

УДК 504.4, 911.9, 528.88, 551.248
DOI 10.25688/2076-9091.2022.45.1.3

Андрей Леонидович Харитонов

Институт земного магнетизма, ионосферы
и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова РАН
г. Москва, Россия
ahariton@izmiran.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0843-452X>

Геоэкологические аспекты корреляции кольцевых структур, региональных аномалий геофизических полей и месторождений полезных ископаемых

Аннотация. Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью геоэкологической оценки зон кольцевых морфологических структур на территории Восточно-Европейской платформы для выявления природных и техногенных рисков при разработке и эксплуатации нефтегазовых и угольных месторождений. Использование дистанционных аэрокосмических методов (магнитных, гравитационных, геотермальных) при геоэкологическом картировании кольцевых морфологических структур существенно повышает как информативность и эффективность прогнозно-поисковых исследований, так и уровень экологической безопасности при разработке месторождений горючих полезных ископаемых.

Ключевые слова: геоэкологические аспекты изучения особенностей размещения и эксплуатации месторождений горючих полезных ископаемых, кольцевые морфологические структуры, данные дешифрирования космических снимков

Andrey Leonidovich Kharitonov

Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere
and Radio Wave propagation of RAS
Moscow, Russia
ahariton@izmiran.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0843-452X>

Geocological aspects of correlation of ring structures, regional anomalies of geophysical fields and mineral deposits

Abstract. The relevance of the research topic is due to the need for geocological assessment of zones of ring morphological structures on the territory of the Eastern European Platform to identify natural and man-made risks in the development and operation of oil and gas and coal deposits. The use of remote aerospace methods (magnetic, gravitational,

geothermal) in geocological mapping of ring morphological structures significantly increases the informativeness and efficiency of predictive prospecting research, as well as increases the level of environmental safety in the development of deposits of combustible minerals.

Keywords: geocological aspects of studying the features of the placement and exploration of deposits of combustible minerals, ring morphological structures, data decryption of satellite images

Введение

Геоэкологические оценки ввода в эксплуатацию новых месторождений горючих полезных ископаемых на территории густонаселенных районов российской части Восточно-Европейской платформы (например, в пределах Московского бурогольного бассейна), а также из-за постепенного истощения запасов нефти на территории старых нефтегазоносных районов России (Татарстан, Башкирия, Западная Сибирь) [11] актуальны в связи с резким ростом потребления энергетических ресурсов. Геоэкологические исследования необходимы при поиске закономерностей в географическом размещении месторождений горючих полезных ископаемых для возможного снижения неизбежного экологического ущерба окружающей среде [2, 4, 5, 6]. При этом важна задача совместного исследования кольцевых структур (рис. 1) и связанных с ними месторождений горючих полезных ископаемых по геомагнитным, гравитационным данным, по данным теплового потока на территории Восточно-Европейской платформы, где они чрезвычайно необходимы для дальнейшего энергетического развития промышленности Российской Федерации.

В условиях развития активного энергетического кризиса в европейских странах эти и меньшего диаметра кольцевые структуры могут быть использованы для изучения географии размещения связанных с ними месторождений различных видов горючих полезных ископаемых. При этом для поиска новых месторождений горючих полезных ископаемых и геоэкологических оценок их влияния на окружающую среду, кроме наземных геолого-геофизических данных, большую помощь могут оказать надежные спутниковые геофизические съемки [7, 8, 12, 14].

Для поиска новых источников углеводородов важна гипотеза Н. А. Кудрявцева [5] о взаимосвязи пространственного расположения месторождений горючих полезных ископаемых и кольцевых морфологических структур. Поэтому одна из целей предлагаемого исследования — показать возможности дешифрирования космических снимков для выявления геофизических особенностей кольцевых морфологических структур, для изучения влияния природных дегазационных процессов мантии на изменение магнитного, гравитационного и теплового полей Земли.

Кроме того, анализируется гипотеза о корреляционной связи пространственного расположения техногенных зон дегазации, возникающих в процессе эксплуатации месторождений горючих полезных ископаемых с зонами кольцевых морфологических структур.

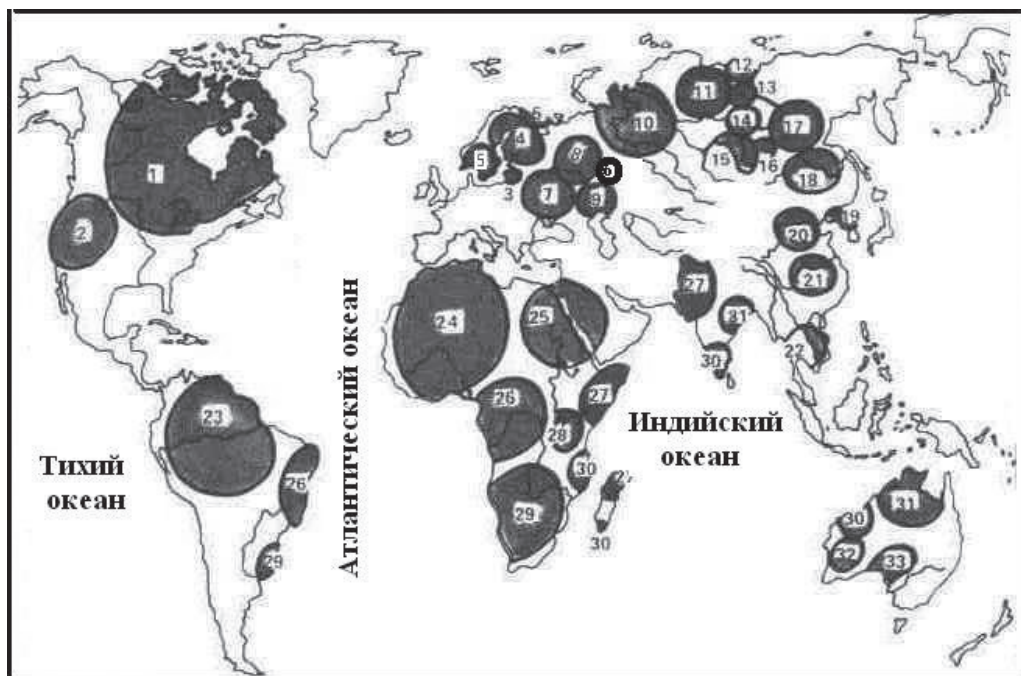


Рис. 1. Крупные кольцевые структуры (нуклеары) на поверхности Земли [1]:

- 1 — Северо-Американская, 2 — Колорадская, 3 — Прибалтийская, 4 — Кольско-Ладожская,
- 5 — Свеко-Норвежская, 6 — Волго-Уральская, 7 — Скифская, 8 — Московская,
- 9 — Прикаспийская, 10 — Ноябрьская, 11 — Хетта-Оленекская, 12 — Лаптевская,
- 13 — Тунгская, 14 — Вилуйская, 15 — Ангарская, 16 — Витимо-Олекминская,
- 17 — Алдано-Становая, 18 — Амурская, 19 — Синокорейская, 20 — Северо-Китайская,
- 21 — Южно-Китайская, 22 — Индо-Китайская, 23 — Амазонская, 24 — Западно-Африканская,
- 25 — Аравийско-Нубийская, 26 — Центрально-Африканская, 27 — Сомалийско-Аравийская,
- 28 — Танзанийская, 29 — Южно-Африканская, 30 — Дорваро-Мозамбикско-Австралийская,
- 31 — Индо-Австралийская, 32 — Ийлгарнская, 33 — Юклинская

Методы исследования

Автором предлагается использование геофизических (магнитных, гравитационных, геотермальных) полей для геоэкологических исследований в зонах кольцевых морфологических структур и связанных с ними месторождений полезных ископаемых в центральных регионах Восточно-Европейской платформы (Московская синеклиза, Орловский, Курский, Нижегородский, Донецкий и другие регионы).

Для выявления связи геоэкологических процессов с размещением зон природно-техногенной дегазации в пределах кольцевых структур были использованы исследования аномалий магнитного, гравитационного полей и теплового потока, измеренных над центральными регионами территории Восточно-Европейской платформы (Московский, Орловский, Курский, Тверской, Нижегородский регионы и другие) [7, 8, 12, 14].

В статье была принята концепция Ю. А. Косыгина [4], рассматривающая экологическую геосистему как упорядоченную совокупность элементов геологической среды, образовавшихся в результате взаимодействия литосферы, атмосферы и биосферы. На основе этой концепции была проведена численная интерпретация (на основе вычисления коэффициентов корреляции) аэрокосмических данных, измеренных в атмосфере (региональные аномалии магнитного, гравитационного, теплового потока полей), покрывающих всю территорию Восточно-Европейской платформы, для изучения дегазационных природно-техногенных неоднородностей, возникающих в верхних слоях литосферы и проявляющихся в изменениях природных ландшафтов окружающей среды [6].

Результаты исследований

Комплексный анализ аэрокосмических геофизических данных (магнитных, гравитационных и теплового потока) может дать более объективное и достоверное представление о геоэкологических (природно-техногенных дегазационных) процессах, происходящих в пределах кольцевых морфологических структур центральной части Восточно-Европейской платформы и соседних регионов. Поэтому для верификации результатов аэрокосмических измерений было проведено сопоставление:

- построенных спутниковых карт магнитного поля [7, 12] (см. рис. 2), связанных с литосферными магнитными неоднородностями, и карт гравитационного поля [14] (см. рис. 3), построенных по аэрокосмическим (альтиметрическим) измерениям;
- данных о тепловых потоках [8] (см. рис. 4) с имеющимися данными дистанционного зондирования Земли о кольцевых морфологических структурах [9] (см. рис. 5), в пределах которых происходят природные дегазационные процессы в районах размещения горючих полезных ископаемых.

На рисунке 2 представлена карта спутниковых магнитных аномалий. Наблюдается положительная региональная магнитная аномалия амплитудой (до +16 нТл) в районе Курского региона, которая территориально связана с географическими неоднородностями Курской кольцевой морфологической структуры (7а) и соответствующими ей почти кольцевыми неоднородностями гравитационного поля (см. рис. 3) [14].

Кроме того, по измеренным данным значений теплового потока [8], поступающего из недр мантии Земли, можно выделить крупные зоны дегазации природных углеводородов [5] и других природных газов (радон и др.) [13], которые влияют на изменение экологического состояния окружающей среды (см. рис. 4).

Из рисунка 4 следует, что в бортовых (периферийных) зонах Скифской (7), Московской (8), Прикаспийской (9) кольцевых морфологических структур

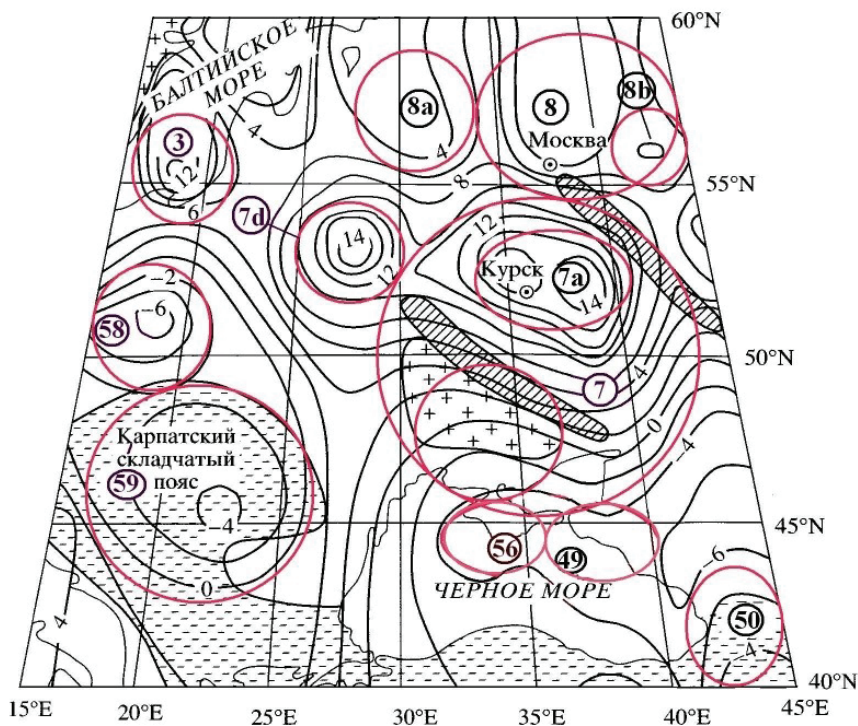


Рис. 2. Аномалии магнитного поля Восточно-Европейской платформы (по данным космического аппарата «СНАМР») [7]:

штриховкой показаны: Днепровско-Донецкий и Рязано-Саратовский прогибы, оконтуривающие территорию Курской магнитной аномалии (7а); магнитные аномалии, соответствующие одноименным кольцевым структурам: 3 — Прибалтийская; 7 — Скифская; 7а — Курская; 7d — Белорусская; 8 — Московская; 8а — Тверская; 8b — Нижегородская; 49 — Восточно-Черноморская; 50 — Дзиркульская; 56 — Крымо-Азовские; 58 — Польская; 59 — Карпатская

наблюдаются повышенные значения теплового потока (до 50,2 мВт/м² и более). За счет последующих тектонических деформаций верхняя (коровая) часть, например Скифского докембрийского мантийного плюма и других, была разбита секущими тектоническими разломами, погребенными под слоями осадочных горных пород, по которым особенно интенсивно поступает тепловой поток из глубины этого палеомантийного плюма (7, 8, 9) и других, более мелких (см. рис. 4).

