений имеет высоты от $+80$ м до $+140$ м. Мощность девонских отложений в Угранской депрессии возрастает в северо-восточном направлении от 650 м до 870 м. В области Жиздринской моноклинали она составляет $630-650$ м. В Юго-западном блоке, в пределах Брянского неотектонического поднятия мощность девона увеличивается в северо-западном направлении от 150 м до 550 м.

Подошва мезозойского структурного комплекса в Северо-восточном блоке располагается на абсолютных отметках $150-220$ м. В пределах Угранской депрессии ее максимальный уклон в направлении ЮВ 140° составляет $2,0$ м/км. В Жиздринской структурной террасе (моноклинали) подошва мезозоя наклонена на север с тем же уклоном. Граница Северо-восточного и Юго-западного блоков выражена резким перепадом высот в направлении ЮЗ 220° с уклоном $5,0$ м/км. Вдоль границы фиксируется полоса чередующихся локальных поднятий и впадин с относительными амплитудами $30-40$ м. В Северо-восточном блоке граница со Среднерусским мегаблоком также образована чередованием впадин и поднятий, ориентированных вдоль границы. В Юго-западном блоке она выражена уступом с относительной высотой до 20 м. Подошва мезозоя в Юго-западном блоке в целом достаточно резко погружается в направлении СВ 25° с уклоном $3,3$ м/км. Мезозойский комплекс образован юрским и меловым структурными этажами, причем в Угранской депрессии меловые отложения отсутствуют. В Жиздринской моноклинали подошва мела залегает на высотах от 140 м до 200 м без преобладающего направления уклона. В Юго-западном блоке она отчетливо погружается в направлении ЮЗ 220° со средним уклоном достигающим $2,8$ м/км от $+160$ до -200 м. Граница со Среднерусским мегаблоком в Юго-западном блоке образована структурным желобом глубиной $20-30$ м и шириной до 25 км. В Северо-восточном блоке - чередованием впадин и поднятий с ориентировкой осей СВ $70-80^\circ$. Кайнозойский структурный комплекс на большей части территории представлен только четвертичными отложениями.

Лишь в пределах Приднепровской депрессии распространены палеогеновый структурный этаж.

Среднерусский мегаблок по морфометрическим параметрам [19] может быть разделен на три структурных элемента второго ранга: Северный, Центральный и Юго-восточный блоки. Характерной особенностью структур второго ранга является закономерное сочетание структурных элементов третьего ранга. Основой таких структурных ансамблей служат один или несколько поднятых блоков (поднятий в приповерхностной структуре осадочного чехла), разделяющихся зонами разломов в фундаменте (линейными прогибами в приповерхностной структуре). По периферии располагаются структурные террасы. Весь мегаблок в аномальном гравитационном поле совпадает с крупной отрицательной аномалией с интенсивностью от 0 до -10 мГал, а три его элемента второго ранга с аномалиями, достигающими в их центральных частях -20 мГал [20]. В аномальном магнитном поле наблюдаются широкие положительные и отрицательные аномалии северо-западного простирания, которые в северо-восточной части сменяются полем с мозаичной структурой. Фоном здесь являются отрицательные аномалии с интенсивностью -5 мЭ. В него вкраплены мелкие изометричные положительные аномалии (10-50 мЭ). Границы структур второго ранга отмечены пережимами полос аномалий, изменением их простирания, смещениями осей. В структуре докембрийского фундамента Среднерусский мегаблок соответствует в основном Курскому блоку, образованному гнейсами и кристаллическими сланцами обоянской серии; сланцами, метапесчаниками, железистыми кварцитами и вулканоплутонической ассоциацией коматиито-базальтов с дацит-риолитовой составляющей михайловской группы (3,3-3,1 млрд. лет); сутурными поясами (терригенно-карбонатными породами, магнетитовыми кварцитами, прослоями риолитовых и мафических лав - лебединская, курская и оскольская серии с возрастом от 2,65 до 2,05 млрд. лет) [22]. Северная и северо-восточная части Среднерусского мегаблока сопоставляется с Воронежско-Шукавкинской активной континентальной окраиной, образованной гранито-гнейсовым комплексом частично ремобилизованным в раннем протерозое [22].

В пределах Северного блока отчетливо обозначены структуры третьего ранга (рис. 1), в приповерхностной структуре сопоставляющиеся с Новосильским и Дмитровским поднятиями, а также Тульской и Трубетчинской структурными террасами [3]. Величина суммарных неотектонических движений с учетом эвстатических колебаний уровня океана [10] для поднятий в среднем составляет 150 м, для структурных террас - 125 м. В контурах структур третьего ранга выделены элементы четвертого и более высоких рангов. Возраст поверхности высоких водоразделов в пределах Тульской и Трубетчинской структурных террас - раннечетвертичный, определяющийся развитием аккумулятивных и водноледниковых

равнин Донского оледенения. При этом границы распространения морены донского горизонта в целом совмещаются с границами структурных террас. В пределах Дмитровского поднятия вершинная поверхность опирается на сохранившиеся фрагменты палеоцен-эоценовых эрозионно-денудационных равнин, а в пределах Новосильского поднятия - позднемиоценовых-раннеплиоценовых эрозионно-денудационных равнин [25]. В области Трубетчинской структурной террасы под ледниковым комплексом отложений сохраняются реликты палеоцен-эоценовой эрозионно-денудационной равнины, замещающей южнее позднемиоценовой-раннеплиоценовой эрозионно-денудационной равниной, которая, в свою очередь, сменяется к югу олигоцен-миоценовой аллювиально-озерной и аллювиально-пролювиальной равниной. В строении разреза осадочного чехла Северного блока принимают участие верхнепротерозойский, палеозойский, мезозойский и кайнозойский структурные комплексы. Рельеф докембрийского фундамента в пределах Северного блока образован моноклиналью с преобладающим уклоном 2,9 м/км в направлении СВ 20° и абсолютными отметками изменяющимися от -100 м до -1150 м. В пределах Тульской структурной террасы фундамент перекрыт отложениями верхнепротерозойского структурного комплекса мощностью до 100 м, а за ее пределами - ряжским горизонтом девона. Каменноугольный структурный этаж развит в северной половине блока, на площади Тульской структурной террасы и частично на северном крыле Новосильского поднятия. Граница современного распространения карбона в целом имеет субширотную ориентировку и проходит вблизи границ структур четвертого ранга. Мощность каменноугольных отложений изменяется от 0 до 120 м. Абсолютные отметки их подошвы понижаются от +240 м до 0 м в преобладающем направлении СВ 25° и средним уклоном 1,7 м/км.

