



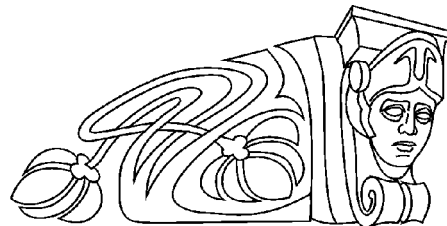
Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 3. С. 185–190  
*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 3, pp. 185–190  
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-3-185-190>

Научная статья  
УДК 550.831:550.838:551.243

## Глубинные меридиональные структуры Восточно-Европейской платформы

В. А. Огаджанов



Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Огаджанов Виктор Александрович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, [ozhva@mail.ru](mailto:ozhva@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2645-4110>

**Аннотация.** По комплексу дистанционных и наземных геофизических методов в восточной части Восточно-Европейской платформы выявлены региональные меридиональные неоднородности. Показано, что эти неоднородности могут быть обусловлены низкоплотными и магнитоактивными породами в кристаллической коре и мантии. Совокупность геолого-геофизических данных свидетельствует о связи меридиональных неоднородностей с трансконтинентальными глубинными разломами.

**Ключевые слова:** геофизические методы, земная кора, мантия, меридиональные неоднородности, разломы

**Для цитирования:** Огаджанов В. А. Глубинные меридиональные структуры Восточно-Европейской платформы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 3. С. 185–190. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-3-185-190>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

### Deep meridional structures of the East-European platform

V. A. Ogadzhyanov

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Viktor A. Ogadzhyanov, [ozhva@mail.ru](mailto:ozhva@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2645-4110>

**Abstract.** Using a complex of remote and surface geophysical methods in the eastern part of the East European Platform, regional meridional heterogeneities were revealed; it is shown that these heterogeneities can be caused by low-density and magnetically active rocks in the crystalline crust and mantle. The totality of geological and geophysical data indicates the relationship of meridional heterogeneities with transcontinental deep faults.

**Keywords:** geophysical methods, crust, mantle, meridional inhomogeneities, faults

**For citation:** Ogadzhyanov V. A. Deep meridional structures of the East-European platform. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 3, pp. 185–190 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-3-185-190>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)

### Введение

Структурно-геодинамические особенности восточной части докембрийской Восточно-Европейской платформы формируются под воздействием ее складчатого обрамления. Давление Аравийской плиты в субмеридиональном направлении обусловило возникновение альпийского складчатого палеозойско-кайнозойского сооружения Кавказа направления СЗ - ЮВ, параллельно которому уже в пределах древней платформы как следствие геодинамического воздействия Кавказа сформировались крупные геоструктуры аналогичного направления, такие как Днепровско-Донецкий и Пачелмский авлаогены. Активное геодинамическое воздействие герцинского складчатого сооружения Урала, имеющего меридиональное направление, на более ранней стадии должно было сформировать в пределах древней платформы деформации ме-

ридионального направления, подобные системам грабенов Западно-Сибирской плиты.

Указанные системы меридиональных деформаций не всегда явно выражены в поверхностной структуре докембрийской платформы, но не исключено их присутствие в ее глубинной структуре.

Субмеридиональные деформации, классифицированные по мнению Н. С. Шатского [1] как сквозные разломы, имеют сверхглубокое заложение и идентифицируются с европейским сегментом Европейско-Африканского сквозного тектонического пояса [2].

Если рассматривать глубинные меридиональные структуры Восточно-Европейской платформы во взаимосвязи с развитием орогенного сооружения Урала и меридиональными структурами Западно-Сибирской плиты, то по аналогии последней можно предположить и связь глубин-



ных меридиональных структур Восточно-Европейской платформы со структурно-вещественными неоднородностями, контролирующими наличие геологических объектов, представляющих интерес с позиций решения фундаментальных и прикладных задач.

Из изложенного становится очевидным практический смысл как установления самого факта глубинных меридиональных структур Восточно-Европейской платформы, так и их детального исследования.

### Методика исследования

Исследование особенностей глубинной структуры меридиональных неоднородностей Восточно-Европейской платформы проводилось на эталонных участках. Они выбирались исходя из наличия и качества геофизического материала. Такой эталонный участок выбран в восточной части Восточно-Европейской платформы. На исследуемой территории выполнены дистанционные и наземные геофизические съемки. Суть методики исследований заключалась в сопоставлении дистанционных геофизических съемок с материалами геофизических исследований наземными методами.