Аномалии, выделенные по спутниковым магнитным (см. рис. 2), гравитационным данным (см. рис. 3) и данным теплового потока (см. рис. 4), могут быть связаны с крупными кольцевыми морфологическими структурами — Московской (8), Скифской (7), Курской (7а), Прикаспийской (9), а также другими, более мелкими структурами (см. рис. 5).

По результатам проведенных измерений можно наблюдать достаточно хорошую обратную корреляцию (*r*) региональных магнитных (dT) аномалий и региональных гравитационных (dg) аномалий (см. рис. 6) [14], особенно

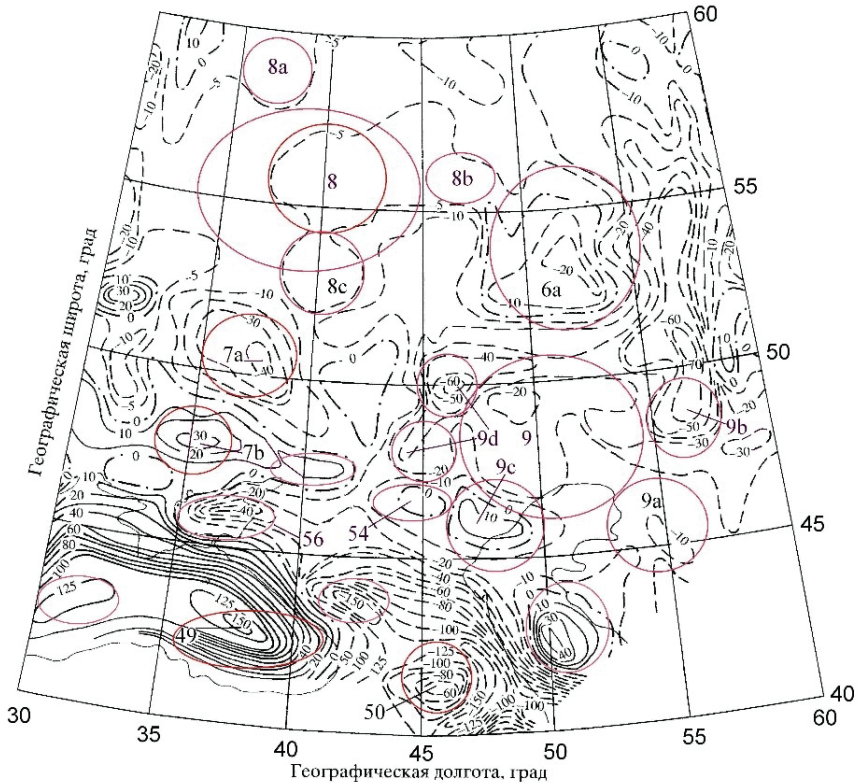


Рис. 3. Фрагмент карты спутниковых региональных аномалий гравитационного поля в редукции Буге для территории Восточно-Европейской платформы [14], соответствующих расположению одноименных кольцевых структур:

6а — Волго-Уральская; 7а — Курская; 7б — Донецкая; 8 — Московская; 8а — Тверская; 8б — Нижегородская; 8с — Орловская; 9 — Прикаспийская; 9а — Эмбенская; 9б — Южно-Уральская; 9с — Астраханская; 9д — Волгоградская; 49 — Восточно-Черноморская; 50 — Дзиркульская; 54 — Ростовско-Элистинские; 56 — Крымо-Азовская

в районе Курской кольцевой морфологической структуры (7а) (широта — 53°N , долгота — 36°E), отличающейся достаточно высокими значениями аномально-го магнитного поля ($dT > 2200$ нТл), полученных при наземных измерениях, и высокими отрицательными значениями ($dg > 40$ от. ед.) гравитационного поля.

Из рисунка 6 следует, что кривая отрицательных значений взаимной корреляционной функции магнитного и гравитационного полей $r(dT, dg)$ позволяет четко выделить зоны Орловской (8с) и Волго-Уральской (6а) кольцевых морфологических структур, где происходит природная дегазация углеводородов [5]. На этом широтном профиле можно опробовать методику изучения экологически опасных регионов природной дегазации углеводородов [5] и радона [12]. Для этого необходимо рассчитать вероятность (P) определения местоположения зон экологически опасных кольцевых морфологических структур путем

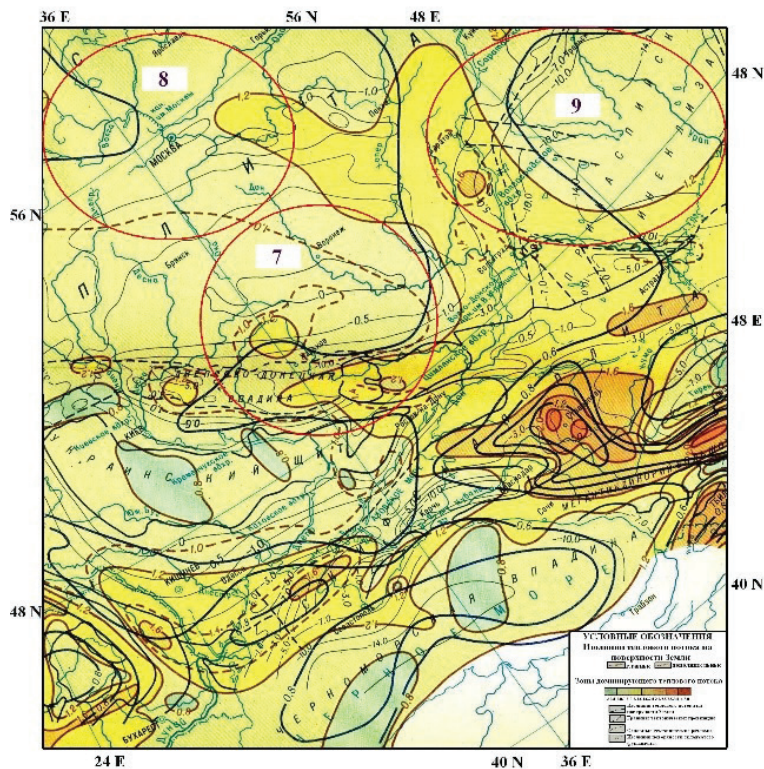


Рис. 4. Фрагмент карты значений теплового потока q ($I \times 41.8$ мВт / м²) [8]:

окружностями выделены зоны теплового потока, расположенные в пределах следующих кольцевых морфологических структур: 7 — Скифской; 8 — Московской; 9 — Прикаспийской

сравнения координат расчетных отрицательных значений взаимной корреляционной функции магнитного и гравитационного полей r (dT, dg) и координат реального расположения всех встречаемых вдоль этого профиля кольцевых морфологических структур.

$$P = (m / n) \cdot 100 \% = (r (dT, dg) / n) \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где m — количество случаев совпадения координат аномальных (отрицательных) значений взаимной корреляционной функции магнитного и гравитационного полей r (dT, dg) с координатами расположения кольцевых морфологических структур; n — общее количество крупных кольцевых морфологических структур на этом профиле

В результате произведенных расчетов вероятность определения экологически опасных кольцевых морфологических структур по данным магнитного и гравитационного полей составила 90 %. Исключение составляют небольшие ($P1 \cdot dx$) кольцевые структуры, которые могли быть пропущены при интервале дискретизации ($dx = 1$ градус = 70 км), который использовался при анализе региональных аномалий магнитного и гравитационного полей.

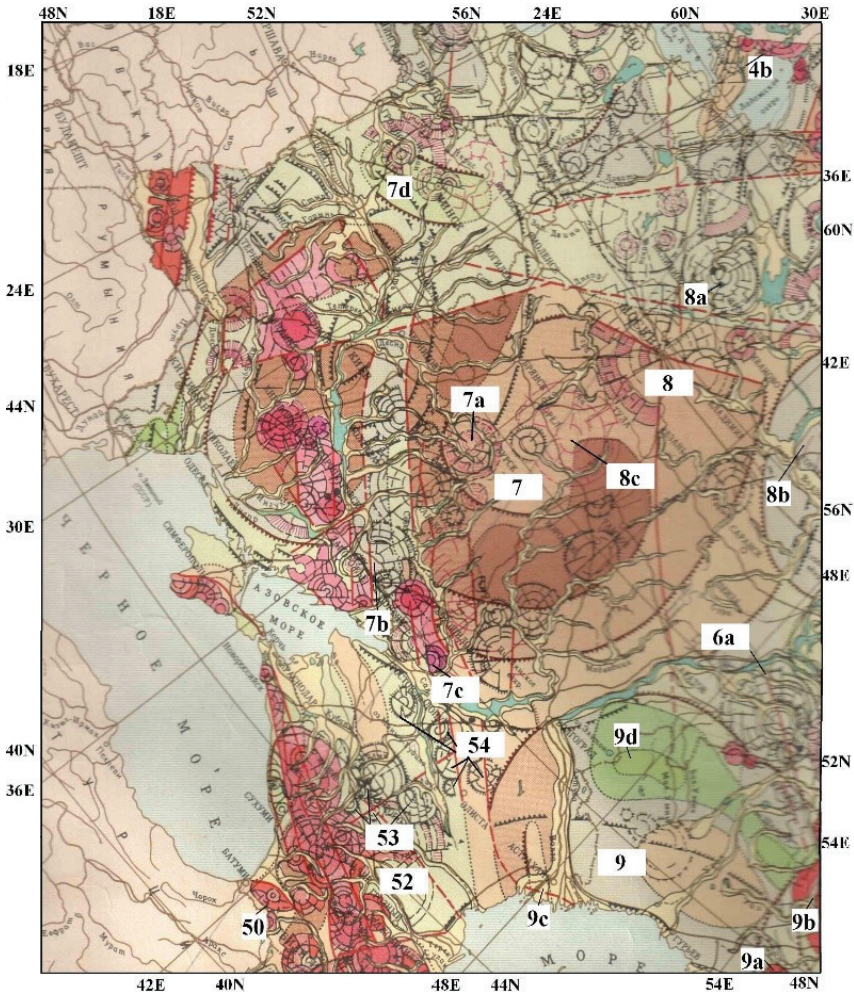


Рис. 5. Кольцевые структуры на территории Восточно-Европейской платформы [9]:

названия кольцевых структур: 4b — Ладожская, 6a — Волго-Уральская, 7 — Скифская, 7a — Курская, 7b — Донецкая, 7c — Шахтинская, 7d — Белорусская, 8 — Московская, 8a — Тверская, 8b — Нижегородская, 8c — Орловская, 9 — Прикаспийская, 9a — Эмбенская, 9b — Южно-Уральская, 9c — Астраханская, 9d — Волгоградская, 50 — Дзирульская, 52 — Грозненская, 53 — Ставропольские, 54 — Ростовско-Элистинские, 56 — Крымо-Азовские

На рисунках 2, 3 и 4 также можно видеть и другие спутниковые региональные аномалии — магнитные, гравитационные, теплового потока. По результатам их измерения также можно опробовать информационную методику вычисления вероятности (P) определения координат местоположения экологически опасных зон дегазации в пределах достаточно крупных кольцевых морфологических структур (см. рис. 7).

