



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 1. С. 65–72
Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 1, pp. 65–72

Научная статья

УДК 550.81:550.83

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-65-72>

Геолого-геофизический анализ морфологических структур центрального типа на территории Восточно-Европейской платформы и их связь с месторождениями углеводородов



А. Л. Харитонов

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн имени Н. В. Пушкова Российской академии наук, Россия, 108840, г. Москва, Троицк, Калужское шоссе, д. 4

Харитонов Андрей Леонидович, кандидат физико-математических наук, ведущий сотрудник, ahariton@izmiran.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4769-6415>

Аннотация. Впервые выявлена корреляционная взаимосвязь расположения месторождений углеводородов и морфологических структур центрального типа. Рассмотрены возможные природные механизмы образования морфологических структур центрального типа. По результатам геолого-геофизической интерпретации данных магниторазведки, гравитразведки и теплового потока показано глубинное строение «корней» этих морфологических структур.

Ключевые слова: морфологические структуры центрального типа, геолого-геофизическая интерпретация, данные магниторазведки, гравитразведки, теплового потока

Благодарности. Автор искренне благодарит докторов геолого-минералогических наук А. И. Тимурзиева, Р. Б. Сейфуль-Мулюкова, Б. М. Валяева, В. Л. Сывороткина – организаторов ежегодных конференций «Кудрявцевские чтения», посвященных известному ученому, разработавшему теорию глубинного генезиса углеводородов, академику Н. П. Кудрявцеву – за их огромную работу по дальнейшему развитию идей этого великого исследователя-геолога.

Для цитирования: Харитонов А. Л. Геолого-геофизический анализ морфологических структур центрального типа на территории Восточно-Европейской платформы и их связь с месторождениями углеводородов // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 1. С. 65–72. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-65-72>

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

Article

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-65-72>

Geological and geophysical analysis of morphological structures of the central type in the Eastern European platform territory and its connection with hydrocarbon fields

Andrey L. Kharitonov, ahariton@izmiran.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4769-6415>

Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation of Russian Academy of Sciences, 4 Kaluzhskoe Hwy, Troitsk, Moscow 108840, Russia

Abstract. Correlative interrelation of hydrocarbon field arrangement and morphological structures of the central type is revealed. Possible natural mechanisms of morphological structures formation of the central type are considered. By results of geological and geophysical interpretation of magnetic prospecting, gravity prospecting, heat floor data the deep structure of these morphological structures is shown.

Keywords: morphological structures of the central type, geological and geophysical interpretation, magnetic prospecting, gravity prospecting, heat floor data

Acknowledgements: The author would like to express his sincere gratitude to the doctors of geological and mineralogical sciences A. I. Timurziev, R. B. Seyful-Mulyukov, B. M. Valyaev, V. L. Syvorotkin – organizers of the annual conferences «Kudryavtsev Readings» dedicated to the famous scientist, who developed the theory of deep genesis of hydrocarbons, to academician N. P. Kudryavtsev – for their enormous work on the further development of the ideas of this great researcher-geologist.

For citation: Kharitonov A. L. Geological and geophysical analysis of morphological structures of the central type in the Eastern European platform territory and its connection with hydrocarbon fields. *Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 1, pp. 65–72 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-65-72>

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



Введение

В результате проведенных исследований некоторыми авторами [1–7] установлена корреляционная взаимосвязь пространственного расположения месторождений углеводородов и глубинных тектонических структур. По данным дешифрирования космических снимков поверхности рельефа Восточно-Европейской платформы (ВЕП), разными авторами [6, 7–11] было выявлено множество морфологических структур центрального типа (МСЦТ), образованных разными глубинными геолого-тектоническими структурами и имеющих пространственные размеры от нескольких сотен метров до тысяч километров. Большинство крупных морфологических структур центрального типа возникло на ранних (докембрийских) этапах геологической эволюции Земли.

Форма, пространственные размеры и геолого-тектонические механизмы образования морфологических структур центрального типа

Морфологические структуры центрального типа Восточно-Европейской платформы различаются возрастом и геолого-тектоническими механизмами образования, что определяет их морфологические поверхностные и глубинные особенности, а также пространственные размеры. Известно [8], что на территории Восточно-Европейской платформы и окружающих сопредельных регионов выявлено несколько геолого-тектонических механизмов образования морфологических структур центрального типа: магматический (плюмовый, магмато-вулканический, грязе-вулканический), дегазационно-взрывной, тектонический (цилиндрические дайки), метаморфический, сейсмический, комплексный. Отмечают разные поверхностные морфологические разновидности морфологических структур центрального типа на территории Восточно-Европейской платформы: кольцевые валообразные, спиралевидные и конусообразные поверхностные структуры. Пространственные размеры выявленных разновозрастных морфологических структур центрального типа, наблюдаемые на территории Восточно-Европейской платформы, колеблются от нескольких сот метров до тысяч километров в диаметре [7]. Примеры некоторых морфологических структур центрального типа, расположенных на территории Восточно-Европейской платформы, выявленных по комплексу геолого-геофизических данных [6] и данных дешифрирования космических снимков [10], показаны на рис. 1.