В мезозойский структурный комплекс входят юрский и меловой структурные этажи. Подошва мезозоя залегает на абсолютных высотах от +80 до +260 м, ее рельеф характеризуется морфологическим сходством с рельефом вершинной поверхности и несколькими модальными направлениями уклона: СВ 25° (0,9 м/км); СЗ 330° (1,0 м/км); ЮВ 105° (1,5 м/км); ЮЗ 230° (1,6 м/км). Меловой структурный этаж на площади Тульской моноклинали распространен фрагментарно. Абсолютные высоты подошвы мела здесь изменяются от +140 до +200 м и имеют общий северо-восточный уклон. На остальной территории они находятся в интервале от 140-180 м (Трубетчинская структурная терраса).

Центральный блок вытянут в субширотном направлении и отделяется от Северного блока сложно построенной зоной разломов, выраженной в приповерхностной структуре осадочного чехла Михайловским и Елецко-Ливенским прогибами [3]. По морфометрическим параметрам [19] Центральный

блок отчетливо делится на ряд структурных элементов третьего ранга. Из них Курский блок (Курское поднятие в приповерхностной структуре [3]) является стержневой структурой Центрального блока. С юго-запада и северо-востока к нему примыкают структурные террасы. Структуры третьего ранга делятся на ряд более мелких структурных элементов (рис.1). Вершинная поверхность в области Центрального блока опирается на олигоцен-миоценовую поверхность выравнивания, которая в пределах Курского поднятия представлена в основном эрозионно-денудационными равнинами с реликтами коры выветривания, а на структурных террасах - аллювиально-пролювиальными и аллювиально-озерными равнинами [25]. Суммарная амплитуда неотектонических движений в Центральном блоке составляет от +125 до +150 м [10]. В аномальном магнитном поле Курское поднятие отмечено широкой полосой отрицательных (от -5 до -30 мЭ) аномалий с узкими зонами положительных (до +120 мЭ) аномалий северо-западного простирания. В пределах прилегающих с северо-востока структурных террас поле имеет мозаичную структуру, преобладают отрицательные аномалии (-5 мЭ в среднем). Небольшие изометричные положительные (до +50 мЭ) аномалии встречаются относительно редко. Структурные террасы юго-западного обрамления отмечены полосой северо-западного простирания линейных положительных (+10-30 мЭ) аномалий. Абсолютные отметки поверхности фундамента в области Курского поднятия и Кшень-Оскольской структурной террасы находятся в пределах от -200 м до +50 м и характеризуют свод Воронежской антеклизы. В пределах структурных террас юго-западной части Центрального блока они понижаются в направлении ЮЗ 220° с уклоном 8,8 м/км от -200 м до -1000 м. В северо-восточной части Курского поднятия, а также в области Кшень-Оскольской структурной террасы фундамент перекрыт девонским структурным этажом, а в прилегающей с юго-запада полосе - породами мезозоя. В области структурных террас юго-западной части Центрального блока на фундаменте залегают каменноугольные отложения. Мезозойский структурный комплекс представлен юрским и меловым структурными этажами. Подошва мезозоя в целом погружается по азимуту ЮЗ 210° с уклоном 7,3 м/км от +120 до -800 м, а подошва мела - по азимуту ЮЗ 200° с уклоном 1,5 м/км от +210 м до -300 м. Подошва кайнозойского структурного комплекса (палеогеновый и неоген-четвертичный структурные этажи) располагается на абсолютных отметках от +90 м до +240 м и погружается в направлении ЮЗ 225° со средним уклоном 0,7 м/км.

Юго-восточный блок в гипсометрическом положении вершинной поверхности характеризуется высотами 170-220 м. Он отличается большой глубиной вертикального расчленения, сочетающейся с достаточно интенсивным развитием процессов выравнивания [19]. Самая высокая олигоцен-миоце-

новая поверхность выравнивания на северо-востоке территории образована преимущественно эрозионно-денудационными равнинами, а на юго-западе - аллювиально-озерными. Среди структурных элементов третьего ранга наиболее приподнятые блоки (Калачское, Кантемировское, Острогжское поднятия в приповерхностной структуре осадочного чехла [3]) сгруппированы в северо-восточной части блока. С юго-запада к ним примыкают структурные террасы (рис.1). В аномальном магнитном поле резко выделяются два района. Первый характеризуется отрицательными (от -3 до -5 мЭ) изометричными аномалиями и приурочен к области Калачского поднятия, а второй, охватывающий остальную территорию, - положительными (от +2 до +5 мЭ) изометричными аномалиями, на фоне которых выступают отдельные слабые отрицательные аномалии (от 0 до -1 мЭ). В структуре фундамента Юго-восточный блок соответствует в основном Россошанскому фрагменту, образованному гранито-гнейсовым комплексом, частично ремобилизованным в раннем протерозое (мигматизированные породы обоянского и михайловского комплексов архея) с широким развитием массивов лейкократовых субщелочных гранитов атаманского комплекса, а также гранитов и граносиенитов павловского комплекса [22]. В рельефе фундамента выделяются два преобладающих направления погружения: восточное (ЮВ 95° со средним уклоном 5,0 м/км от 0 м до -500 м) и юго-западное (ЮЗ 225° с уклоном 7,4 м/км от 0 до -1000 м). Присводовая часть Воронежской антеклизы с азимутом простирания оси СЗ 310° и абсолютными отметками от 0 до +50 м (Павловское поднятие [5]) сопоставляется с группой неотектонических поднятий северо-восточной части Юго-восточного блока. В разрезе осадочного чехла участвуют палеозойский (девонский и каменноугольный структурные этажи), мезозойский (юрский и меловой структурные этажи) и кайнозойский (палеогеновый и неоген-четвертичный структурные этажи) комплексы. Девонский этаж распространен в северо-восточной и южной частях Юго-восточного блока, каменноугольный - отсутствует только на северо-востоке (в северной части Острогжского и Калачского поднятий). Подошва карбона погружается в юго-восточном и юго-западном направлениях со средним уклоном 5 и 6 м/км, соответственно. Самый большой средний уклон подошвы мезозоя (3,0 м/км) отмечается в области структурных террас в направлении ЮЗ 230° от абсолютных отметок +5 м до -200 м. В присводовой части Воронежской антеклизы высота подошвы мезозоя колеблется от 0 до +30 и от +60 до +90 м (Калачское поднятие). На востоке подошва погружается от +80 м до +30 м по азимуту В 90° со средним уклоном 1,8 м/км. Юрский структурный этаж распространен только на западе территории в пределах Харьковской структурной террасы. Средний уклон подошвы палеогена (0,5 м/км) от абсолютных отметок 190 м до 120 м направлен по азимуту ЮВ 135°.