Зоны меридиональных структур могут быть выделены по материалам глубинных геофизических исследований, однако выявить данные зоны по материалам наземных геофизических исследований не всегда возможно из-за ряда ограничений.

Ограничение глубинности сейсмических методов, проводимых в данном регионе, зачастую обусловлено относительно слабыми источниками возбуждения сейсмических волн; исключение составляют профили глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) Элиста – Бузулук и Краснодар – Эмба, отработанные с использованием ядерных взрывов, а также методы сейсмических исследований, основанные на использовании сейсмических волн тектонических землетрясений. В данной работе для исследования глубинной структуры региона сейсмическими методами были использованы материалы изучения земной коры и мантии методом обменных волн землетрясений (МОВЗ) [2], ГСЗ [3].

По материалам наземных гравитационных и магнитных съемок не всегда можно корректно выделить аномалии от глубинных источников ввиду того, что преобладающим является влияние на аномалии структурно-вещественных неоднородностей верхней части земной коры, выступающей в данном случае в роли помехи. Выделение аномалий от глубинных источников по данным грави-, магниторазведки возможно с использованием трансформаций методами их осреднения большими радиусами и аналитическим продолжением в верхнее полупространство на большую высоту. Однако при этом наряду

с исключением из исходного поля составляющей, обусловленной влиянием поверхностных источников, неизбежна потеря и полезного сигнала от глубинных источников, что связано с особенностями методических приемов преобразования потенциальных полей. Минимизировать потери полезного сигнала от глубинных аномалиеобразующих факторов можно путем использования дистанционных, в частности спутниковых, геофизических съемок. В данной работе были использованы материалы спутниковых гравитационных [4] и магнитных [5] съемок, а именно привлечены материалы спутниковой гравиметрической съемки их обработки для локализации аномалий вычислением отношения аномалий в свободном воздухе ( $Gf$ ) к превышениям геоида по гармоникам десятой степени ( $H^{10}$ ) [4]. Привлечены карты пространственного распределения вертикальной компоненты ( $Za$ ) литосферного магнитного поля на высоте полета спутника [5].

В качестве эталонного участка для исследования глубинных меридиональных структур в восточной части Восточно-Европейской платформы была выбрана зона Волго-Каспийского меридионального разлома. Зона указанного разлома была пересечена профилями ГСЗ: Элиста – Бузулук и Краснодар – Эмба – и проходит через территорию Саратовского геодинамического полигона. На территории Саратовского геодинамического полигона, в пределах зоны указанного разлома, проведены исследования земной коры и мантии методами ГСЗ (профиль Саратов – Гурьев) [3], также были проведены сейсмические наблюдения МОВЗ в площадной расстановке сейсмических станций. Выполнена интерпретация материалов наземных гравиметрической и магнитной съемок масштабов 1:1000000 и 1:200000. Кроме того, территория Саратовского геодинамического полигона и прилегающие к нему районы были детализированы материалами спутниковой магнитной съемки [5].

В совокупности все используемые геофизические материалы позволили получить наиболее полную информацию о глубинной структуре земной коры и мантии. Таким образом, данные о параметрах глубинных структур, определенные на эталонном участке, согласно методу аналогий, могут быть использованы при выделении и характеристике тех структур, где данные глубинных геофизических исследований практически отсутствуют.

### Результаты исследования

По материалам спутниковой гравиметрической съемки определен параметр  $Gf/H^{10}$  (рис. 1), который локализует в Волго-Каспийском сегменте сквозного тектонического пояса меридиональную гравитационную аномалию, связанную со сквозной глубинной неоднородностью, огра-



ниченной, вероятно, субмеридиональными разломами.