Методы исследования

Для выявления структур центрального типа на территории Восточно-Европейской платформы, помимо геолого-геофизических данных,

были использованы материалы дешифрирования космических снимков. Рядом авторов [8–10, 12] было отмечено, что с увеличением разрешающей способности космических изображений, т. е. генерализацией этих изображений, можно увидеть структуру земной коры все более глубоких ее горизонтов. Кроме того, было установлено, что более надежная корреляционная связь проявляется между результатами космических изображений и геофизическими полями, а также с геологическими материалами, изображенными на региональных геологических картах. Идеи академика А. Л. Яншина [12] относительно важности изучения механизма зондирования по космическим изображениям глубинных геологических структур также свидетельствуют об актуальности изучения глубинного строения морфологических структур центрального типа.

Геологические данные о морфологических структурах центрального типа, образованных палеомантийными плюмами

Хорошо известно [8], что на ранней стадии эволюционного формирования Земли произошло образование гигантских (тысячи километров в диаметре) древнейших морфологических структур центрального типа – нуклеаров, проявляющихся на поверхности Земли в виде огромных кольцевых валообразных структур, частично деформированных дальнейшими тектоническими процессами и иногда перекрытых слоем осадочных пород. В фанерозойский геохронологический период произошел распад первичного праматерика – Гондваны – на несколько отдельных крупных морфоструктурных элементов, которые постепенно начали дрейфовать друг от друга под действием тектоники литосферных плит [8].

Это привело к расколу ранее образовавшихся нуклеаров (например, Гвинейско-Бразильская МСЦТ (26), Южноафрикано-Аргентинская МСЦТ (29), Пакистано-Сомалийская МСЦТ (27) и др.) (рис. 2), оказавшихся в зонах спрединга таких вновь образовавшихся материков, как Африка, Южная Америка, Азия, возникших в результате нового тектонического этапа геологической эволюции Земли – спрединга литосферных плит. Большинство гигантских (тысячи километров в диаметре) морфологических структур центрального типа (нуклеаров) образовалось в результате возникновения термомантийных плюмов и суперплюмов, внедрившихся в земную кору из мантии в определенный геохронологический период эволюции Земли. К морфологическим структурам центрального типа 3-го и 4-го порядка на территории Восточно-Европейской платформы и ее ближайшего обрамления можно отнести Калининградскую (3), Кольско-Лапландскую (4), Свеко-Норвежскую (5), Волго-Уральскую (6а), Новороссийскую (7), Московскую (8), Прикаспий-