Из рисунка 7 следует, что наблюдается корреляция аномалий гравитационного поля (3) и аномалий теплового потока (1) над целым рядом кольцевых морфологических структур (8, 8с, 7а, 7b, 56, 49), расположенных на территории

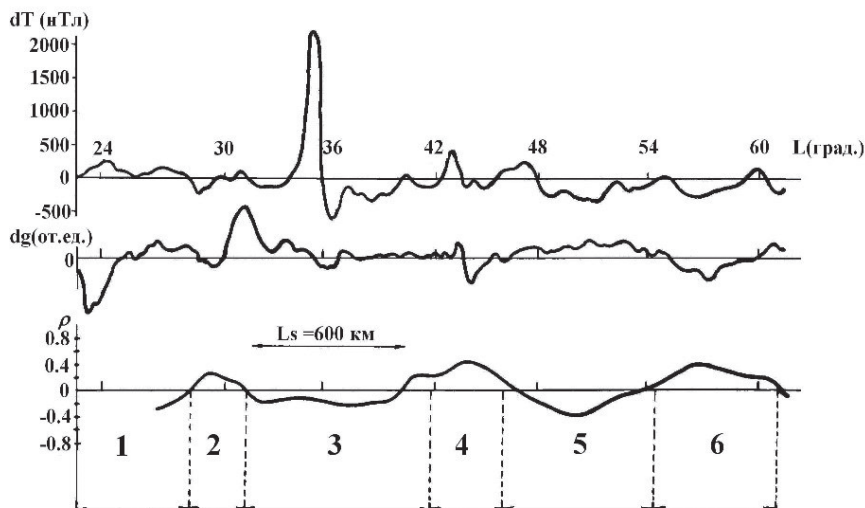


Рис. 6. Графики измеренного аномального магнитного поля (dT) и гравитационного поля (dg), их функции взаимной корреляционной зависимости (r), полученные вдоль регионального широтного профиля по $53^{\circ}N$, пересекающего территорию Орловской (8с) и Волго-Уральской (6а) кольцевых морфологических структур:

$L_s = 600$ км — интервал скольжения в пределах которого производился расчет функции взаимной корреляционной зависимости магнитного и гравитационного полей.

Пересекаемые профилем регионы: 1 — Украинский щит; 2 — Днепровско-Донецкий прогиб; 3 — территория Орловской кольцевой морфологической структуры (8с); 4 — Рязано-Саратовский прогиб; 5 — территория Волго-Уральской кольцевой морфологической структуры (6а); 6 — Уральская геосинклиналь

Восточно-Европейской платформы. Это может быть связано с тем, что меньшая плотность осадочных горных пород увеличивает природную дегазацию углеводородов и других газов (в частности, радона) [13] из мантии. На рисунке 7 можно наблюдать также антикорреляцию региональных магнитных аномалий (2) с полем теплового потока (1), особенно на участке профиля от $40^{\circ}N$ до $50^{\circ}N$. Это, по-видимому, связано с тем, что повышенный тепловой поток (и дегазация) ослабляют магнитные свойства горных пород. Также эманации радона [13] имеют свойство ионизировать слои литосферы и атмосферы, повышают электропроводность этих слоев, вследствие чего могут формироваться почти кольцевые электромагнитные аномалии, соответствующие кольцевым морфологическим структурам природной дегазации мантии [5].

При исследовании трех независимых массивов спутниковых региональных аномалий магнитного, гравитационного полей и теплового потока была применена более сложная информационная методика, чем при расчете по формуле (1). На первом этапе ее использования все приведенные на графиках (см. рис. 7) значения геофизических полей (dT_i , dg_i , Q_i) были нормированы на средние по всей длине профиля значения этих полей.

$$dT_n = (dT_i / dT_s); dg_n = (dg_i / dg_s); Q_n = (Q_i / Q_s). \quad (2)$$

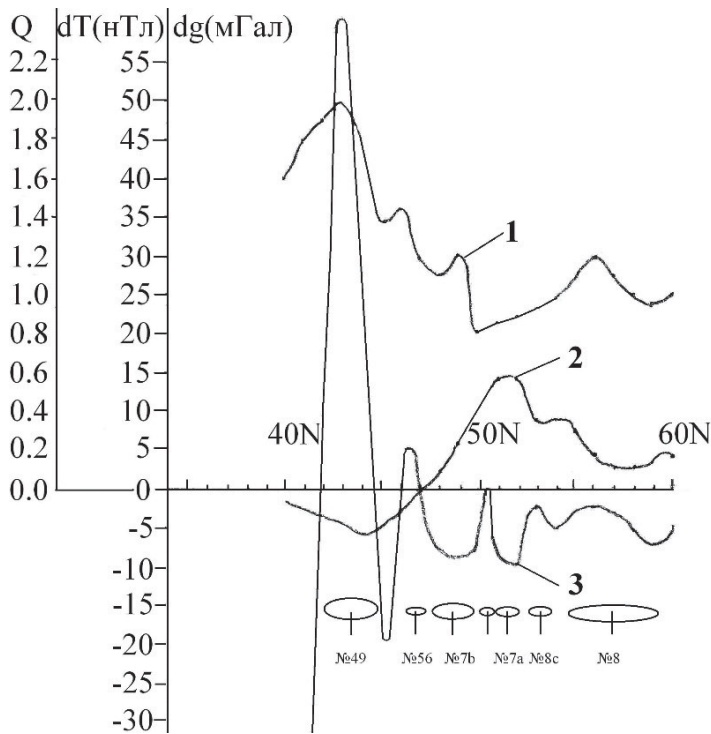


Рис. 7. Графики измеренных спутниковых значений:

Q — теплового потока (1), dT — магнитных (2), dg — гравитационных (3) аномалий, построенных вдоль регионального меридионального профиля по долготе 38°E . Для удобства сравнения кривых значения теплового потока Q представлены на графике в относительных единицах измерения. Чтобы соответствовать абсолютным значениям теплового потока в системе СИ ($\text{мВт} / \text{м}^2$), они должны быть умножены на коэффициент 41,8. Эллипсами показано расположение на поверхности Земли кольцевых морфологических структур, связанных с палеомантийными плюмами: № 49 — Восточно-Черноморская; № 56 — Крымо-Азовские; № 7b — Донецкая; № 7a — Курская; № 8c — Орловская; № 8 — Московская

Затем все значения нормированных геофизических полей (dT_n , dg_n , Q_n) были центрированы, т. е. приведены к единому уровню отсчета. На следующем этапе по значениям нормированных геофизических полей (dT_n , dg_n , Q_n) были вычислены взаимные корреляционные функции этих полей $r(dT, dg)$, $r(dT, Q)$, $r(dg, Q)$ (рис. 8).

На рисунке 8 представлены графики вычисленных значений взаимных корреляционных функций нормированного магнитного и гравитационного полей $r(dT_n, dg_n)$, нормированного магнитного поля и теплового потока $r(dT_n, Q_n)$, нормированного гравитационного поля и теплового потока $r(dg_n, Q_n)$. На их основании можно рассчитать среднестатистическую вероятность (P_s) и отдельные вероятности (P_1, P_2, P_3) определения месторасположения зон экологически опасных кольцевых морфологических структур путем математического анализа расчетных значений взаимных корреляционных функций.

