

СВЯЗЬ МОРФОСТРУКТУРЫ ПРИСВОДОВОЙ ЧАСТИ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ С ГЛУБИННЫМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ ЛИТОСФЕРЫ

И.Т. ЕЖОВА^{1,2}, Л.И. НАДЕЖКА^{1,2}, А.И. ТРЕГУБ¹

¹*Воронежский государственный университет (ФГБОУ ВО «ВГУ»)
394006, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, 24; e-mail: nadezhka@geophys.vsu.ru*

²*Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба Российской академии наук»,
(ФИЦ ЕГС РАН, г. Воронеж)
394006, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, 24; e-mail: nadezhka@geophys.vsu.ru*

Морфоструктура присводовой части Воронежской антеклизы тесно связана с неотектоникой территории. Особенностью новейшей структуры, в отличие от палеозойской, мезозойской и палеогеновой структур, является преимущественно субмеридиональная ориентировка чередующихся поднятых и опущенных блоков. Выявлены закономерности степени отражения глубинных неоднородностей в неотектонических и геоморфологических характеристиках. Отмечено, что зонам пониженной плотности в верхах мантии в общих чертах соответствуют неотектонические блоки с повышенными отметками рельефа. Зонам повышенных значений плотности в ряде случаев отвечают неоген-четвертичные блоки второго ранга с пониженными значениями отметок рельефа. Наблюдаются как обратная связь мощности земной коры и высоты рельефа, так и прямая. Полной пространственной корреляции между данными параметрами не выявлено, но в целом структурный план неоген-четвертичного структурно-вещественного комплекса согласуется с пространственным положением крупных неоднородностей литосферы.

Ключевые слова: морфоструктура; новейшая тектоническая структура; латеральные неоднородности; Воронежская антеклиза.

RELATION OF THE MORPHOSTRUCTURE OF THE CREST POSITION OF THE VORONEZH ANTECLISE WITH THE DEEP INHOMOGENEITIES OF THE LITHOSPHERE

I.T. EZHOVA^{1,2}, L.I. NADEZHKA^{1,2}, A.I. TREGUB¹

¹*Voronezh State University (FGBOU VO «VSU»)
394006, Russia, Voronezh, Revolution Avenue, 24; e-mail: nadezhka@geophys.vsu.ru*

²*Federal Research Center «Russian Academy of Sciences Geophysical Service», (GS RAS, Voronezh)
394006, Russia, Voronezh, Revolution Avenue, 24; e-mail: nadezhka@geophys.vsu.ru*

The morphostructure of an crest part of the Voronezh antecline is closely related to the neotectonics of the territory. A feature of the newest structure, in contrast to the Paleozoic, Mesozoic and Paleogene structures, is predominantly the submeridional orientation of the interchanging raised and downdip blocks. The following regularities of the degree of the reflection of the deep inhomogeneities in neotectonic and geomorphological characteristics have been revealed. The zones of the reduced density at the top of the mantle have been noted to be corresponded in general by neotectonic blocks with the elevated relief. Areas of the high density values in a number of cases are corresponded by the Neogene-Quaternary blocks of the second rank with the reduced values of relief depth marks. Both of the relationships of the thickness of the earth's crust and the height of the relief, negative and straight, have been observed. A complete spatial correlation between these parameters has been not observed, but on the whole, the structural plan of the Neogene-Quaternary structural-material complex is consistent with the spatial location of large heterogeneities in the lithosphere.

Key words: morphostructure; the newest tectonic structure; lateral inhomogeneities; Voronezh antecline.

Выяснение природы геологических процессов, которые можно наблюдать на земной поверхности, является «...основной из важнейших задач изучения внутреннего строения Земли и процессов, происходящих в её недрах», — утверждал В.В. Белоусов [4, с. 11]. Н.И. Николаев указывал, что главная особенность неотектонического (новейшего тектонического) этапа в развитии Земли — это отражение тектонических движений в рельефе её поверхности [18]. Важность изучения глубинных процессов новейшего этапа, обусловленных ими тектонических движений и структурных новообразований, проявляющихся в рельефе, подчёркивал Ю.К. Щукин [27]. Территория Воронежской антеклизы является весьма благоприятным регионом для изучения связей глубинных неоднородностей литосферы с рельефом земной поверхности, поскольку она отличается достаточно высоким уровнем геофизической и геологической изученности, в том числе и неотектоники. Под руководством проф. А.П. Таркова в течение многих лет (1970—1997 гг.) проводилось изучение глубинного строения территории Воронежского кристаллического массива (ВКМ) комплексом методов. В настоящее время собран, систематизирован и проанализирован большой объём комплексных данных по глубинному строению ВКМ [20]. На основании сопоставления скоростного разреза ГСЗ с результатами экспериментальной петрологии и измерениями физико-механических характеристик пород для литосферы ВКМ предложена пятислойная минералого-петрологическая модель [3, 8, 15].