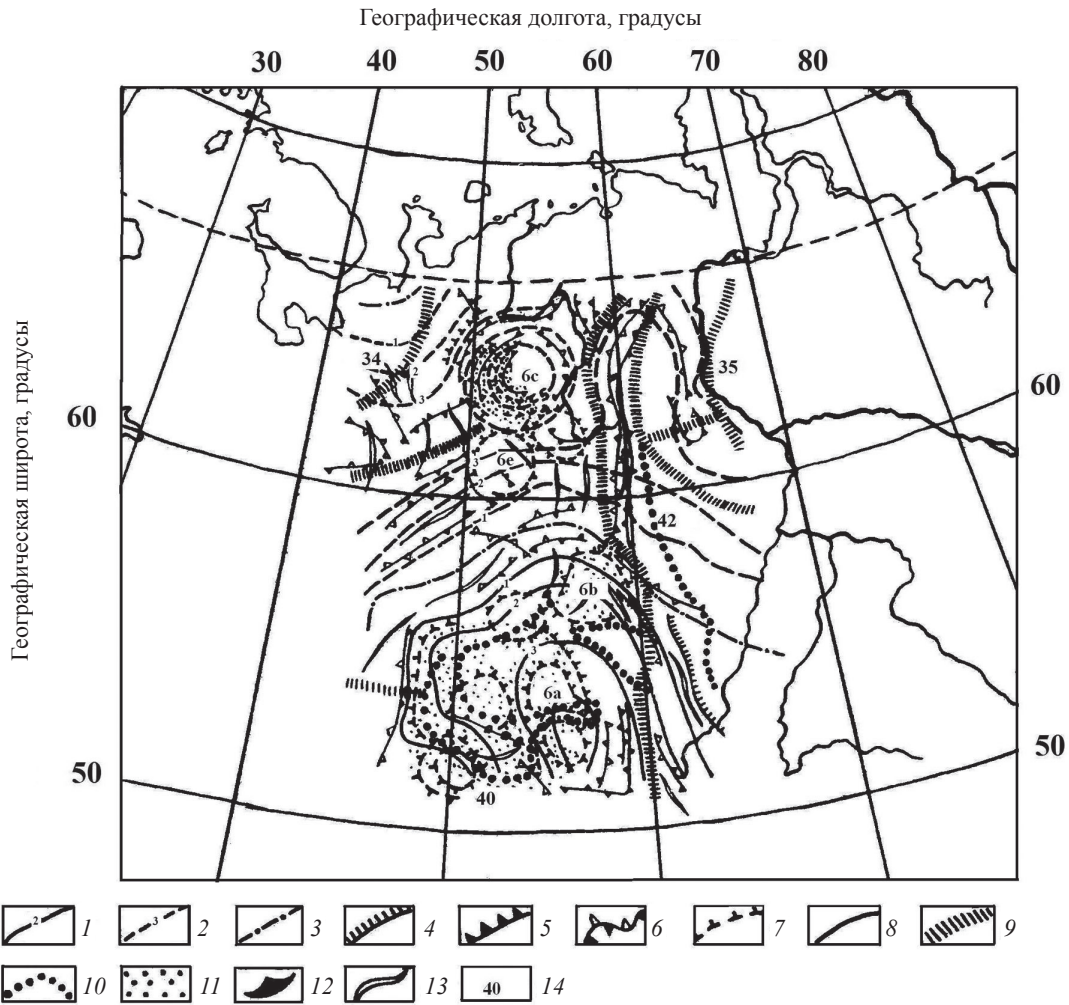


Рис. 1. Комплексная геолого-геофизическая схема расположения Волго-Уральской (6а), Каменноложской (6б), Ухто-Вуктыльской (6с), Соликамской (6е) морфологических структур центрального типа, тектонических нарушений и изолиний аномального магнитного и гравитационного полей в пределах территории Восточно-Европейской платформы: 1 – изодинамы положительных значений аномального магнитного поля; 2 – изодинамы отрицательных значений аномального магнитного поля; 3 – изодинамы нулевых значений аномального магнитного поля; 4 – верхнекоровые тектонические разломы, 5 – уступы рельефа по данным космических фотоснимков; 6 – оси простираения мезозойских и палеозойских структур; 7 – концентрические и дуговые линеаменты, связанные с кольцевыми и дуговыми тектоническими разломами; 8 – линеаменты; 9 – краевые ограничения геоблоков с разным типом земной коры по геолого-геофизическим данным; 10 – краевые ограничения геоблоков с разным типом земной коры по данным дешифрирования космических снимков; 11 – формационные комплексы слоев на территории Восточно-Европейской платформы; 12 – глубинные литосферные разломы; 13 – складчатые структуры фундамента; 14 – значения мощности земной коры в километрах

скую (9), Западно-Сибирскую (10) (см. рис. 2). На территории Восточно-Европейской платформы имеются и морфологические структуры центрального типа меньшего диаметра, такие как Каменноложская (6б), Ухто-Вуктыльская – (6с), Печорская (6д), изображенные на рис. 1, которые образуются в периферических зонах более крупных морфологических структур центрального типа более высокого порядка, таких как Прикаспийская МСЦТ (9), Волго-Уральская МСЦТ (6а), Западно-Сибирская МСЦТ (10) и некоторых других, изображенных на рис. 2.

Глубинные геолого-тектонические особенности морфологических структур центрального типа, образованных палеомантийными плюмами,

выявленных на территории Восточно-Европейской платформы, в общем виде можно представить следующим образом (рис. 3).

В недрах Земли в результате продвижения из мантии к ее поверхности в доархейский период магматических образований термальных плюмов [11] в земной коре образовались усеченные воронкообразные глубинные структуры, по граничным (бортовым) зонам которых винтообразно продвигаются к поверхности газотермальные и гидротермальные потоки геофлюидов разного химического состава. Подобные морфологические структуры центрального типа, образованные палеомантийными плюмами, были частично проанализированы в работах [6, 7, 11].