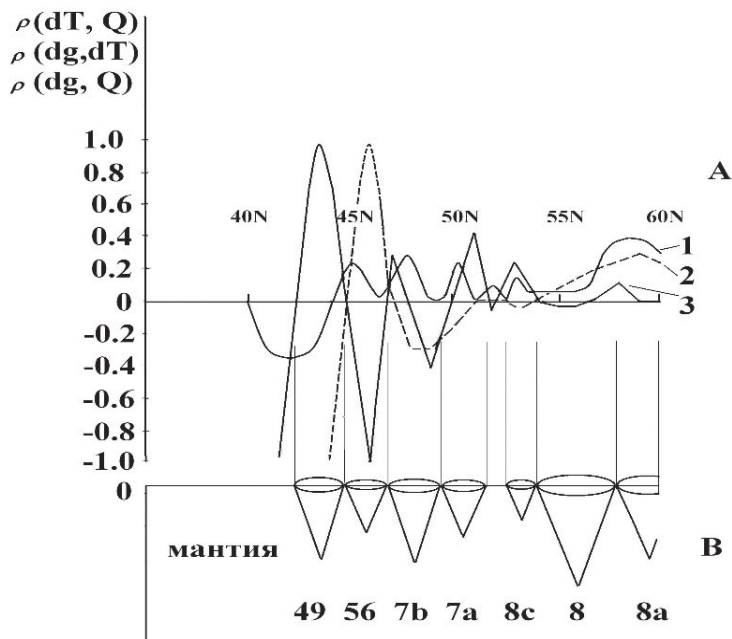


Рис. 8. А. Графики вычисленных значений взаимных корреляционных функций:

1 — магнитного и гравитационного полей $\rho(dT, dg)$; 2 — магнитного поля и теплового потока $\rho(dT, Q)$; 3 — гравитационного поля и теплового потока $\rho(dg, Q)$.

В. Схематический разрез мантии с изображением расположения палеомантийных плюмов, образующих экологически опасные кольцевые морфологические структуры, в зонах которых происходит дегазация углеводородов, радона:

№ 49 — Восточно-Черноморская; № 56 — Крымо-Азовские; № 7b — Донецкая;
 № 7a — Курская; № 8c — Орловская; № 8 — Московская, № 8a — Тверская

$$P_1 = m [r(dT_n, dg_n)] / n = 57 \%, \quad (3)$$

$$P_2 = m [r(dT_n, Q_n)] / n = 71 \%, \quad (4)$$

$$P_3 = m [r(dg_n, Q_n)] / n = 86 \%, \quad (5)$$

где n — общее количество крупных кольцевых морфологических структур на этом профиле, в пределах которых происходят экологически опасные процессы дегазации мантии; m — количество случаев совпадения координат аномальных значений взаимной корреляционной функции нормированных геофизических полей $r(dT_n, dg_n)$ с координатами расположения кольцевых морфологических структур

Тогда среднестатистическая вероятность (P_s) определения месторасположения экологически опасных кольцевых морфологических структур может быть рассчитана по формуле:

$$P_s = [P_1 + P_2 + P_3] / 3 = 71 \%. \quad (6)$$

Кроме магнитной и гравитационной аномалий, связанных с Московской (8) кольцевой морфологической структурой и ее дочерними Тверской (8a), Нижегородской (8b), Орловской (8c) кольцевыми структурами (см. рис. 2, 3, 4 и 7), наблюдаются магнитные, гравитационные аномалии и аномалии теплового потока, связанные с основной Скифской (7) кольцевой структурой и ее дочерними Курской (7a), Донецкой (7b) кольцевыми структурами, а также Волго-Уральской (6a), Прикаспийской (9) и Восточно-Черноморской (49). Кроме крупных кольцевых структур наблюдаются кольцевые структуры меньших размеров (9a — Эмбенская; 9b — Южно-Уральская; 9c — Астраханская; 9d — Волгоградская; 50 — Дзирульская; 54 — Ростовско-Элистинские, 56 — Крымо-Азовские).

Корреляция кольцевых географических неоднородностей рельефа земной поверхности и магнитных и гравитационных аномалий свидетельствует о том, что эти кольцевые географические неоднородности имеют глубокие корни в литосфере.

Выявленные по спутниковым данным магнитные [7], гравитационные аномалии, а также аномалии теплового потока [8] подтверждаются данными дистанционного зондирования Земли из космоса [9]. Это позволяет выделить зоны природной дегазации углеводородов [5] и других природных газовых эманаций (например, радон) [13] в пределах кольцевых структур разных диаметральных размеров (рис. 5), в которых необходим периодический контроль за изменением экологических параметров окружающей среды.

Проанализированные выше достаточно крупные кольцевые морфологические структуры, по данным [1, 9], связаны с палеомантийными плюмами [2] Восточно-Европейской платформы [10], образовавшимися в докембрийские периоды тектонической эволюции Земли, когда преобладали субвертикальные тектонические процессы. В результате на поверхности докембрийского фундамента земной коры произошло образование нуклеаров — крупных кольцевых структур [1, 9] и связанных с ними кольцевых неоднородностей [1, 10], наблюдаемых в рельефе различных слоев Земли.

На рисунках 2, 3 и 4 также можно видеть кольцевые спутниковые магнитную и гравитационную аномалии по местоположению совпадающих с географическими координатами достаточно крупной Московской кольцевой морфологической структуры (8). Глубинный геофизический (сейсмический) разрез литосферы в центральной части Восточно-Европейской платформы, построенный вдоль регионального профиля Тума – Кинешма [9] показывает, что Тумский, Токмовский и Ивановский тектонические блоки расположены в периферийных зонах Московской синеклизы, в бортовой зоне Московского палеомантийного плюма, сформировавшего Московскую кольцевую морфологическую структуру (8). До глубины 66 км наблюдаются глубинные бортовые тектонические разломы, по которым происходит более интенсивная углеводородо-радоновая дегазация термальных геофлюидов мантии (рис. 9).