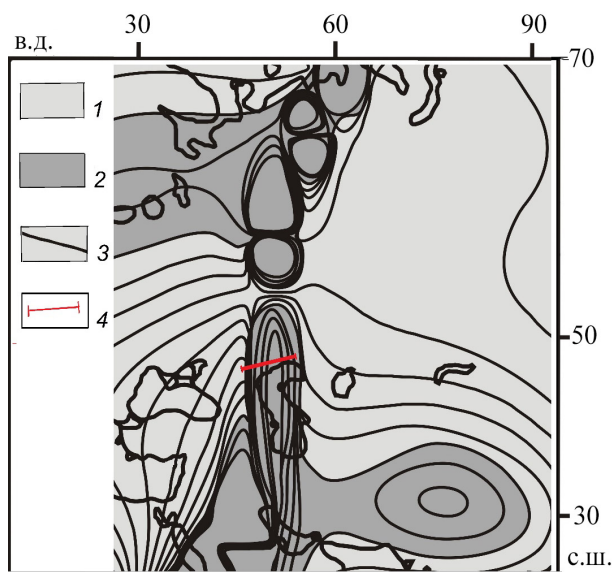


Рис. 1. Локальные аномалии гравитационного поля ( $Gf/H^{10}$ ) по материалам спутниковых наблюдений [4]: 1 – области положительных значений гравитационного поля, 2 – области отрицательных значений гравитационного поля, 3 – изолинии параметра отношения аномалий в свободном воздухе к превышениям геоида по гармоникам 10-й степени, 4 – положение глубинного разреза

Материалы измерения аномалий вертикальной составляющей магнитного поля посредством спутниковой съемки со всей очевидностью показывают наличие в пределах Восточно-Европейской платформы протяженных меридиональных аномалий, обусловленных глубинными неоднородностями. Границы этих неоднородностей связаны, в том числе, с наличием глубинных трансконтинентальных разломов (рис. 2): Волго-Черноморского (VCh), Волго-Каспийского (VC), Камско-Каспийского (KC), Урало-Аральского (UA); Урало-Аральский разлом ранее подробно был описан в работе [6], где был именован как Урало-Герирудский трансконтинентальный постколлизийный сдвиг.

Критериями разломов в аномалиях потенциальных полей являются зоны высоких горизонтальных градиентов, систематические искажения вдоль определенных направлений, зоны сочленения различно ориентированных аномалий, цепочки локальных аномалий и смещение аномалий вдоль определенных направлений (см. рис. 2).

Указанные субмеридиональные разломы берут свое начало от приполярных областей на севере и прослеживаются до зон альпийской складчатости Кавказ – Копет-Дагского пояса, складчатых зон Эльбурса и Загроса на юге.

Вдоль части профиля ГСЗ Краснодар – Эмба с использованием материалов гравитационных и магнитных съемок была построена модель