Воронежская антеклиза, как структура осадочного чехла, мощность которого изменяется от 0—200 м в сводовой части антеклизы до 800 м и более на её крыльях, занимает основную площадь территории крупного выступа докембрийского фундамента — ВКМ. Ось антеклизы ориентирована в общем северо-западном направлении.

Геоморфология и неотектоника территории Воронежской антеклизы впервые достаточно подробно рассмотрены Г.И. Раскатовым, который отметил, что особенностью новейшей структуры, отличающей её от палеозойской, мезозойской и палеогеновой, является преимущественно субмеридиональная ориентировка осей основных структурных элементов [19]. В дальнейшем изучению новейшей тектонической структуры территории и её частей были посвящены работы А.И. Трегуба, М.Л. Коппа, В.И. Макарова, Н.В. Макаровой, Н.И. Корчугановой, С.А. Соколова и др. [11, 13—14, 21—25]. Присводовая часть антеклизы в новейшей структуре охватывает восточную часть Среднерусского поднятия, западное окончание Приволжского поднятия и расположенную между ними Окско-Донскую депрессию (рис. 1, Б). В рельефе земной поверхности эти структуры выражены одноименными возвышенностями и низмен-

ностями [20]. В блоковом строении докембрийского фундамента Среднерусское поднятие в наиболее общих чертах совмещается с мегаблоком КМА и Лосевской шовной зоной, Окско-Донская депрессия на её большей площади совпадает с контурами Хопёрского мегаблока [23]. Исключение составляет Калачское поднятие, расположенное в области Хопёрского мегаблока. Причину этого несоответствия М.Л. Копп объясняет особенностями поля тектонических напряжений, в результате которых Калачская структура в условиях сжатия, распространявшегося со стороны альпийского пояса в результате инденторного воздействия Аравийской плиты, испытала поднятие [9, 10]. Приволжское поднятие ассоциируется с глубоко погруженным Куйбышевским мегаблоком, образованным породами архея [9].

В процессе морфоструктурных исследований проведён анализ степени изрезанности земной поверхности территории на основе изучения гидросети по топографическим планшетам масштаба 1:200 000 [7]. Для анализа изрезанности, как фактора геодинамической активности, была использована средняя плотность эрозионной сети: $K=L/S$, где L — суммарная длина долин (км), S — площадь (км²) элементарной трапеции со сторонами 10 10 градусной сетки координат. В пространственном распределении этого параметра в присводовой части антеклизы выделяются зоны повышенных и пониженных значений. Наиболее крупная и широкая из них — это Елецко-Россошанская зона (рис. 1, А). Зона неоднородна по значениям коэффициента изрезанности земной поверхности. В ней наблюдаются локальные области как понижения (до 0,30), так и значительного повышения коэффициента изрезанности (до 0,65). К западной границе Елецко-Россошанской зоны примыкает Орловско-Курская зона, которая характеризуется значениями коэффициента изрезанности земной поверхности от 0,45 до 0,75. В юго-восточной части территории выделяется Калачская зона. Коэффициенты изрезанности земной поверхности здесь от 0,40 до 0,55. В северо-восточной части территории расположена Рождественская зона со значениями коэффициента изрезанности рельефа от 0,40 до 0,55. Юго-восточнее выделяется Аркадакская зона с повышенными значениями коэффициента изрезанности — 0,60. Зона неоднородна, выделяются участки в виде пятен с пониженными значениями данного коэффициента до 0,20. Между указанными зонами расположены области слабой изрезанности. Сопоставление этих данных с данными по неотектонике региона (рис. 1, Б) позволяет сделать вывод о наиболее общем соответствии между распределением вертикальных новейших тектонических движений и степенью изрезанности земной поверхности.