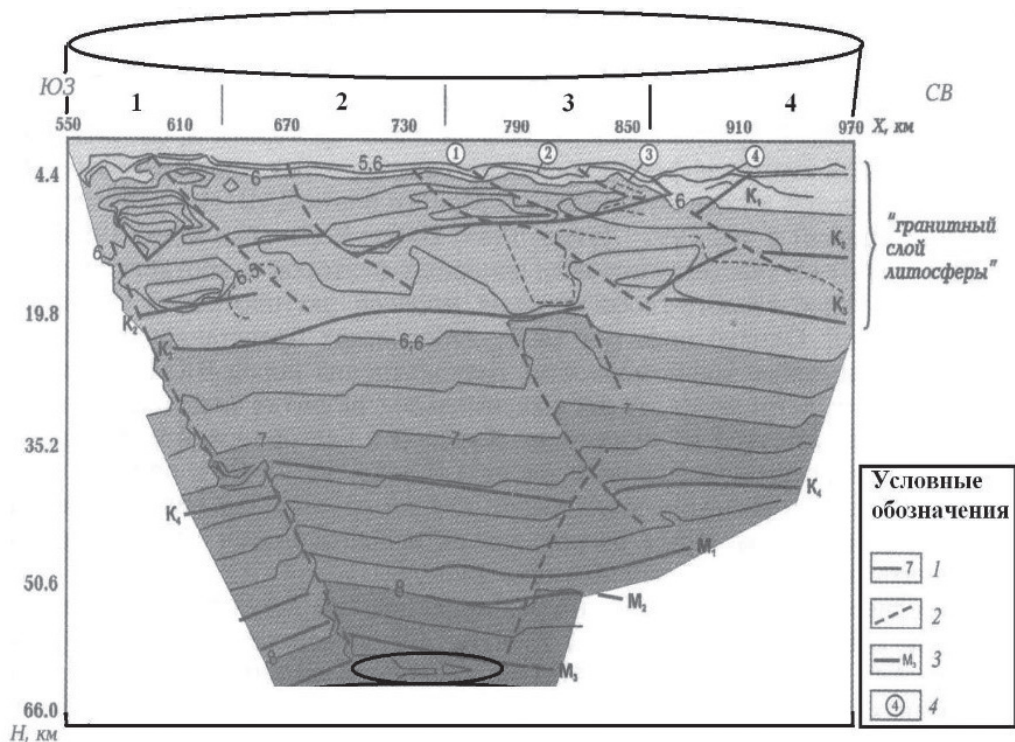


Рис. 9. Глубинный сейсмический разрез литосферы Московского палеомантийного плюма (ограниченного субвертикальными тектоническими разломами в бортовых зонах этой структуры), построенный вдоль регионального профиля Тума – Кинешма [9]:

- 1 — Тумский тектонический блок; 2 — Токмовский тектонический свод;
3 — Московская синеклиза; 4 — Ивановский тектонический блок

Условные обозначения: 1 — изолинии скорости сейсмических волн; 2 — тектонические разломы; 3 — условные границы раздела тектонических блоков; 4 — области с повышенным градиентом скорости сейсмических волн.

Наличие термальной дегазации мантии подтверждается также результатами региональных измерений теплового потока (рис. 4), которые имеют повышенные значения в восточной части Московской кольцевой морфологической структуры (8).

Необходимо отметить, что в бортовых зонах других крупных палеомантийных плюмов Восточно-Европейской платформы — Скифского (7), Прикаспийского (9) (см. рис. 5) — также наблюдаются повышенные значения теплового потока (см. рис. 4). В соответствии с работами академика Н. А. Кудрявцева [5] и профессора Б. М. Валяева [2] должна наблюдаться пространственная корреляция кольцевых структур и месторождений углеводородов, что подтверждается процессами повышенного теплопереноса и углеводородной дегазации мантии. Это в течение прошедших многих миллионов лет способствовало возникновению месторождений углеводородов (нефть, газ, битумы)

в структурных ловушках осадочного слоя земной коры и термобарической переработке накопленных углеводородов в пределах Московской морфологической структуры (Московский палеомантийный плюм) (см. рис. 8), что привело к образованию месторождений угля в Подмосковном бурoughольном бассейне. При этом значительная часть природных углеводородов дегазировалась в атмосферу Земли, и этот процесс продолжается, хоть и в значительно меньшей степени, в настоящий период [5, 13].

Для проверки гипотетических воззрений академика Н. А. Кудрявцева [5] о возникновении месторождений углеводородов в зонах природной дегазации мантии было проведено сопоставление полученных результатов о палеомантийных плюмах, расположенных в центральной части Восточно-Европейской платформы с данными карты полезных ископаемых [3] (рис. 10).

Таким образом, на картах (см. рис. 2–5) в пределах центральной части Восточно-Европейской платформы можно выделить несколько участков на поверхности Земли, в которых проявляются характерные признаки докембрийских палеомантийных плюм-тектонических структур.

Сопоставление карты полезных ископаемых Восточно-Европейской платформы (рис. 10) с выявленными кольцевыми структурами, зонами природной дегазации мантии в бортовых зонах крупных мантийных плюмов показало, что к этим зонам приурочены месторождения газообразных углеводородов (природный газ), жидких углеводородов (нефть), угля. Таким образом, подтверждаются теоретические воззрения академика Н. А. Кудрявцева [5] о приуроченности месторождений горючих полезных ископаемых к зонам природной дегазации мантии.

Заключение

В центральной части Восточно-Европейской платформы и в прилегающих к ней районах существуют кольцевые морфологические структуры как проявление погребенных под слоем горных пород осадочного чехла докембрийских палеомантийных плюм-тектонических структур.

Использование дистанционных аэрокосмических геофизических методов (магнитных, гравитационных, геотермальных), геолого-геофизических наземных исследований позволило выявить пространственную корреляцию аномалий теплового потока, магнитных, гравитационных полей и зон природной дегазации мантии (углеводородов, радона) в районах палеомантийных плюм-тектонических структур, в пределах которых расположены эксплуатируемые месторождения газа, нефти, угля.

Для оценки экологического состояния окружающей среды необходимо проводить комплекс аэрокосмических и наземных геолого-геофизических, геоэкологических исследований в зонах эксплуатации углеводородных месторождений, приуроченных к кольцевым структурам.