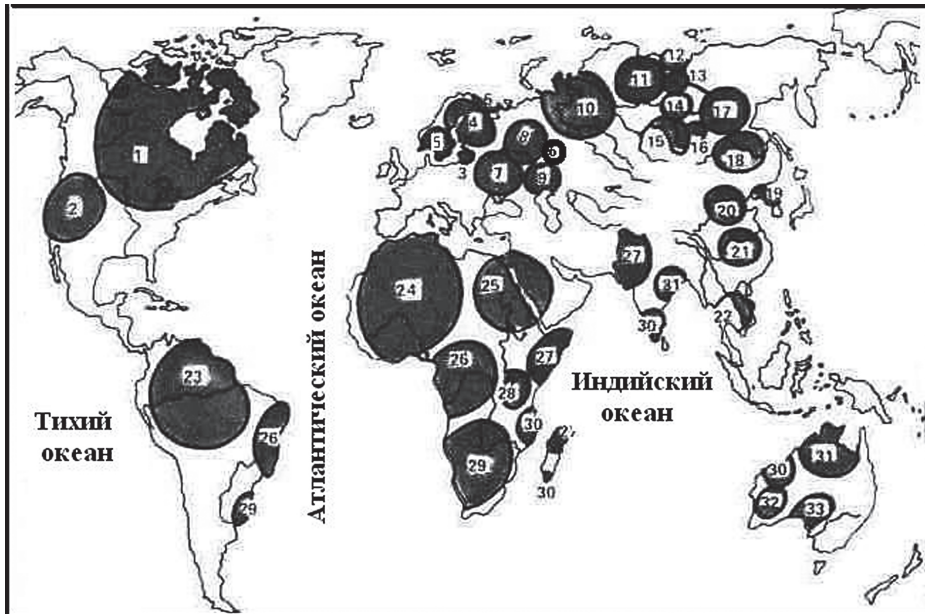


Рис. 2. Главные, известные в настоящее время, морфологические структуры центрального типа 3-го и 4-го порядка, выделенные на поверхности Земли по данным дешифрирования космических снимков [8]: 1 – Североамериканская; 2 – Колорадская; 3 – Калининградская; 4 – Кольско-Лапландская; 5 – Свеко-Норвежская; 6 – Волго-Уральская; 7 – Новороссийская; 8 – Московская; 9 – Прикаспийская; 10 – Западно-Сибирская; 11 – Хета-Оленекская; 12 – Оленекская; 13 – Тюнговская; 14 – Вилюйская; 15 – Ангарская; 16 – Витимо-Олекминская; 17 – Алдано-Становая; 18 – Амурская; 19 – Сино-Корейская; 20 – Северокитайская; 21 – Южнокитайская; 22 – Индокитайская; 23 – Амазонская; 24 – Западноафриканская; 25 – Аравийско-Нубийская; 26 – Гвинейско-Бразильская; 27 – Пакистано-Сомалийская; 28 – Танзанийская; 29 – Южноафрикано-Аргентинская; 30 – Дорваро-Мозамбикская; 31 – Северо-Австралийская; 32 – Ийлгарнская; 33 – Юклинская

Совместная интерпретация наземных геолого-геофизических данных и данных дешифрирования космических снимков в пределах территории Восточно-Европейской платформы

На схеме дешифрирования космического снимка (см. рис. 1) отчетливо выделяются четыре достаточно крупные кольцевые морфологические структуры центрального типа (Волго-Уральская – *ба*, Каменноложская – *бб*, Ухто-Вуктыльская – *бс*, Соликамская – *бе*), расположенные в восточной части Восточно-Европейской платформы. Кольцевые морфологические структуры центрального типа на территории Восточно-Европейской платформы обычно бывают оконтурены гранито-гнейсовыми кольцевыми валообразными образованиями фундамента, сменяющимися кольцевыми депрессиями. На юго-восточном обрамлении Восточно-Европейской платформы, в районе Волго-Уральской нефтегазовой провинции, по наземным геолого-геофизическим данным (рис. 4, 5) также выделена одноименная кольцевая морфологическая структура центрального типа 4-го порядка (см. рис. 1 – *ба*), дочерняя от Прикаспийской (9) морфологической структуры центрального типа 3-го порядка. По результатам комплексных геолого-геофизиче-

ских исследований был построен схематический глубинный разрез земной коры, пересекающий Волго-Уральскую морфологическую структуру центрального типа (см. рис. 4).