Окско-Донской мегаблок в вершинной поверхности характеризуется высотами от 100 до 180 м. Самая древняя поверхность выравнивания в его пределах позднемiocеновая-раннеплиоценовая представлена аллювиальными равнинами и перекрыта мощной толщей нижнечетвертичных ледниковых и водно-ледниковых образований [25]. По морфометрическим параметрам Окско-Донской мегаблок отчетливо делится на две части (структуры второго порядка): Северный и Южный блоки. Отличительной чертой Северного блока является ярко выраженная линейность структурных элементов третьего ранга (рис.1) с соотношением ширины к длине около 0,3. Ориентировка осей структур в целом параллельна простиранию самого блока и изменяется от СЗ 340° (Шукавкинское поднятие) до СВ 20° (Мичуринское поднятие), составляя в среднем СВ 5° (Тамбовская структурная терраса). Северный блок в аномальном гравитационном поле выражен отрицательными (около -5 мГал) аномалиями, интенсивность которых плавно понижается с севера на юг. В аномальном магнитном поле ему свойственна мозаика слабых отрицательных (от -3 до -5 мЭ) аномалий с отдельными изометричными положительными (до +15 мЭ) аномалиями. Севернее г. Липецка основным фоном служат положительные (до +5 мЭ) аномалии среди которых отмечаются редкие отрицательные (до -3 мЭ). В докембрийской структуре фундамента Северному блоку соответствует сложно дислоцированная чешуйчато-надвиговая структура, образованная терригенными породами, в основном филлитоподобными сланцами воронцовской серии (не древнее $2.102 \pm 0,05$ млрд. лет); габбро-перидотитами троснянского комплекса; субщелочными пегматитами и аплитовидными гранитами Бобровского комплекса (2,04 - 2,02 млрд. лет) [22]. Поверхность фундамента в пределах Северного блока погружается в целом от 0 до -800 м в направлении СВ 15° с уклоном 2,7 м/км. Относительно Среднерусского мегаблока она в среднем опущена на 50-60 м. Важной чертой рельефа фундамента является наличие протяженных долинообразных понижений глубиной 40-50 м и шириной около 30 км, вытянутых в меридиональном направлении и совпадающих с прогибами в приповерхностной структуре осадочного чехла. Палеозойский структурный комплекс представлен девонским этажом, а мезозойский - юрским и меловым. При этом юрский структурный этаж распространен лишь в области Тамбовской структурной террасы и Моршанского поднятия. Подошва мезозойских отложений погружается в целом от +145 м до +35 м в направлении ЮВ 175° с уклоном 0,4 м/км. В рельефе подошвы мезозоя также выделяются долинообразные понижения (глубиной около 40 м), пространственно совпадающие с понижениями поверхности фундамента, но имеющие противоположный (южный) уклон. Кайнозойский структурный комплекс образован только неоген-четвертичным структурным этажом. Неогеновые отложе-

ния связаны со сложным террасовым рядом [26]. Для неогена характерно наличие глубоких погребенных миоценовых долин, часто пространственно совпадающих с долинообразными понижениями в подошве мезозоя и палеозоя, а также широкое развитие аллювиальных равнин, занимающих практически всю площадь Северного блока. Четвертичные отложения представлены мощной толщей ледниковых и водно-ледниковых нижнечетвертичных образований, аллювием широкого возрастного диапазона, субаэральными лессово-почвенными комплексами.

Южный блок резко отличается от Северного прежде всего преобладающей субширотной и северо-восточной ориентировкой границ структурных элементов третьего ранга, поперечной к общему простиранию самого блока. Структуры третьего ранга образованы в основном серией относительно опущенных блоков (депрессий в приповерхностной структуре осадочного чехла, разделенных узкими линейными прогибами [5]). В аномальном гравитационном поле Южный блок отличается от Северного положительными (в среднем +10 мГал) значениями аномалий. В аномальном магнитном поле для него характерны слабые отрицательные (от -2 до -4 мЭ) аномалии, часто вытянутые в субширотном направлении. Поверхность фундамента погружается в восточном направлении от -400 до -800 м со средним уклоном 11,5 м/км. Палеозойский структурный комплекс осадочного чехла представлен девонским и каменноугольным структурными этажами. Каменноугольные отложения отсутствуют лишь в северной части блока. Подошва мезозоя располагается на абсолютных отметках от 0 до +50 м в пределах Мучкапской и Масальской депрессий. На остальной территории она погружается от 0 до -200 м в направлении ЮВ 130° с уклоном 3,2 м/км. Мезозойский структурный комплекс представлен только меловым структурным этажом, а кайнозойский - неоген-четвертичным, сложенным аллювиальными, ледниковыми и водно-ледниковыми (донской горизонт нижнего неоплейстоцена) образованиями.