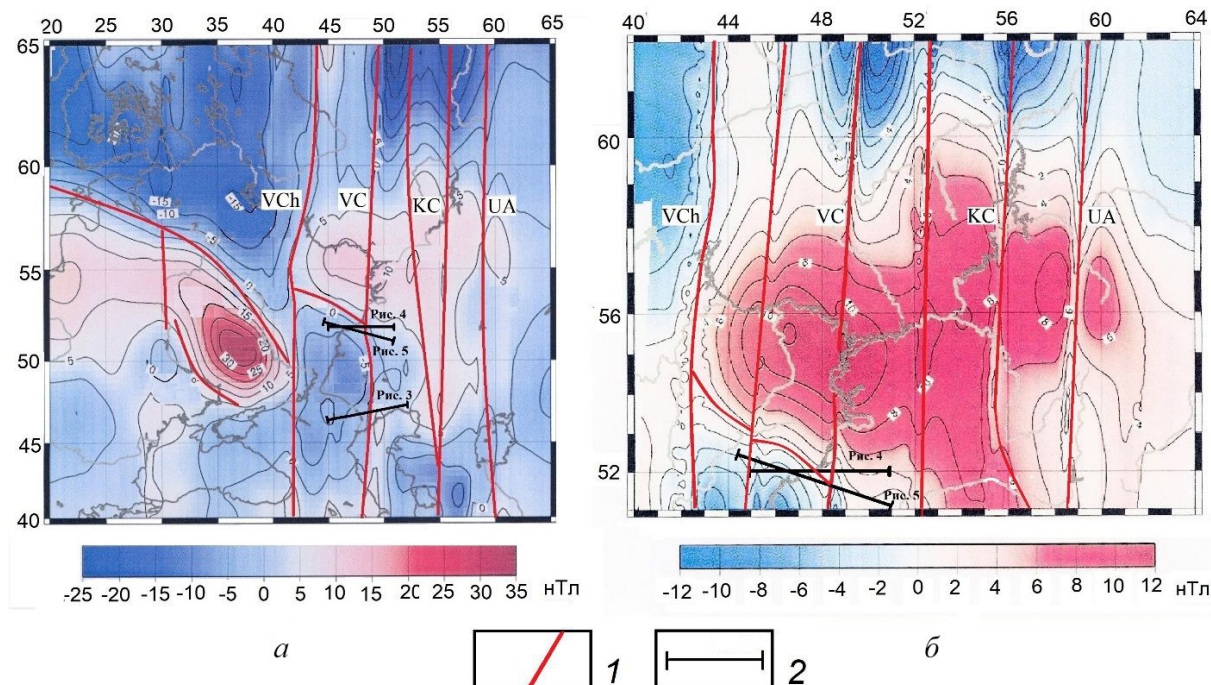


Рис. 2. Разломы, выделенные по аномалиям вертикальной составляющей магнитного поля востока Восточно-Европейской платформы по данным спутниковой съемки. Карты аномалий вертикальной компоненты ( $Z_a$ ): а – обзорная для востока Восточно-Европейской платформы и прилегающих территорий; б – детализированная для северного сегмента зон меридиональных разломов; 1 – разломы, выделенные по данным спутниковой магнитной съемки; 2 – профили комплексного исследования глубинного строения (цвет online)



глубинного строения меридиональной аномалии, в поперечном сечении выделенной по материалам спутниковых гравиметрических и магнитных съемок (рис. 3).

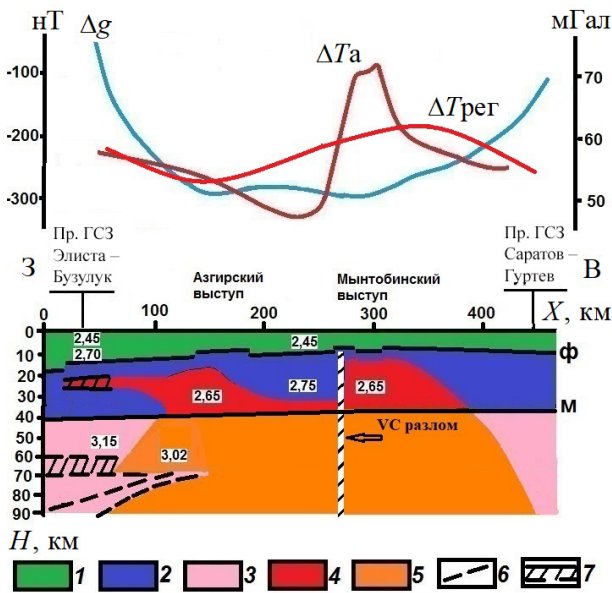


Рис. 3. Модель глубинного строения по линии части профиля ГСЗ «Краснодар – Эмба». Положение профиля на рис. 2, а: 1 – осадочная толща, 2 – докембрийский фундамент, 3 – мантия, 4 – зоны разуплотнения кристаллического фундамента, 5 – зоны разуплотнения в мантии, 6 – сейсмические границы, 7 – зоны пониженных скоростей сейсмических волн;  $\Delta g$  – кривая гравитационного поля за вычетом гравитирующего влияния осадочной толщи по А. В. Матусевичу [7];  $\Delta T_a$  – кривая магнитного поля по наземным съемкам;  $\Delta T_{рег}$  – кривая регионального магнитного поля. На разрезе показаны значения плотности в  $10^3 \text{ кг/м}^3$  (цвет online)

Из магнитной аномалии  $\Delta T_a$ , полученной по материалам наземных съемок, методом осреднения радиусом 50 км выделена региональная составляющая ( $\Delta T_{рег}$ ). На модель глубинного строения (см. рис. 3) нанесен разлом VC. Как видно из рис. 3, положение разлома VC находится в зоне высоких градиентов магнитной аномалии  $\Delta T_a$  и  $\Delta T_{рег}$ .