Минимум в значениях гравитационного поля (dg) в центральной части Волго-Уральской морфологической структуры центрального типа (см. рис. 1, МСЦТ – *ба*), расположенной в юго-восточной части Восточно-Европейской платформы, соответствует глубокой впадине в породах кристаллического фундамента, заполненной осадочными и грубообломочными породами малой плотности. Эта депрессия, под территорией Волго-Уральской морфологической структуры центрального типа, максимальной глубиной около 7 км, наблюдается на данном геолого-геофизическом разрезе в значениях глубины залегания границы, разделяющей породы осадочного чехла (см. рис. 4, *в*, слой 3) и верхних слоев кристаллического фундамента. Породы кристаллического фундамента в зоне Волго-Уральской морфологической структуры центрального типа имеют пониженные значения намагниченности, их суммарный вектор намагничивания не вертикален, а направлен не только вверх, но и на восток. В связи с этим минимум значений аномального магнитного поля (dTa) (см. рис. 4, *а*) также несколько смещен на восток

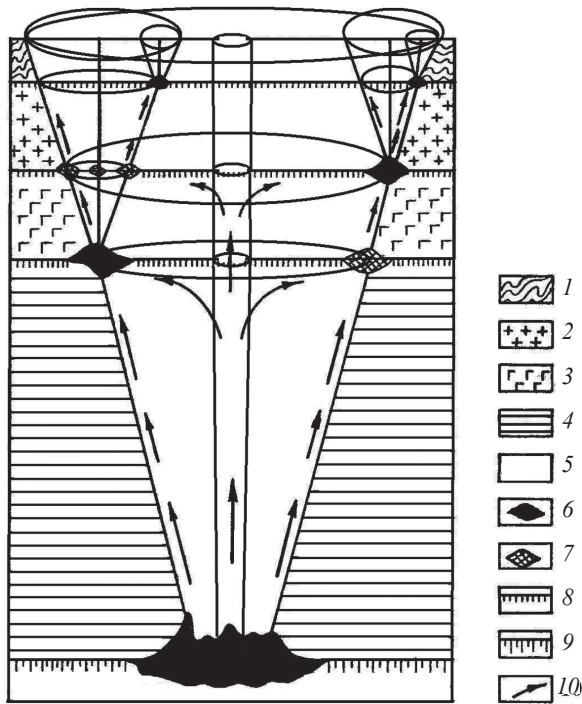


Рис. 3. Схема глубинного строения палеомантийных плюмов, образующих на поверхности Земли морфологические структуры центрального типа: 1 – породы «осадочного» слоя земной коры; 2 – породы «гранитного» слоя земной коры; 3 – породы «базальтового» слоя земной коры; 4 – породы литосферного слоя мантии Земли; 5 – породы астеносферного слоя мантии Земли; 6 – скопление рудных полезных ископаемых на пересечении субгоризонтальных границ физических слоев Земли и субвертикальных границ «корней» морфологических структур центрального типа; 7 – скопление газофлюидных полезных ископаемых на пересечении субгоризонтальных границ физических слоев Земли и субвертикальных границ «корней» морфологических структур центрального типа; 8 – границы, разделяющие физические слои земной коры; 9 – границы, разделяющие физические слои мантии Земли; 10 – направление тепломассопереноса вещества мантии и субвертикального потока геофлюидов (в том числе углеводородов) к поверхности Земли

относительно центра рассматриваемой морфологической структуры центрального типа. Данные сейсморазведки показывают, что в центральной части Волго-Уральской морфологической структуре центрального типа в породах кристаллического фундамента земной коры наблюдается резкое падение скорости (V_p) распространения сейсмических волн (с 8.4 до 8.0 км/с).

Из построенного геолого-геофизического разреза, пересекающего Волго-Уральскую морфологическую структуру центрального типа, можно видеть, что на границе Мохоровичича (на глубине 40–50 км) (см. рис. 4, в, кривая 4), имеется глубокая (около 10 км) воронкообразная депрессия, являющаяся «корневым» основанием этой МСЦТ на границе земной коры и мантии. Наблюдается также депрессия максимальной глубины около 350 м в значениях уровня релье-