Приволжский мегаблок на территории ВКМ совмещается с южной, резко суженной частью Приволжской возвышенности и представляет фрагмент крупной неотектонической структуры, выходящей за пределы площади массива. Он характеризуется суммарными вертикальными неотектоническими движениями, оценивающимися с учетом эвстатического фактора величиной 100-200 м [10]. По комплексу признаков в пределах Приволжского мегаблока можно выделить два структурных элемента второго ранга: Северо-западный и Юго-восточный блоки (рис. 1). Юго-восточный блок выделяется высоким (более 350 м) положением вершинной поверхности, интенсивным расчленением, и отрицательно асимметричным распределением высот, свидетельствующим о продолжающихся неотектонических поднятиях [19]. Возраст самой высокой поверхности

выравнивания - олигоцен-миоценовый. Структурные элементы третьего ранга [6] в области Юго-восточного блока ориентированы преимущественно в СВ направлении (параллельно СЗ ограничению Прикаспийской впадины), а в Северо-западном блоке преобладает меридиональная ориентировка их осей. В аномальном гравитационном поле Юго-восточный блок характеризуется отрицательными (от -5 до -30 мГал) аномалиями, в то время как в области Северо-западного блока наблюдаются положительные (от 0 до +15 мГал) аномалии. В магнитном поле вся территория Приволжского мегаблока отмечена слабыми отрицательными (от -1 до -2 мЭ) аномалиями, но на границе Северо-западного и Юго-восточного блоков прослеживается прерывистая полоса удлинённых положительных аномалий, кулисообразно расположенных друг относительно друга и имеющих северо-восточную ориентировку осей. Поверхность кристаллического фундамента на границе Северо-западного и Юго-восточного блоков резко (с уклоном около 35 м/км) погружается от -1,6 км до -3,6 км в направлении ЮВ 105°. На границе между Доно-Медведицким поднятием и Приволжской моноклиной наблюдается еще один крупный уступ в поверхности фундамента (от -3,6 до -8 км). На границе с Прикаспийской впадиной абсолютные высоты поверхности фундамента резко снижаются до -12 и более км [27]. В пределах Северо-западного блока отметки фундамента изменяются от -800 м до -1600 м со средним уклоном 10,7 м/км. Большая глубина залегания фундамента объясняет его относительно слабую изученность. По геофизическим данным и редким скважинам предполагается, что глубинная структура Приволжского блока образована гранито-гнейсовыми комплексами архея. Верхнепротерозойский структурный комплекс распространён только в пределах Юго-восточного блока. Подошва палеозоя здесь наклонена в направлении ЮВ 110° от -1600 м до -3000 м со средним уклоном 26,7 м/км. Палеозойский структурный комплекс образован девонским, каменноугольным и пермским структурными этажами. Последний распространён в контурах отдельных структурных элементов (Приволжская моноклинал) Юго-восточного блока [6]. Подошва мезозойского структурного комплекса, представленного юрским и меловым этажами, погружается от -400 до -1200 м в направлении ЮВ 115° со средним уклоном 7,0 м/км в Юго-восточном блоке и по азимуту ЮВ 105° от -50 до -400 м со средним уклоном 3,3 м/км - в СЗ блоке. Кайнозойский структурный комплекс, сформирован палеогеновым и неоген-четвертичным структурными этажами. Подошва палеогена наклонена от +200 м до -40 м в направлении ЮВ 140° со средним уклоном 2,5 м/км. В строении четвертичного покрова граница Северо-западного и Юго-восточного блоков очерчена контуром распространения донской морены. На фоне относительно слабых неотектонических деформаций территории ВКМ резким диссонансом

выступает структура Юго-восточного блока Приволжского мегаблока. Ее отличает общий высокий уровень дислоцированности осадочного чехла, в котором углы падения на крыльях флексур достигают 70° [6,7], отчетливо проявленная линейность структурных элементов третьего ранга, образованных сериями валов (Арчединско-Донской, Жирновско-Иловлинский и др. в пределах Доно-Медведицких дислокаций), ограниченных с северо-запада линейными прогибами, а с юго-востока Приволжской моноклиной.

Краткий обзор характеристик неотектонических структур указывает на их определенную целостность, обеспечивающуюся блоковой природой тектонических движений. Эта целостность сохраняется как на уровне структур фундамента, так и различных срезов осадочного чехла, в которых она подчеркивается отличиями в ассоциациях структурных этажей, анизотропией уклонов реперных поверхностей, мощностями отложений. Несмотря на различный характер выраженности, границы блоков сохраняются в продолжение длительной геологической истории, проходя через многократные перестройки структурного плана, что позволяет сделать вывод о соответствующем длительном развитии зон разломов, заложившихся еще на доплитных стадиях формирования тектонической структуры.

Границы блоков фундамента, представленные зонами разломов, в осадочном чехле выражены областями их динамического влияния (ОДВР). В приповерхностной неотектонической структуре в зависимости от кинематики и динамических условий формирования эти области могут быть представлены сочетанием пликативных и дизъюнктивных деформаций [17]. При этом в условиях горизонтального растяжения, ось которого ориентирована перпендикулярно к простиранию области или отклоняется от него не более чем на 20°, образуются линейные прогибы. При углах между осью растяжения и простиранием области динамического влияния, находящихся в интервале от 20° до 45° появляется сдвиговая компонента и инфраструктура прогибов осложняется серией локальных впадин, располагающихся попеременно то в одном, то в другом их крыле. При углах от 45° до 80° возникают сдвиговые зоны с s-образным рисунком дуплексов (с кулисами локальных поднятий и впадин). При оси растяжения, ориентированной по простиранию области или с отклонением от него на величину до 20° образуются зоны сжатия, представлены валообразными линейными поднятиями. В случае вертикальных движений блоков сбросового и взбросового типов ОДВР представлена смыкающимися крыльями флексур. Ширина ОДВР примерно равна учетверенной мощности деформируемого слоя и может служить диагностическим признаком при ранжировании разломных зон по глубине иницирующего их очага [17]. Разрывные нарушения возникают по мере перехода от пликативной к дизъюнктивной стадиям развития ОДВР.