Так, Елецко-Россошанская зона проходит вдоль восточной окраины Среднерусского поднятия че-

рез Новосильскую, Острогожскую и Кантемировскую структуры; Орловско-Курская зона объединяет западную группу структур: Курское, Юго-Западное и Юго-Восточное поднятия, а также Белгородскую структурную террасу. Калачская,

Рождественская и Аркадакская зоны совмещены с областями одноименных поднятий. Области пониженных значений изрезанности земной поверхности соответствуют отрицательным структурам различного ранга — Окско-Донской впадине, Се-

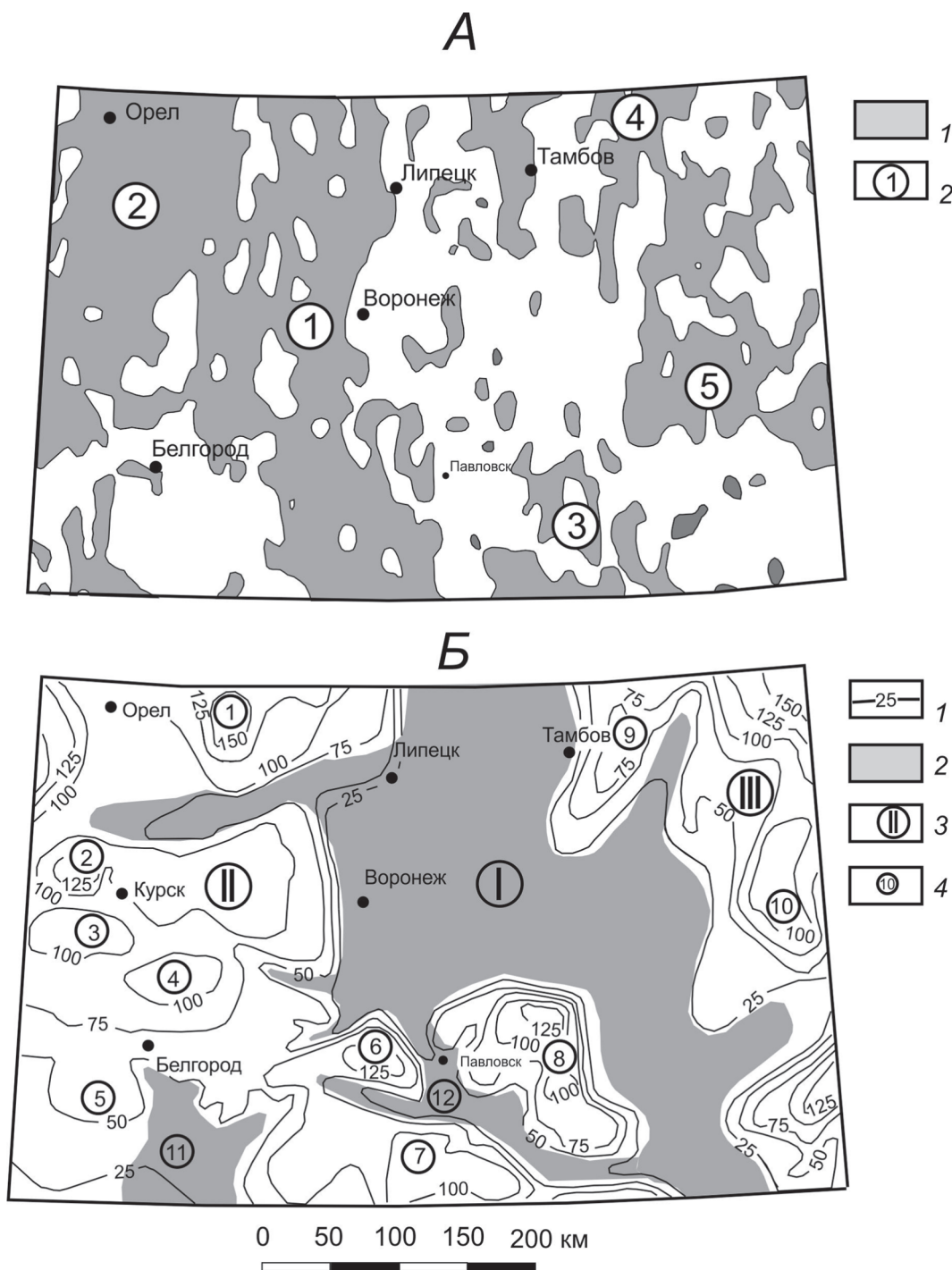


Рис. 1. **А** — карта коэффициентов изрезанности земной поверхности [3]: 1 — области повышенных значений коэффициента изрезанности; 2 — зоны повышенной изрезанности (цифры в кружках): 1 — Елецко-Россошанская, 2 — Орловско-Курская, 3 — Калачская, 4 — Рождественская, 5 — Аркадакская; **Б** — карта новейшей тектоники, по [11, 13]: 1 — изобазы суммарных поднятий, исчисленных с раннего миоцена (с учётом эвстатического фактора); 2 — области относительных погружений; 3 — структуры первого порядка [19]: I — Окско-Донская депрессия, II — Среднерусское поднятие, III — Приволжское поднятие; 4 — структуры более высоких порядков [19]; поднятия (1–4, 6–10): 1 — Новосильское, 2 — Курское, 3 — Юго-Западное, 4 — Юго-Восточное, 6 — Острогожское, 7 — Кантемировское, 8 — Калачское, 9 — Рождественское, 10 — Аркадакское; прогибы (11–12): 11 — Северско-Донецкий, 12 — Павловско-Мамонский; 5 — Белгородская структурная терраса

верско-Донецкому, Павловско-Мамонскому и другим прогибам [19, 23]. Вместе с тем границы выделенных зон изрезанности земной поверхности, как правило, не совпадают с границами неотектонических структур, что, возможно, связано с разным возрастом их формирования. Современная овражно-балочная сеть, которая положена в основу вычисления коэффициента изрезанности, развивалась в основном в четвертичном периоде. Исходя из этого можно предположить повышенную активизацию четвертичных движений на северо-западе изученной территории в пределах Орловско-Курской зоны, где утрачивает свою выраженность в изрезанности поверхности Михайловский прогиб между Новосильским и Курским поднятиями. Подобная ситуация отмечается на северо-востоке, в пределах Приволжского поднятия, где за счёт расширения Окско-Донской депрессии в области пониженных значений коэффициента изрезанности оказалась западная часть Рождественской структуры и, напротив, повышенной изрезанностью характеризуется Тамбовская структурная терраса, расположенная в пределах восточной части Окско-Донской впадины. Существенно более