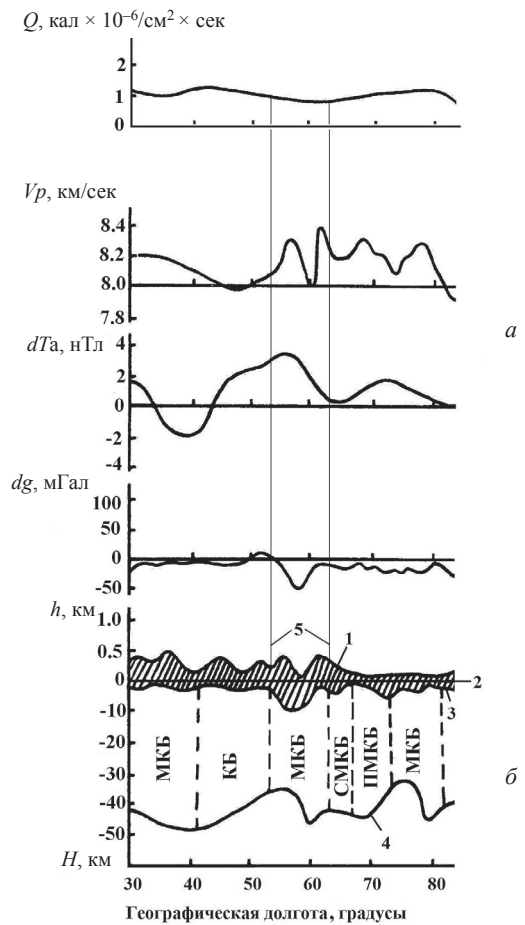
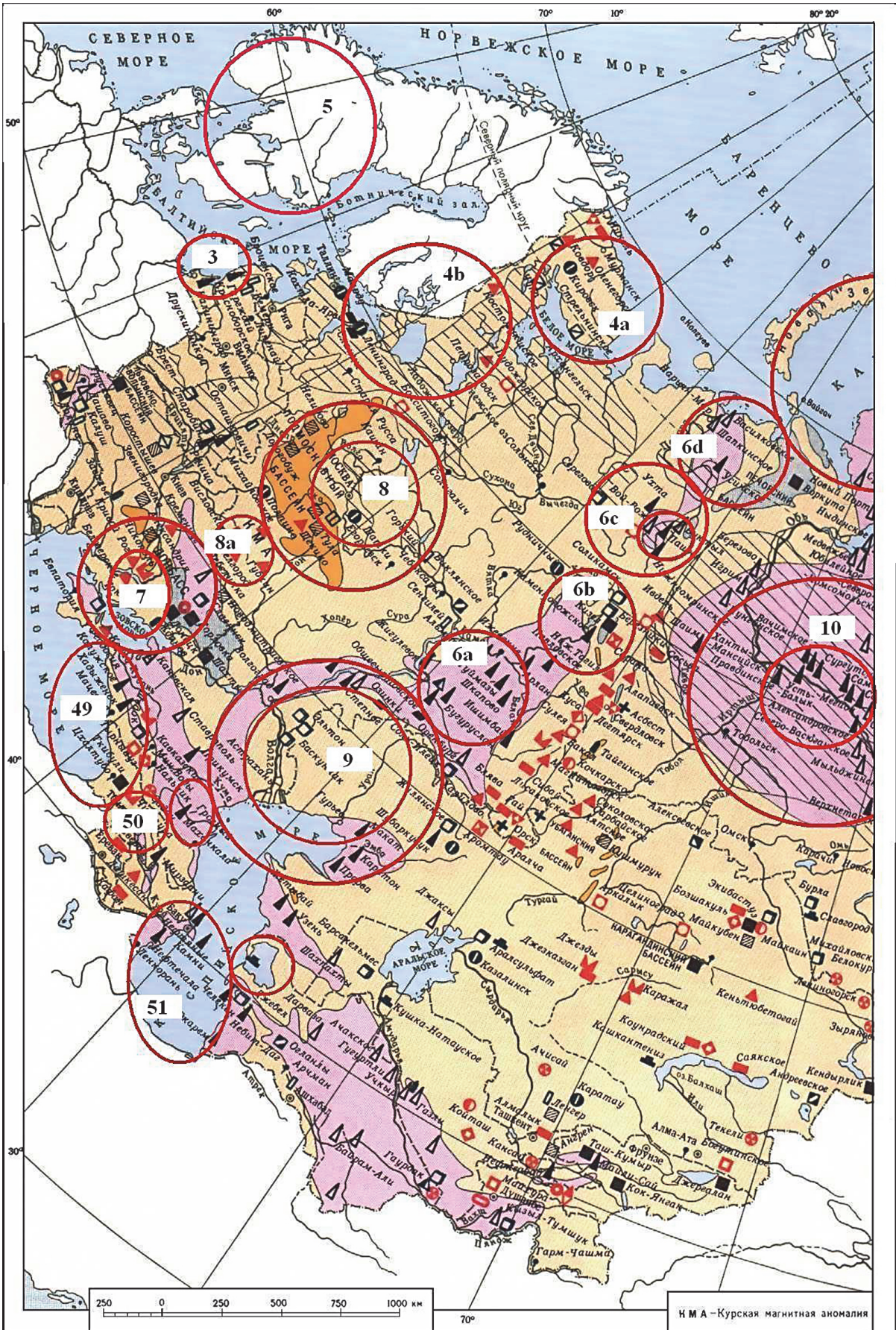