Прерывистые полосы повышенной трещиноватости (деструктивные поля) в условиях горизонтального растяжения образуются вблизи границ линейных прогибов, в сдвиговых зонах оконтуривают дуплексы, в областях сжатия проходят вдоль границ валлообразных поднятий. В ОДВР сбросового типа формируются две полосы деструктивных полей. Одна (узкая, слабо развитая) в опущенном крыле. Другая (широкая) - в поднятом. Для взбросов характерны обратные соотношения. В условиях чехла платформ дизъюнктивные деформации преломляются через сеть разноранговой диагенетической трещиноватости и выражены комбинациями аномалий плотности трещин различных по направлению систем [28].

В верхней части осадочного чехла территории ВКМ наибольшим распространением пользуются ОДВР, сформировавшиеся в условиях комбинированного (вертикального и горизонтального) растяжения, представленные линейными прогибами и смыкающимися крыльями флексур. Самая протяженная система линейных прогибов пересекает с севера на юг всю территорию массива вдоль границ структур различного ранга. В нее входят (рис. 1) Салтыковский и Кривоборский прогибы на границе между Среднерусским и Окско-Донским мегаблоками, Павловско-Мамонский прогиб, рассекающий группу поднятий Юго-восточного блока Среднерусского мегаблока. Средняя ширина прогибов составляет 30-40 км, что позволяет оценить глубину инициирующего их очага в 7-10 км, которая в первом приближении соответствует глубине подошвы верхнего и среднего горизонтов верхней коры [16]. Средняя относительная амплитуда прогибов около 30 м. Прогибы на границе Среднерусского и Окско-Донского мегаблоков сочетаются со смыкающим крылом флексуры с относительной амплитудой около 50 м, фиксирующейся как по поверхности фундамента, так и в различных структурных реперах осадочного чехла. Наличие в их пределах локальных структур позволяет отнести названные ОДВР к сбросам с раздвиговой и сдвиговой компонентами. ОДВР, соответствующая Павловско-Мамонскому прогибу интерпретируется как раздвиговая структура со сдвиговой компонентой. В структуре докембрийского фундамента система прогибов сопоставляется с Лосевско-Мамонской зоной разломов, располагающейся в пределах раннепротерозойской Ливенско-Богучарской коллизийной шовной зоны [16]. Ширина ОДВР на других границах структур первого ранга также в среднем составляет 30-40 км. В кинематическом отношении они могут рассматриваться преимущественно как сбросы со сдвиговой компонентой (рис. 2). Флексуры и прогибы преобладают в подавляющем количестве границ структур второго, третьего и более высоких рангов. При этом, как правило, ширина ОДВР уменьшается с увеличением ранга структур. Для структур второго ранга ее среднее значение еще может составлять 30 км (Михайловский, Ливенско-Елецкий прогибы на границе

Северного и Центрального блоков Среднерусского мегаблока) но в целом скачкообразно уменьшается до 15-20 км, что сопоставимо с глубиной инициирующего очага, располагающегося на глубине 5 км (подошва первого горизонта верхней коры [16]). Для ОДВР на границах структур третьего ранга средняя ширина обычно не выходит за пределы 15 км (исключением является лишь Павловско-Мамонский прогиб). Неоструктурные элементы четвертого порядков разделяются ОДВР шириной около 5 км.

Поля неотектонических напряжений могут быть ранжированы в соответствии с рангами неотектонических структур [28]. Территории ВКМ в целом на неотектоническом этапе формировались в условиях субмеридионального сжатия. Этот вывод следует из геодинамических построений Л.А.Сим, выполненных на основе СГ-метода [14]. Он вытекает из анализа неоструктурной анизотропии, главная ось которой ориентирована в субширотном направлении [29], подтверждается результатами статистического анализа ориентировки разломов, активных на неотектоническом этапе. На сводных розах-диаграммах для всей территории ВКМ выделяются четыре их основных системы: СВ 35-70°, СЗ 315-330°, СВ 5°, СВ 85° - СЗ 275°. Первая из них характеризуется пиком с азимутом 35° и восточным трендом дисперсии простираций, а вторая пиком 330° и западным трендом дисперсии. В соответствии с методикой П.Н.Николаева [30] эти системы можно считать сопряженными, а положение оси сжатия для территории ВКМ в целом характеризуется азимутом СВ 3°. Правомерность применения методики П.Н.Николаева для установления параметров полей напряжений по азимутам простираций обосновывается вертикальным положением сместителей, а также имеющимися данными по массовым замерам ориентировки трещин в обнажениях, в соответствии с которыми тензоры поля напряжений характеризуются вертикальной или почти вертикальной ориентировкой промежуточной оси и практически горизонтальным положением осей сжатия и растяжения (таблица). Поля неотектонических напряжений для структур первого и второго рангов, восстановленные по комплексу методов, характеризуются некоторыми отличиями. Так, для Смоленского мегаблока ось максимальной анизотропии ориентирована в направлении СВ 50°, что соответствует положению оси сжатия СЗ 320°. Для структур второго порядка в его пределах (Северо-восточного и Юго-западного блоков) оси максимальной структурной анизотропии занимают положение СВ 80° и СВ 70°, а оси сжатия ориентированы СЗ 340° и СЗ 350°, соответственно. Положение оси сжатия для Днепровско-Деснинского мегаблока определяется азимутом СВ 40°, а для его Северо-восточного и Юго-западного блоков СВ 10-12° и СВ 0-5°, соответственно. Среднерусский мегаблок в целом испытывает сжатие в направлении СВ 8-10°. Его Северный блок - по азимуту С 0°-