широким на четвертичном этапе становится Павловско-Мамонский неотектонический прогиб. Расширяет свою площадь Северско-Донецкий прогиб за счёт восточной части Белгородской структурной террасы. Отмечается и ряд других перестроек структурного плана территории в четвертичном периоде. Эти выводы, помимо результатов анализа степени изрезанности земной поверхности, подтверждаются и особенностями распределения по площади мощностей четвертичных субэразмальных лёссовидных образований [25], а также данными анализа деформаций продольных профилей речных и крупных балочных долин региона [5]. С другой стороны, при интерпретации результатов изучения степени изрезанности, безусловно, помимо геодинамической активности, необходимо учитывать такие факторы, как особенности разреза пород субстрата современного рельефа, их противозерозионной устойчивости, физико-географические условия территории и др. [1, 2, 12, 16, 26]. В присводовой части Воронежской антеклизы основу разреза субстрата составляют четвертичные отложения. Отличительные особенности разреза подчинены неотектонике региона [19, 22]. Так, крупные новейшие поднятия, выраженные Среднерусской и Приволжской возвышенностями, располагаются во внеледниковой зоне. В их пределах на основной площади разрез четвертичных образований представлен преимущественно лёссово-почвенными комплексами. Окско-Донская депрессия в раннечетвертичное время служила областью распространения Донского ледника. Разрез четвертичных отложений здесь существенно усложнён за счёт широкого распространения морены и зандров

донского горизонта, аллювия широких надпойменных террас высокого уровня. Эти отложения плащеобразно перекрыты лёссово-почвенными образованиями значительной мощности [6]. Приповерхностная трещиноватость во многом определяет заложение эрозионных форм верхних звеньев гидросети. В пределах характеризуемого региона она связана прежде всего с покровными суглинками [21]. Таким образом, можно предположить, что влияние пород субстрата на степень изрезанности земной поверхности на характеризуемой территории в целом мало отличаются в её различных частях, и степень изрезанности определяется в основном базисом эрозии, положение которого зависит от потенциальной энергии рельефа. Эта энергия связана с кинетической энергией вертикальных тектонических движений.

Зоны также сопоставлены с данными по геологическому строению докембрийского фундамента и результатами комплексного анализа геофизических материалов, позволяющих получить представление о пространственном распределении плотностных неоднородностей верхов литосферной мантии [8].