Кривая гравитационного поля, полученная путем исключения из гравитационной аномалии в редукции Буге гравитирующего влияния осадочной толщи, показана на рис. 3. Обращает на себя внимание тот факт, что полученный в результате исключения гравитирующего влияния осадочной толщи обширный гравитационный минимум соответствует меридиональному минимуму Прикаспийской впадины по параметру  $Gf/H^{10}$  (см. рис. 1). Региональный минимум отражает зону регионального разуплотнения мантии. Локальные гравитационные минимумы соответствуют зонам разуплотнения земной коры Азгирского и Мынтобинского выступов. Зона разуплотнения Мынтобинского выступа с запада ограничена разломом VC.

Укрупненная и детализированная карта вертикальной составляющей аномалий магнитного поля по спутниковым данным, на которой показано положение профилей глубинного строения, приведенных на рис. 4, 5, дана на рис. 2, б.

По детализированной карте (см. рис. 2) удастся уточнить положение разломов, выделенных на обзорной карте (см. рис. 2, а) и выявить разломы, которые на ней не проявляются, в частности на детализированной карте (см. рис. 2), дополнительно к выделенным на обзорной карте трассируется разлом между разломами VCh и VC, имеющий также меридиональное направление; на рис. 2, б отчетливо видно, что данный разлом разбивает на два сегмента разлом направления C3 – ЮВ, чего не видно на обзорной карте (см. рис. 2, а).

В пределах меридиональной зоны деформации (VC), показанной на рис. 2, проводились в большом объеме геофизические исследования традиционными методами, такими как гравиразведка, магниторазведка, сейсморазведка (ГСЗ, КМПВ, ОГТ). Из числа нетрадиционных методов в ближнем районе были проведены глубинные сейсмические исследования МОБЗ [2, 8].

Данные ГСЗ и МОБЗ [2,3,8] дали возможность получить представление о структуре основных границ раздела земной коры и мантии, в частности поверхности кристаллического фундамента и границ внутри него, поверхности мантии и границ ниже нее. Согласно материалам комплексных геофизических исследований, включающим магнитную съемку  $\Delta T_a$ , выделяются магнитоактивные неоднородности. С неоднородностью вдоль долготы  $48^\circ$  связан разлом VC, который, согласно данным МОБЗ, имеет сверхглубокое заложение и проникает в верхнюю часть мантии (рис. 4).

Согласно данным наземных гравиметрических и магнитных съемок, разлому VC соответствуют высокие значения горизонтальных градиентов изменения аномалий гравитационного поля  $\Delta g_b$  и магнитного  $\Delta T_a$  (см. рис. 4).

Из сопоставления рис. 2–4 видно, что разлом VC уверенно выделяется как по материалам наземных, так и дистанционных геофизических съемок. Западнее разлома VC, вдоль долготы  $47^\circ$  (см. рис. 4), по данным наземных методов выявляется неоднородность, видимо, связанная с разломом направления C3 – ЮВ (см. рис. 2, б).

Более подробное изучение верхней части земной коры, результаты которого приведены на рис. 5, показывает, что VC разлом и другие разломы унаследованы от зон разуплотнения, подобно тому, как это имеет место на модели глубинного строения, изображенной на рис. 3.