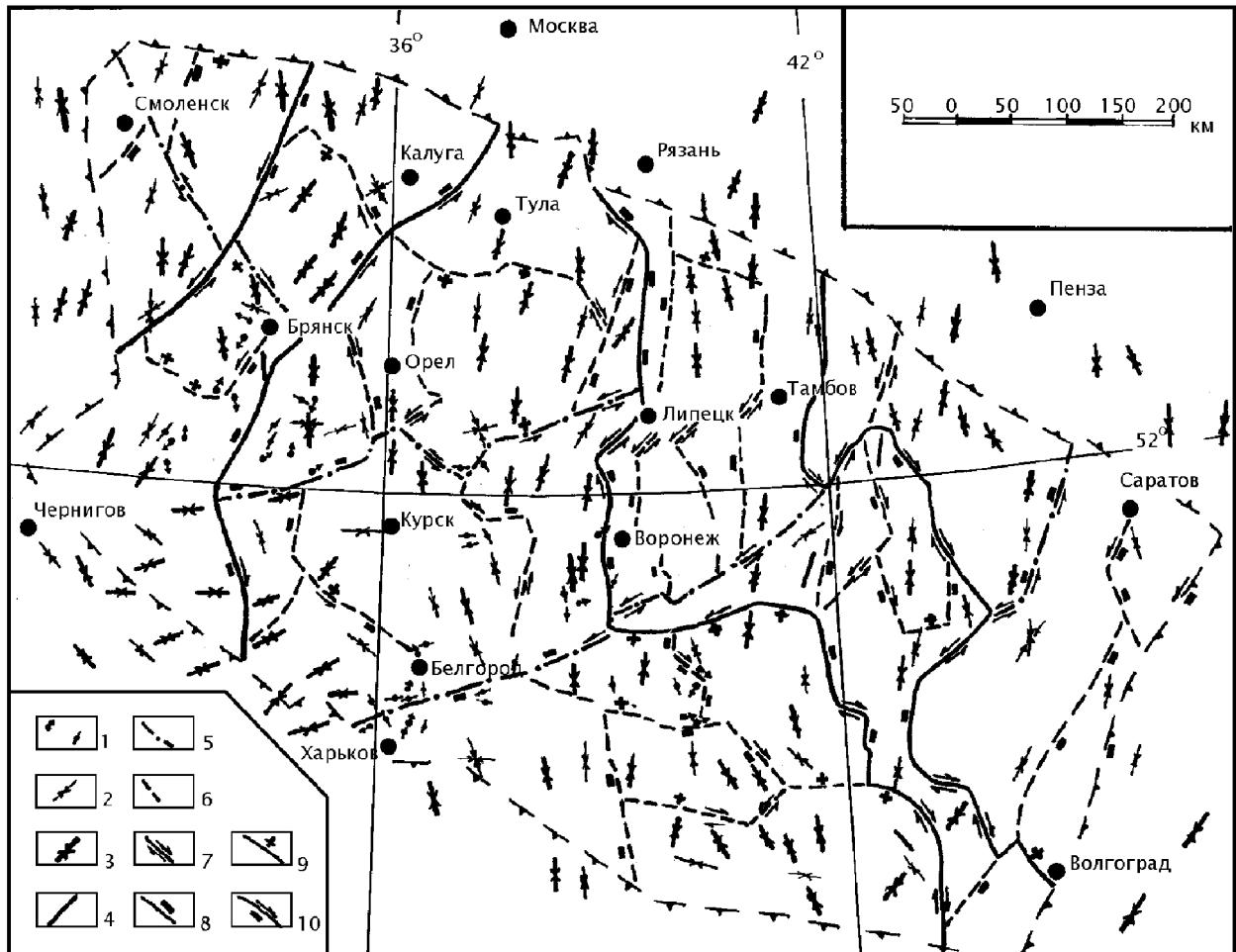


Рис.2. Схема полей тектонических напряжений территории Воронежского кристаллического массива: Ориентировка осей сжатия: 1 - по анализу результатов массовых замеров ориентировки трещин в неоген-четвертичных образованиях, 2 - по анализу простираний линейментов, 3 - по данным СГ - метода (по Л.А.Сим [14]). Границы структур: 4 - первого, 5 - второго, 6 - третьего ранга. Динамические условия ОДВР: 7 - сдвига, 8 - растяжения, 9 - сжатия, 10 - комбинированные.

СВ20°; Центральный - СЗ 320°, а Юго-восточный СЗ 325°. Ось сжатия в пределах северной части Окско-Донского мегаблока ориентирована в направлении С 0° - СЗ 350°, а в южной - от СЗ 350° до СВ 20°. Для Северо-западной части Приволжского мегаблока положение оси сжатия определяется направлением СЗ 320-245°, для Юго-восточной - СВ 30-35°. Локальными отличиями характеризуются поля напряжений и структурные элементы третьего и более высоких рангов (рис.2).

Происхождение неотектонических напряжений может быть описано на основе нескольких геодинамических моделей. Первая из них базируется на представлении о давлении Аравийской плиты [13] на край Восточно-европейской платформы. Возникающие при этом деформации отчетливо проявлены в пределах Юго-восточного блока Приволжского мегаблока (полоса Доно-Медведицких и Саратовских дислокаций), однако остальная часть территории ВКМ обладает существенно иным характером деформаций, позволяющим говорить о локальном воздействии идентора.

Модель, рассматривающая эффекты нестационарного перемещения литосферной плиты [31], находит свое подтверждение на уровне неоструктурных элементов первого ранга. «Тяжелые» блоки литосферы (в частности, Среднерусский мегаблок) в условиях торможения и меридионального сжатия создают обстановки локального растяжения и относительного погружения в своих тыловых частях (Тульская моноклираль) и сжатия во фронтальных частях (Кантемировское, Острогосское поднятия), а также сдвиговые структуры вдоль западного и восточного ограничений. Однако существенная внутренняя структурная неоднородность мегаблоков существенно осложняют рисунок локальных полей напряжений.