На уровне от поверхности Мохоровичича до глубины около 100 км выделяются крупные области повышенных и пониженных значений плотности (рис. 2).

Максимальная по площади область с дефицитом плотности от 0,02 до 0,03 г/см³ протягивается в близком к меридиональному направлению и совмещена с восточной частью Среднерусского неотектонического поднятия. На карте коэффициентов изрезанности она занимает пограничное положение между Курско-Орловской и Елецко-Россошанской зонами, в пределах мозаичного распространения повышенных и пониженных значений коэффициента изрезанности. Положительные аномалии плотности, изменяющиеся от +0,02 до +0,03 г/см³, сосредоточены на юго-востоке территории в пределах Калачского неотектонического поднятия, а также в западной краевой части Приволжского поднятия. На карте коэффициентов изрезанности области положительных аномалий совмещаются в общих чертах соответственно с Калачской и Аркадакской зонами.

При сопоставлении аномалий плотности верхов литосферной мантии с данными по геологии кристаллического фундамента необходимо отметить, что области с повышенной плотностью тяготеют к площади распространения нижнепротерозойской воронцовской серии, сложенной песчаниково-сланцевыми образованиями, пронизанными фрагментами тел ультраосновного состава. В структурном отношении серия представляет собой часть бывшей аккреционной призмы, осложнённой множеством надвиговых пластин, а в блоковой структуре фундамента она в основном при-

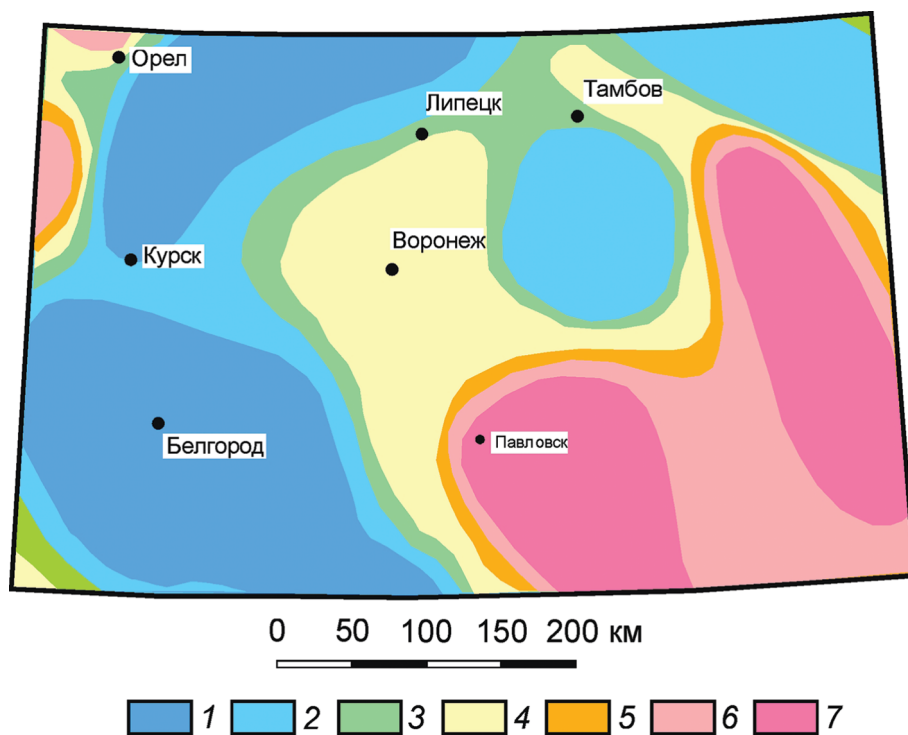


Рис. 2. Карта аномалий плотности верхов мантии [4]: аномалии плотности (г/см^3): 1 – $< -0,03$; 2 – от $-0,03$ до $-0,02$; 3 – от $-0,02$ до $-0,01$; 4 – фоновые значения (от $-0,01$ до $+0,01$); 5 – от $+0,01$ до $+0,02$; 6 – от $+0,02$ до $+0,03$; 7 – $> +0,03$