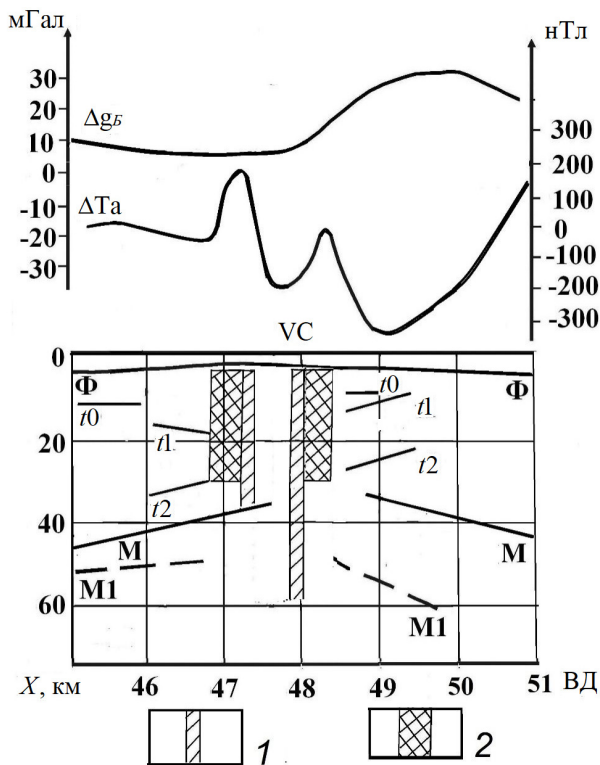


Рис. 4. Профиль глубинного строения через зону разлома VC по широте 52°: Ф – поверхность архейского фундамента, М – поверхность мантии;  $t_0, t_1, t_2, t_3$  – внутрикоровые границы;  $\Delta g_B$  – аномалия гравитационного поля в редукции Буге;  $\Delta T_a$  – аномалия приращения полного вектора магнитного поля; VC – положение Волго-Каспийского разлома; 1 – глубинные разломы; 2 – магнитоактивные неоднородности. На профиле показано положение разлома VC

В крайней западной части профиля, изображенного на рис. 5, в районе пикета 30,

по совокупности геолого-геофизических данных выделяется разлом, показанный на рис. 2, б между разломами VCh и VC, имеющий меридиональное направление.

### Заключение

Глубинные меридиональные структуры Восточно-Европейской платформы были установлены посредством комплекса спутниковых и наземных геофизических съемок.

Меридиональные гравитационные и магнитные аномалии, выявленные по данным спутниковых съемок, как показали наземные геофизические исследования, скорее всего, обусловлены неоднородностями земной коры и верхней мантии, которые ограничены глубинными и протяженными разломами. Указанные неоднородности, согласно интерпретации геофизических материалов, представляют собой зоны разуплотнения, отражающиеся гравитационными минимумами. Указанные зоны разуплотнения зачастую являются источниками интенсивных магнитных максимумов [9]. В совокупности указанные аномалии геофизических полей отображают протяженные меридиональные неоднородности литосферы.

При этом в определении условий формирования указанных неоднородностей и связанных с ними структурных форм значительная роль может принадлежать трансконтинентальным меридиональным разломам. В качестве модели строения таких разломов в первом приближении можно принять модель, описанную в работе [6], для трансконтинентальных сдвигов. Наличие меридиональных сдвигов на востоке Восточно-Европейской платформы ранее нами было аргументировано в [8, 10]. В данной работе такой

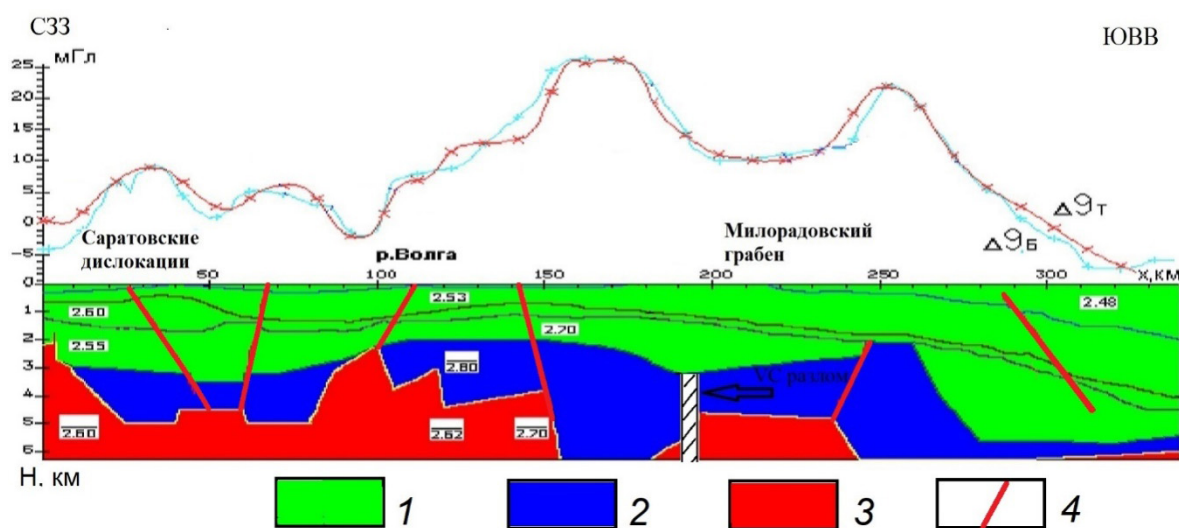


Рис. 5. Разрез верхней части земной коры через зону разлома VC: 1 – породы осадочной толщи; породы кристаллического фундамента; 2 – нормально уплотненные; 3 – разуплотненные; 4 – разломы. Положение зоны разлома VC в районе пикета 200 (цвет online)