Рис. 4. Результаты измерений различных геофизических полей по широтному профилю, расположенному вдоль 55-го градуса северной широты и схематический геолого-геофизический разрез этого региона Восточно-Европейской платформы (Волго-Уральская МСЦТ): а – результаты измерений магнитного (dTa), гравитационного (dg) полей и данных теплового потока (Q) вдоль анализируемого профиля; Q – измеренные значения теплового потока (кал $\times 10^{-6}/\text{см}^2 \times \text{сек}$) из недр Земли вдоль этого профиля; dTa – измеренные значения аномалий магнитного поля Земли (нТл) вдоль этого профиля; dg – измеренные значения аномалий гравитационного поля в редукции Буге (мГал) вдоль этого профиля; V_p – измеренные значения скорости продольных сейсмических волн (км/сек) вдоль этого профиля; б – схематический геолого-геофизический разрез земной коры вдоль анализируемого профиля: 1 – значения высоты рельефа (h) поверхности Земли (км) вдоль этого профиля; 2 – линия, показывающая высоту уровня Мирового океана; 3 – значения глубины (км) нижней границы осадочного слоя и складчатого основания фундамента земной коры вдоль этого профиля; 4 – значения глубины границы Мохоровичича (км); 5 – боковые границы Волго-Уральской морфологической структуры центрального типа и зона значений физических полей над ней; буквами П, С, М, К, Б – обозначена последовательность преобладающих вещественных комплексов горных пород в разрезе земной коры на данном участке этого профиля: П – переходный комплекс; С – складчатый комплекс; М – метаморфический комплекс; К – кристаллический комплекс; Б – «базальтовый нерасчлененный» слой





фа поверхности Земли (см. рис. 4, в, кривая 1). Валообразная кольцевая структура рельефа поверхности Земли, оконтуривающая территорию Волго-Уральской морфологической структуры центрального типа, вместе с аналогичными структурами в глубине земной коры позволяет наметить ее субвертикальные глубинные границы (см. рис. 4, а, прямые линии 5) этой морфологической структуры центрального типа. Однако, как можно видеть из графика аномальных значений теплового потока (Q) (см. рис. 4, а), поступающего из недр Земли, его структура в пределах территории Волго-Уральской морфологической структуры центрального типа несколько понижена в ее центральной части относительно бортовых зон. Это может свидетельствовать о том, что поскольку тепловой поток в бортовых частях Волго-Уральской морфологической структуры центрального типа несколько выше, как и в Прикаспийской и Новороссийской морфологических структурах центрального типа, то и вертикальный тепломассоперенос углеводородов в приповерхностные слои осадочного чехла, где обычно имеются соответствующие структурные ловушки для мигрирующих углеводородов, также будет выше. Следовательно,

будет выше и вероятность обнаружения месторождений углеводородов (рис. 5) в бортовой зоне Волго-Уральской морфологической структуры центрального типа при постановке детальных геолого-разведочных работ.

На территории Восточно-Европейской платформы по морфологии расположения основных зон нефтегазовых и угольных месторождений, была показана нефтегазовая перспективность морфологических структур центрального типа (МСЦТ), приведенных в работе [8], и выделены некоторые новые МСЦТ с меньшим диаметром (Каменноложская – 6b, Ухто-Вуктыльская – 6с), представленные на рис. 5. Судя по данным, приведенным на рис. 5, именно бортовые зоны многих морфологических структур центрального типа, расположенных на территории Восточно-Европейской платформы, связаны с месторождениями нефти, газа (Прикаспийская – 9, Новороссийская – 7), угля (Московская – 8). Соответственно несколько выше вероятность обнаружения новых нефтегазовых месторождений в бортовых зонах Волго-Уральской морфологической структуры центрального типа (см. рис. 5, МСЦТ – 6), чем в ее центральной части (так называемой «трубе дегазации» МСЦТ [1]).