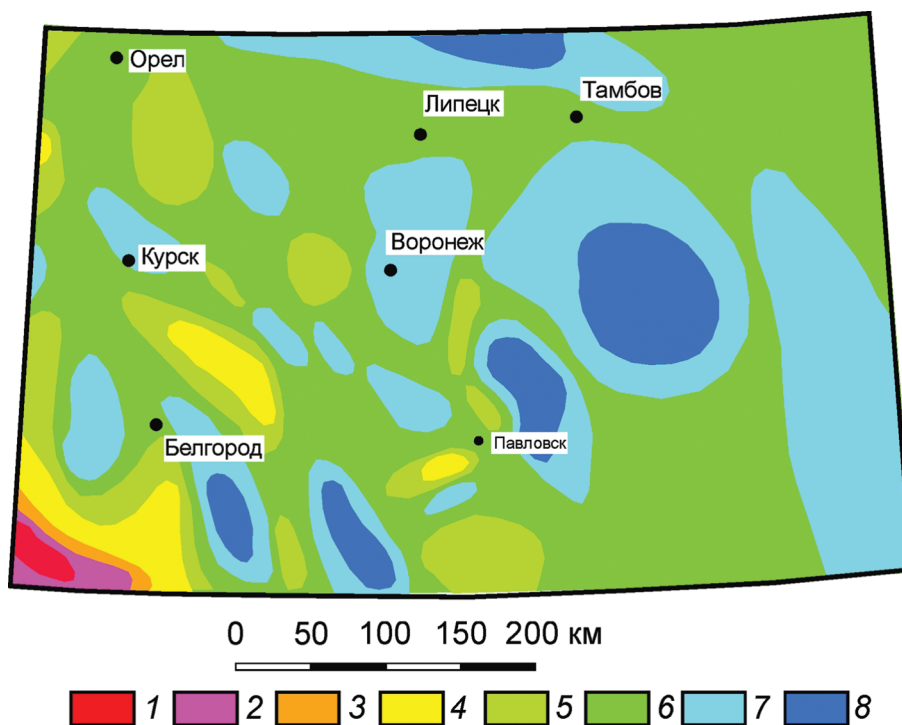


Рис. 3. Карта мощности земной коры [4]: 1 – $< 32,5$; 2 – $32,5-35,0$; 3 – $35-37,5$; 4 – $37,5-40$; 5 – $40-42,5$; 6 – $42,5-45$; 7 – $45-47,5$; 8 – $> 47,5$ км

урочена к Хопёрскому мегаблоку [17]. Области с отрицательными аномалиями плотности в кристаллическом фундаменте совмещаются с Курским мегаблоком (мегаблоком КМА), сложенным преимущественно высоко метаморфизованными породами обоянской и михайловской серий архея, осложнёнными линейными рифтогенными структурами раннего протерозоя. Области с фоновыми значениями плотности тяготеют к Лосевской шовой зоне, представленной сложным по составу набором пород, которые разбиты крупными надвиговыми и сдвиговыми разрывными нарушениями [17].

Карта подошвы земной коры позволяет выделить неоднородности по значениям её мощности (рис. 3). В пределах изученной территории преобладает кора с мощностью около 40 км. Аномально малые значения (35 км и менее) отмечены в крайней юго-западной части, которая граничит с Днепровско-Донецким авлакогеном.

Увеличенные мощности коры (45 км и более) распространены в основном в контурах Хопёрского мегаблока. В новейшей структуре такие мощности связаны с Окско-Донской депрессией. На карте изрезанности земной поверхности они в значительной степени совпадают с широкой полосой её малых значений, протягивающейся между Елецко-Россошанской зоной (на западе) и Рождественской и Аркадакской зонами (на востоке). Повышенные значения мощности выделяются также на юго-западе, в контурах Северско-Донецкого неотектонического прогиба, где они на карте изрезанности отмечены полем слабой изрезанности земной поверхности. В пределах Орловско-Курской зоны повышенной изрезанности мощности земной коры находятся в основном в пределах фоновых значений — около 40 км. Наблюдающееся неполное соответствие между изрезанностью земной поверхности, неотектоникой и плотностными неоднородностями литосферной мантии может быть связано с разными причинами. Одна из них — это различная степень детальности в определении границ неоднородностей, границ новейших структур, а также границ зон изрезанности. Другая причина может быть обусловлена различиями в возрасте сравниваемых объектов: четвертичное время образования поля изрезанности (около 2 млн. лет); конец олигоцена, неоген и четвертичное время (около 30 млн. лет) для формирования новейшей тектонической структуры; наиболее продолжительный временной отрезок (от докембрия до нынешнего времени) для образования глубинных неоднородностей литосферы.