сдвиг рассмотрен вдоль направления разлома VCh и определяется смещением крупных магнитных аномалий, ориентированных в направлении СЗ-ЮВ (см. рис. 2, а).

Помимо характерного отображения в гравитационных и магнитных аномалиях, указанные неоднородности литосферы и связанные с ними разломы в ряде случаев отмечаются и по повышенным геотермическим аномалиям [10]. В частности, к разломам UA и VC приурочены крупные геотермические аномалии с величиной вертикального геотермического градиента более 50°/км; в зоне разлома VC такая аномалия приурочена к Мынтобинскому выступу кристаллического фундамента.

Детальное изучение дислокации VC в районе Азгирского и Мынтобинского выступов (см. рис. 3) показывает, что указанная дислокация представляет собой меридионально ориентированный грабен [10]; такие же грабены могут быть связаны и с другими глубинными меридиональными трансконтинентальными разломами Восточно-Европейской платформы. При этом, как следует из рис. 3, 5, грабены унаследованы от разуплотненных комплексов земной коры.

Дальнейшее изучение трансконтинентальных разломов на предмет их связи с зонами регионального разуплотнения может представлять интерес для решения широкого спектра геологических задач не только в пределах Восточно-Европейской платформы, но и на других территориях, сходных с ней по тектоническому строению и условиям геодинамического развития, например на Африкано-Аравийской платформе. Среди указанных задач следует отметить прогноз глубоко залегающих нефтегазоперспективных объектов, зон эндогенного оруденения, зон возникновения очагов землетрясений, вулканизма и т. д.

## Библиографический список

1. Шатский Н. С. О глубоких дислокациях, охватывающих и платформы и складчатые области (Поволжье и Кавказ) // Известия Академии наук СССР. Серия Геология. 1948, № 5. С. 39–66.
2. Огаджанов В. А., Огаджанов А. В. Физико-геологические характеристики платформенной части Европейско-Африканского сквозного тектонического пояса // Геофизика. 2014. № 4. С. 33–39.
3. Сейсмические модели литосферы основных геоструктур территории СССР. Москва : Наука, 1980. 184 с.
4. Bowin C. Global gravity maps and the structure of the Earth // The utility of Regional gravity and Magnetic Anomaly Maps / ed. W. J. Hinze. Society of Exploration Geophysicists, Oklahoma, 1985. P. 88–101.
5. Абрамова Д. Ю., Абрамова Л. М., Филиппов С. В. Об исследовании тектоносферы с использованием спутниковых данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10, № 1. С. 167–182.
6. Леонов Ю. Г., Волож Ю. А., Антипов М. П., Хераскова Т. Н. Урало-Герирудский трансконтинентальный постколлизийный сдвиг и его роль в формировании земной коры // Геотектоника. 2015. № 6. С. 52–64.
7. Матусевич А. В. Гравиразведка Прикаспийской впадины. Ливны : Издатель Мухаметов Г. В., 2013. 176 с.
8. Огаджанов В. А. Сравнительный анализ региональной тектоники районов расположения Балаковской АЭС и АЭС в Иордании // Труды АО «Атомэнергопроект». 2015. Вып. 15. С. 158–165.
9. Огаджанов В. А., Огаджанов А. В. Аномалии геофизических полей при дилатации горных пород // Геофизика. 2013. № 6. С. 65–69.
10. Огаджанов В. А., Огаджанов А. В. О природе Мынтобинской геотермической аномалии // Недра Поволжья и Прикаспия. 2019. № 99. С. 75–81.

Поступила в редакцию 15.03.2022; одобрена после рецензирования 10.04.2022; принята к публикации 01.06.2022  
The article was submitted 15.03.2022; approved after reviewing 10.04.2022; accepted for publication 01.06.2022