Представления о литосферных плюмах [15] могут быть обоснованы существованием выступа астеносферы, совпадающего с восточной частью Среднерусского мегаблока [18,32], наличием структурных ансамблей растяжения, в центральных частях которых расположены поднятия, разделяющиеся радиально расходящимися прогибами и окруженные

**Параметры полей напряжений по анализу ориентировки трещин
в неогеновых и четвертичных отложениях**

№№	Привязка	Возраст	Количество замеров	Тензор напряжений*		
				δ_1	δ_2	δ_3
1	с. Теменичи	vd Q II-III	100	129(7)	322(84)	214(4)
2	с. Городище	vd Q II-III	150	22(12)	198(80)	292(3)
3	п. Брусничный	vd Q II-III	100	305(6)	315(84)	34(1)
4	г. Трубчевск	vd Q II-III	100	348-168(0)	(90)	78-258(0)
5	г. Трубчевск	vd Q II-III	100	180(8)	152(81)	250(1)
6	п. Случевск	vd Q II-III	100	90(10)	249(79)	355(3)
7	п. Гремяч	vd Q II-III	100	64(10)	254(78)	166(2)
8	с. Андрейковичи	vd Q II-III	100	266(3)	10(81)	178(9)
9	с. Глоднево	vd Q II-III	100	35-215(0)	(90)	125-305(0)
10	с. Княгинино	vd Q II-III	150	148(3)	25(84)	228(5)
11	с. Хрипково	vd Q II-III	130	323-143(0)	(90)	233-53(0)
12	с. Евдокимовка	vd Q II-III	100	118-298(0)	(90)	28-208(0)
13	с. Лагеревка	vd Q II-III	100	122(1)	217(84)	28(7)
14	с. Игрицкое	vd Q II-III	100	134(4)	276(83)	44(3)
15	с. Илек-Пень	vd Q III	200	30-210(0)	(90)	300-120(0)
16	с. Ивановка	vd Q III	140	192(2)	270(82)	104(8)
17	с. Лозовенька	vd Q I-III	250	68-248(0)	(90)	338-158(0)
18	с. Пристень	vd Q III	150	78-258(0)	(90)	348-168(0)
19	с. Кудаевка	vd Q I-III	100	58-238(0)	(90)	328-148(0)
20	с. Кудаевка	NI np	100	213(8)	354(80)	120(7)
21	с. Марьино	vd Q I-III	100	70-250(0)	(90)	340-360(0)
22	с.Бражники	vd QI-III	150	115-295(0)	(90)	25-205(0)
23	с.Русск. Тишки	vd QIII	200	102-282(0)	180(84)	12(5)
24	с.Нестерное	vd QI-III	150	155-335(0)	(90)	65-245(0)
25	с.Плотвянка	vd Q I-III	100	187-7(0)	(90)	277-97(0)
26	с.Марьино	vd Q III	100	262(3)	139(83)	175(5)
27	с. Бурдановка	vd Q I-III	100	68-248(0)	(90)	336-1578(0)
28	с. Линцы	vd Q I-III	250	192-12(0)	(90)	282-102(0)
29	с. Рогачик	vd QI	250	30-210(0)	(90)	300-120(0)
30	с. Полевая	vd QI-III	100	145-325(0)	(90)	55-235(0)
31	с. Шахово	vd QI-III	150	228(4)	352(82)	145(6)
32	с. Шопино	vd QI-III	100	125-305(0)	(90)	305-215(0)
33	с. Бородаевка	vd QI	250	118-298(0)	(90)	28-208(0)
34	п. Горшечное	g QI	150	145-325(0)	(90)	55-235(0)
35	с. Чернянка	NI np	120	98(6)	221(76)	5(11)
36	с. Волобуевка	NI np	150	220-20(0)	(90)	290-110(0)
37	п. Тим	NI np	100	239(3)	0(84)	148(6)
38	с. Драгунское	vd QI-III	150	171-352(0)	(90)	82-262(0)
39	с. Дракино	vd QII	100	162-342(0)	(90)	72-252(0)
40	с. Дракино	vd QI	100	229(6)	248(84)	140(3)
41	с. Владимировка	vd QII-III	100	88-268(0)	(90)	358-178(0)
42	с. Владимировка	f QI	100	100-280(0)	(90)	10-190(0)
43	с.У.Муравлянка	vd QII-III	100	125-305(0)	(90)	35-215(0)
44	с.Болдыревка	Ig QI	100	162-342(0)	(90)	72-252(0)
45	с. Стригуны	d Q III	100	160-340(0)	(90)	70-250(0)
46	с.Ст. Калитва	vd QII-III	100	175-355(0)	(90)	85-265(0)
47	г.Семилуки	vd QII-III	100	172(5)	246(73)	82(16)
48	с. Котовка	vd QIII	120	125-305(0)	(90)	35-215(0)
49	с. Колесниково	vd QIII	110	80-260(0)	(90)	350-170(0)
50	с. М. Должик	vd QII-III	100	75-255(0)	(90)	345-165(0)
51	с. Алейниково	vd QIII	100	178-358(0)	(90)	88-268(0)

* - азимуты падения и углы наклона (в скобках) осей напряжений (в градусах).

структурными террасами (структурные элементы третьего и четвертого рангов в пределах Среднерусского мегаблока). К выступу литосферы пространственно приурочены эпицентры землетрясений [18], подтверждающие его неотектоническую активность. Формирование неотектонических зон погружений (Окско-Донской и Днепровско-Деснинский мегаблоки) в этом случае должно происходить в условиях растекания к востоку и западу охлаждающихся конвективных потоков.

Следует признать, что к настоящему времени ни одна из описанных геодинамических моделей не может претендовать на универсальность, а исследование в этом направлении необходимо продолжить.

Работа выполнена при финансовой поддержке фонда «Интеграция», грант К-0335.