Пространственное положение эпицентров землетрясений 5—10 энергетических классов, зарегистрированных Лабораторией сейсмического мониторинга ВКМ ФИЦ ЕГС РАН за последние годы

прослежена активизация различных участков изучаемой территории. В большинстве случаев эпицентры землетрясений тяготеют к тектоническим нарушениям фундамента, активизированным в четвертичном периоде [25]. Однако важно отметить также довольно чёткую приуроченность многих эпицентров к краевым частям выделенных зон повышенной изрезанности рельефа [7].

Намеченная связь между неоднородностями литосферы, новейшей тектоникой, сейсмичностью и изрезанностью земной поверхности, по-видимому, в значительной степени может объясняться гравитационным фактором, большую роль которого в геодинамике платформ отмечали Ф.Н. Юдахин, Ю.К. Шукин и В.И. Макаров [28]. Области с повышенной плотностью литосферной мантии обладают тенденцией к погружению. При этом такое погружение должно компенсироваться поднятием областей с меньшей плотностью. Области вертикальных потоков (погружений и поднятий), в силу компенсационной организации тектонического течения соединяются двумя горизонтальными потоками вещества. Верхний из них образован совокупностью процессов денудации и перемещения продуктов разрушения из областей поднятий в области погружения. В рельефе земной поверхности усиленная денудация выражена, прежде всего, увеличением степени изрезанности. Перемещение вещества в верхнем потоке отражается также в сокращении мощности коры в областях усиленной денудации и её увеличении в областях аккумуляции. Второй горизонтальный поток должен располагаться в астеносфере, отличающейся от литосферы существенно пониженной вязкостью. Возможность перетока вещества при образовании Окско-Донской впадины допускалась ранее [13]. Поток направлен от областей погружения к областям поднятий. Переток вещества в астеносфере порождает концентраторы напряжений на границах блоков литосферы и как результат — повышенную сейсмичность. Таким образом, можно предположить, что в неотектонике платформенных областей существует своеобразная «конвекция». При этом размер «конвективных ячеек» в значительной степени коррелируется с наиболее крупными элементами морфоструктуры. Следует отметить, что предложенная модель не противоречит мобилистским представлениям М.Л. Коппа о новейшей геодинамике территории [9, 10]. В условиях меридионального сжатия, вызванного коллизией в Альпийском поясе, реактивное растяжение в широтном направлении привело к активизации гравитационных процессов, погружению меридионально ориентированных «тяжелых» неоднородностей литосферы и поднятию «легких». Это явление в целом отразилось на развитии новейшей тектонической структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ажигиров А.А., Голосов В.Н., Литвин Л.Ф. Роль рельефа, как фактора территориальной дифференциации поверхностной эрозии на Европейской части РСФСР // Эрозионные процессы и окружающая среда. М.: Наука, 1990. С.63–68.
2. Алексеевский Н.И., Чалов Р.С. Базовые понятия теории русловых процессов // Закономерности гидрологических процессов / Под ред. Н. И. Алексеевского. М.: ГЕОС, 2012. С.531–533.
3. Афанасьев Н.С. Петроплотностная характеристика горных пород соподчиненных геоструктур докембрия Воронежского кристаллического массива // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология. 1999. № 7. С. 201–208.
4. Белоусов В.В. О связи глубинных процессов с поверхностными // Строение земной коры и верхней мантии, соотношение между поверхностными и глубинными структурами: [сборник статей] / Отв. ред. В.В. Белоусов, С.И. Субботин. Киев: Наук. думка, 1971. С. 11–13.
5. Бышина С.М., Трегуб А.И. Вертикальные тектонические движения голоцена на юго-востоке КМА // Глубинное строение, минералогия, современная геодинамика и сейсмика Восточно-Европейской платформы и сопредельных регионов // Мат. 20-й Всероссийской конференции с международным участием. Воронеж, 2016. С. 96–98.
6. Грищенко М.Н. Плейстоцен и голоцен бассейна Верхнего Дона. М.: Наука, 1976. 228 с.
7. Ежова И.Т., Надежда Л.И., Трегуб А.И. Степень изрезанности рельефа земной поверхности ВКМ и ее соотношение с новейшей структурой и сейсмичностью // Структура, свойства, динамика и минералогия литосферы Восточно-Европейской платформы // Мат. 16-й Международной конференции. Воронеж, 2010. Т. 1. С. 255–258.