Условные обозначения



Рис. 5. Фрагмент карты полезных ископаемых территории СССР. На территории Восточно-Европейской платформы выделены морфологические структуры центрального типа: 3 – Калининградская; 4а – Кольская; 4b – Лапландская; 5 – Свеко-Норвежская; 6а – Волго-Уральская; 6b – Каменноложская; 6с – Ухто-Вуктыльская; 6d – Печорская; 7 – Новороссийская; 8 – Московская; 8а – Курская; 9 – Прикаспийская; 10 – Западно-Сибирская; 49 – Восточно-Черноморская; 50 – Северо-Кавказская; 51 – Южно-Каспийская (цвет online)



Заключение

По комплексу геолого-геофизических данных (аэромагниторазведки, гравиразведки, теплового потока, данных о комплексах вещественного состава горных пород земной коры) было проведено изучение глубинного строения Восточно-Европейской платформы, что позволило создать комплексную модель строения земной коры данного региона в пределах расположения Волго-Уральской морфологической структуры центрального типа. При этом был решен ряд важных задач, имеющих самостоятельное значение.

1. По результатам применения данных дешифрирования космических снимков, комплекса региональных геолого-геофизических данных на территории Восточно-Европейской платформы выявлены морфологические структуры центрального типа (Волго-Уральская, Каменноложская, Ухто-Вуктыльская) меньшего диаметра, чем Прикаспийская, которые должны быть связаны с разными месторождениями горючих полезных ископаемых (нефть, газ, уголь).

2. На территории Восточно-Европейской платформы в районе Волго-Уральской МСЦТ построен схематический геолого-геофизический разрез земной коры, который подтверждает теоретическое глубинное строение «корней» морфологических структур центрального типа, образованных палеомантийными плюмами, и связанных с ними месторождений углеводородов.

Библиографический список

1. *Валев Б. М.* Углеводородная дегазация Земли, геотектоника и происхождение нефти и газа (признание и развитие идей П. Н. Кропоткина) // Дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений : материалы Всерос. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения П. Н. Кропоткина. Москва : ГЕОС, 2011. С. 10–32.

2. *Сейфуль-Мулюков Р. Б.* Нефть и газ. Глубинная природа и ее прикладное значение. Москва : Торус Пресс, 2012. 216 с.

3. *Сывороткин В. Л.* Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. Москва : ООО «Геоинформцентр», 2002. 250 с.

4. *Тимурзиев А. И.* Модели распределения ресурсов УВ и новые подходы к принципам нефтегазогеологического районирования // Дегазация Земли : материалы Всерос. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения П. Н. Кропоткина. Москва : ГЕОС, 2006. С. 254–258.

5. *Тимурзиев А. И.* Современное состояние методологии и практики поисков нефти // Дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений : материалы Всерос. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения П. Н. Кропоткина. Москва : ГЕОС, 2011. С. 456–477.

6. *Харитонов А. Л.* Комплексный геолого-геофизический анализ некоторых морфоструктур центрального типа и их связь с месторождениями нефти и газа // Вестник института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. 2018. № 7(283). С. 3–9.

7. *Харитонов А. Л.* Изучение глубинной структуры мантийных суперплюмов-каналов дегазации земных недр // International Journal of Professional Science. 2019. № 9. С. 16–30.

8. *Кац Я. Г., Полетаев А. И., Сулиди-Кондратьев Е. Д.* Кольцевые структуры лика планеты. М. : Знание, К 62, 1989. 48 с.

9. *Макаров В. П., Скобелев С. Ф., Трифонов В. Г.* Исследование природной среды космическими средствами // Геология и геоморфология. 1974. Т. 2. С. 9–42.

10. *Соловьев В. В.* Структуры центрального типа территории СССР по данным геолого-геоморфологического анализа. Ленинград : ВСЕГЕИ, 1978. 111 с.

11. *Kharitonov A. L.* Oil and gas potential of morphostructures of the central type in Eastern Siberia // Деловой журнал Neftegaz.RU. 2019. № S10(94). С. 50–55.

12. *Янишин А. Л., Зятькова Л. К.* Развитие и использование исследований природных явлений и ресурсов Сибири и на Дальнем Востоке // Исследование Земли из космоса. 1980. № 1. С. 40–48.

Поступила в редакцию 04.08.2020, после рецензирования 15.10.2020, принята к публикации 20.11.2020
Received 04.08.2020, revised 15.10.2020, accepted 20.11.2020