ЛИТЕРАТУРА

- Карта новейшей тектоники СССР и сопредельных областей. Масштаб 1:5 000 000 / Ред. Н.И. Николаев.-М., 1959.
- Николаев Н.И. Неотектоника и ее выражение в структуре и рельефе территории СССР (вопросы региональной и теоретической неотектоники). - М., 1962. - 392 с.
- Раскатов Г. И. Геоморфология и неотектоника территории Воронежской антеклизы. -Воронеж, 1969. -164с.
- Важнейшие черты тектонической структуры северо-западной части Воронежской антеклизы / Г.И.Раскатов, В.Ф.Лукиянов, А.А.Старухин и др. // Вопросы геологии и полезные ископаемые Воронежской антеклизы. -Воронеж, 1978. - С. 64-87.
- Тектоника восточной части Воронежского кристаллического массива и его осадочного чехла / Г.И.Раскатов, В.Ф.Лукиянов, А.А.Старухин и др. - Воронеж, 1976. -120 с.
- Цыганков А. В. Методика изучения неотектоники и морфоструктуры Нижнего Поволжья (в связи с нефтегазоносностью). - Волгоград, 1971. - 255 с.
- Востряков А. В. Неогеновые и четвертичные отложения, рельеф и неотектоника юго-востока Русской платформы. - Саратов, 1967. - 254 с.
- Старухин А.А., Трегуб А. И. Геологическое строение зоны Репьевско-Лискинского разлома. Деп. ВИНТИ 987-В94. -1994. -15 с.
- Кузнецов А.П., Трегуб А.И., Старухин А.А. Новейшая тектоническая структура территории Белгородской области. Деп. ВИНТИ, № 1750. -1992. -35 с.
- Борисевич Д. В. Неотектоника Восточной Европы (с учетом колебаний уровня моря в мезозое и кайнозое) // Геоморфология. - 1997. -№ 1. -С. 14-34.
- Гарецкий Р.Г., Айзберг Р.Е., Карабанов А.К. Картографический синтез неотектоники Центральной Европы // Общие вопросы тектоники. Тектоника России. Матер. XXXIII тект. совещ. - М., 2000. -С. 113-115.
- Новейшая тектоника и геодинамика Центральной Европы / Р.Г.Гарецкий, Р.Е.Айзберг, А.К.Карабанов и др. // Геотектоника -1999. -№5. - С.3-14.
- Копп М. Л. Новейшие деформации Скифской и юга Восточно-Европейской платформ как результат давления Аравийской плиты // Геотектоника. -2000. -№2. - С. 26-42.
- Сим Л.А. Влияние глобального тектогенеза на новейшее напряженное состояние платформ Восточной Европы // М.В. Гзовский и развитие тектонофизики. -М., 2000. -С.326-348.
- Геодинамически активные зоны платформ (на примере Окско-Донского прогиба / Н.В.Макарова., Н.И.Корчуганова, В.И.Макаров. и др. // Тектоника неогей: общие и региональные аспекты. Матер. XXXIV тектонического совещ. Т.2. -М., 2001. -С. 6-8.
- Модель геодинамического развития Воронежского массива в раннем докембрии / Н.М.Чернышов, В.М.Ненахов, И.П.Лебедев и др. // Геотектоника. - 1997. -№3. -С. 21-30.
- Шерман С.И., Борняков С.А., Буддо В.Ю. Области динамического влияния разломов (результаты моделирования). -Новосибирск, 1983. -112 с.
- Трегуб А.И. Элементы первого ранга в неотектонической структуре ВКМ // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геологическая. -1999. -№ 8. -С. 9-17.
- Трегуб А.И., Жаворонкин О.В. Морфометрия современной поверхности и неотектоническая структура территории ВКМ // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геологическая. -2000. -№ 9. -С. 19-26.
- Никольский Ю.И. Карта аномального гравитационного поля России и прилегающих акваторий // Геологический атлас России. Раздел 2. Геологическое строение и геофизическая характеристика недр. -М.-СПб., 1996. -С. 35-51.
- Карта аномального магнитного поля (ΔT)а России. Масштаб 1:10 000 000 / Под ред. Т.П.Литвиновой, З.А.Макаровой. - М., 1995.
- Early Precambrian Geodynamics and Metallogeny / M.V.Mints, D.V.Rundqvist, A.M.Larin and oth. // Geodynamics and Metallogeny Theory and Implications for Applications for Applied Geology. -М., 2000. -Р.105-191.
- Буш В.А., Ермаков Ю.Н., Уйманова Л.Н. Геодинамическая модель формирования позднеархейских-раннепротерозойских структур Воронежского массива // Геотектоника. -2000. -№4. -С.14-24.
- Шик С.М. Доледниковая гидрографическая сеть юго-западного Подмосковья и ее развитие в плейстоцене // Матер. Всесоюзн. совещ. по изучен. четверт. периода. -М., 1961. -Т.2. -С.14-16.
- Карта поверхностей выравнивания и кор выветривания СССР. Масштаб 1:2 500 000 / Ред. И.П.Герасимов, А.В.Сидоренко. - М., 1971.
- Миоцен Окско-Донской равнины. - М., 1977. -248 с.
- Трегуб А.И. Разрывные нарушения в фундаменте и осадочном чехле территории Воронежского кристаллического массива (ВКМ) // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геологическая. -2000. -№ (5)10. - С.7-15.
- Николаев П.Н. Системный подход в анализе и картировании полей тектонических напряжений // Природа и методология определения тектонических напряжений в верхней части земной коры. -Апатиты, 1982. - С.18-34.
- Трегуб А.И., Старухин А.А. Приповерхностная трещиноватость и ее соотношение с тектонической структурой территории Воронежской антеклизы // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геологическая. -1996. -№ 1. -С. 38-43.
- Николаев П. Н. Методика статистического анализа трещин и реконструкции полей напряжений // Изв. вузов. Геол. и разведка. -1977. -№ 12. -С.103-115.
- Трегуб А.И., Ненахов В.М., Сиротин В.И. Геодинамическая модель формирования осадочного чехла Вос-

- точно-Европейской платформы // Тектоника и геодинамика: общие и региональные аспекты. Т.2. -М., 1998. -С.225-227.
32. Соловьев В.В., Рыжкова В.М. Карта рельефа подошвы литосферы России. Масштаб 1:10 000 000. Объяснительная записка // Геологический атлас России. Раздел 2. Геологическое строение и геофизическая характеристика недр. -М.-СПб.,1996. -С. 185-194.