8. Дубянский А.И. Глубинные сейсмические исследования территории ВКМ / Литосфера Воронежского кристаллического массива по геофизическим и петрофизическим данным / Главн. ред. Н.М. Чернышов. Воронеж: Научная книга, 2012. С. 166–222.
9. Копп М.Л., Иоффе А.И., Егоров Е.Ю. и др. Геодинамика Окско-Донского новейшего прогиба // Общие и региональные вопросы геологии. Вып. 2. М., 2000. С. 123–179.
10. Копп М.Л., Никонов А.А., Егоров Е.Ю. Кинематика новейшей структуры и сейсмичность Окско-Донского миоцен-четвертичного прогиба // Доклады академии наук. 2002. Т. 385. № 3. С. 387–392.
11. Корчуганова Н.И., Соколов С.А., Загубный Д.Г. Геологическое строение и современная структура Окско-Донского прогиба // Изв. вузов. Геология и разведка. 2012. № 1. С. 3–9.
12. Любимов Б.П., Никольская И.И., Прохорова С.Д. Интенсивность современной овражной эрозии на Европейской территории России // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 12/ Научн. ред. Р.С.Чалов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. С. 96–100.
13. Макаров В.И. О геодинамических условиях формирования Окско-Донского прогиба и Окско-Цининского вала (Русская плита) // Изв. вузов. Геология и разведка. 2001. № 1. С. 43–52.
14. Макарова Н.В., Макаров В.И., Корчуганова Н.И. Окско-Донской прогиб — неотектоническая активная зона Восточно-Европейской платформы // Изв. вузов. Геология и разведка. 2002. № 2. С. 3–15.
15. Надежда Л.И., Дубянский А.И., Кашубин С.Н., Афанасьев Н.С. и др. Основные типы земной коры Воронежского кристаллического массива по геофизическим данным // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Труды Международной конференции. Воронеж, 1998. С. 300–308.
16. Некос С.В., Чалов Р.С. Сток наносов и русловые процессы на реках бассейна Дона // Геоморфология. 1995. № 2. С. 60–71.
17. Ненахов В.М., Стрик Ю.Н., Трегуб А.И., Холин В.М. и др. Минералогические исследования территорий с двухъярусным строением (на примере Воронежского кристаллического массива). М.: ГЕОКАРТ, ГЕОС, 2007. 284 с.
18. Николаев Н.И. Неотектоника и ее выражение в структуре и рельефе территории СССР (вопросы региональной и теоретической неотектоники). М.: Госгеолтехиздат, 1962. 392 с.
19. Раскатов Г.И. Геоморфология и неотектоника территории Воронежской антеклизы. Воронеж: Изд-во Воронежского государственного университета, 1969. 164 с.
20. Тарков А.П. Глубинное строение Воронежского кристаллического массива по геофизическим данным. М.: Недра, 1974. 170 с.
21. Трегуб А.И., Старухин А.А. Приповерхностная трещиноватость и её соотношение с тектонической структурой территории Воронежской антеклизы // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология, 1996. № 1. С. 38–43.
22. Трегуб А.И., Корабельников Н.А., Глушков Б.В. Районирование Воронежской области по условиям развития экзогенных геологических процессов // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология. 1996. №2. С. 113–125.
23. Трегуб А.И. Неотектоника территории Воронежского кристаллического массива // Труды НИИ геологии Воронежского государственного университета. Вып. 9. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2002. 220 с.
24. Трегуб А.И. Карта новейшей тектоники территории Воронежского кристаллического массива // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология. 2006. № 1. С. 5–17.
25. Трегуб А.И. Литологические особенности четвертичных покровных суглинков территории КМА как отражение неотектонических движений // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология. 2014. № 4. С. 17–20.
26. Чалов Р.С. Работа водных потоков и эрозионно-русловые системы // Вестник МГУ. Серия 5: География. 1999. №5. С.10–14.
27. Шукин Ю.К., Бабак В.И., Краснопевцева Г.В. О связи структурно-геоморфологических и геолого-тектонических глубинных направлений земной коры // Связь поверхностных структур земной коры с глубинными: Мат. 14-й Международной конференции. Ч. 2. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. С. 369–373.
28. Юдахин Ф.Н., Шукин Ю.К., Макаров В.И. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: УРО РАН, 2003. 299 с.