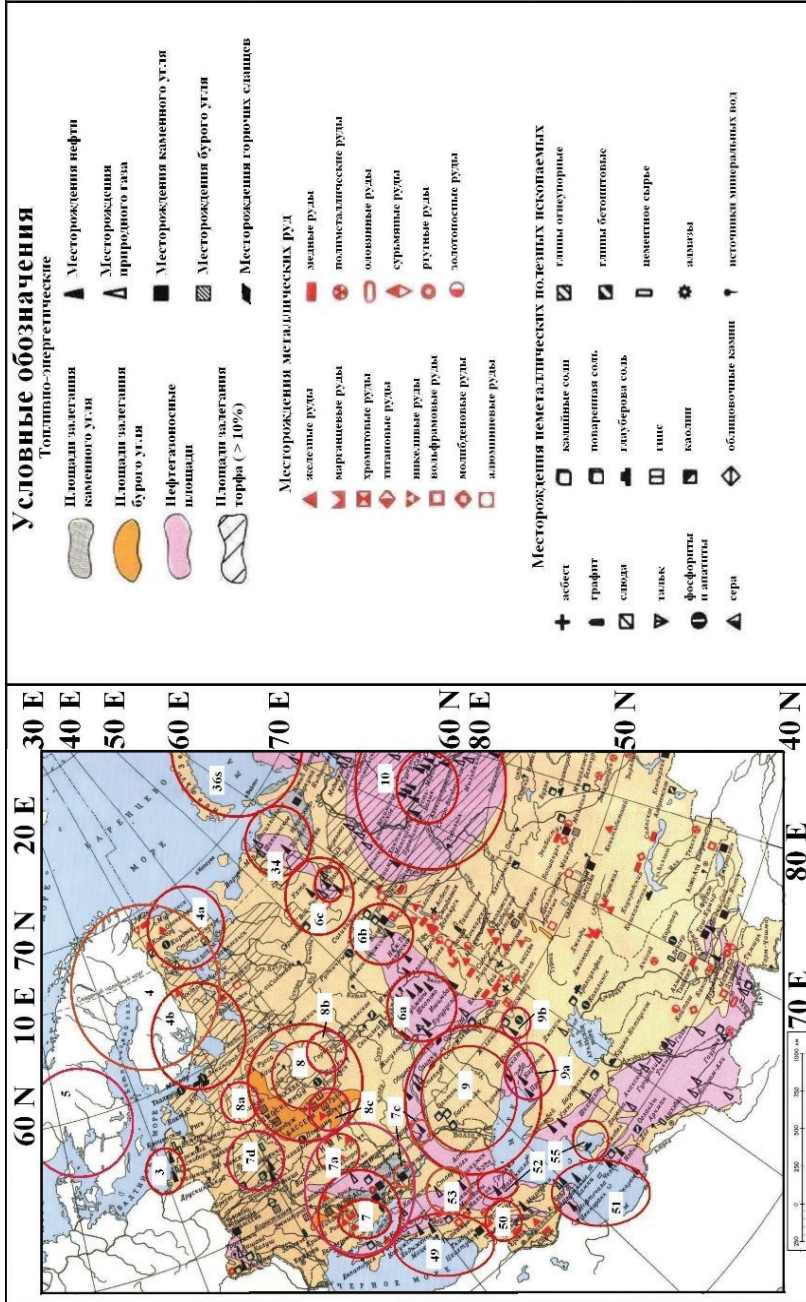


Рис. 10. Фрагмент географической карты месторождений полезных ископаемых территории СССР [3]:

красными окружностями выделены кольцевые структуры Восточно-Европейской платформы, бортовые зоны этих структур:

- 3 — Прибалтийская, 4 — Кольско-Ладжская (4а — Кольская, 4б — Ладжская), 5 — Свеко-Норвежская, 6а — Волго-Уральская, 6б — Кизеловская, 6с — Вой-Вожская, 7 — Скифская, 7а — Курская, 7б — Шахтинская, 7с — Белорусская, 8 — Московская, 8а — Тверская, 8б — Нижегородская, 8с — Тульская; 9 — Прикаспийская, 9а — Эмбенская, 9б — Южно-Уральская, 10 — Ноябрьская, 34 — Тимано-Печорская, 36а — Южно-Карская, 49 — Восточно-Черноморская, 50 — Дзиргульская, 51 — Южно-Каспийская, 52 — Грозненская, 53 — Ставропольские, 55 — Карабогазгольская

Исследование природных и техногенных дегазационных процессов в бортовых зонах палеомантийных плюм-тектонических структур Восточно-Европейской платформы важно для определения природных и техногенных экологических рисков при разработке нефтегазовых и угольных месторождений. При этом необходимо учитывать не только крупные кольцевые структуры, но и структуры меньшего размера, особенно в зонах высокого теплового потока.

Благодарности

Автор статьи искренне благодарен докторам физ.-мат. наук А. И. Тимурзиеву, Р. Б. Сейфуль-Мулюкову, В. Л. Сывороткину — организаторам Всероссийских научных конференций «Кудрявцевские чтения», за огромную работу по их организации и проведению, а также за предоставленную возможность участия в работе этих конференций.

Список источников

1. Брюханов В. Н., Глуховский Н. З., Ставцев А. Л. Кольцевые структуры Земли // Природа. 1977. № 10. С. 54–65. URL: http://neotec.ginras.ru/comrus/_bryuhanov-v-n-i-dr-1977-kolcevye-struktury-zemli.pdf
2. Валяев Б. М. Нетрадиционные ресурсы и скопления углеводородов: природа и специфика процессов нефтегазонакопления // Дегазация Земли: геотектоника, геодинамика, геофлюиды; нефть и газ; углеводороды (материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения академика П. Н. Кропоткина) / под ред. А. Н. Дмитриевского, Б. М. Валяева. М.: ГЕОС, 2010. С. 85–90. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22854256>
3. Колосова Л. Н. Карта полезных ископаемых России. М.: ГУГК, 1982. 1 л. URL: <https://znaniya.com/task/12309182>
4. Введение в тектоническую картографию / Ю. А. Косыгин, В. А. Кулындышев. М.: Недра, 1981. 271 с.: табл. Библиогр.: С. 261–269. URL: https://bgpu.ru/irbis/cgi-bin/irbis64r_14/cgiirbis_64.exe?LNG=&Z21ID=&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21STN=1&S21REF=5&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=1&S21P03=A=&S21STR=Косыгин,%20Юрий%20Александрович
5. Кудрявцев Н. А. О количественных соотношениях между углеводородами осадочных пород и нефтью // Геология нефти и газа. 1963а. № 9. С. 104–125. URL: <http://www.geolib.ru/OilGasGeo/1963/09/Stat/stat09.html>; <http://www.geolib.ru/OilGasGeo/1963/09/Stat/stat09.html>
6. Луговской А. М. Мониторинг природной среды методом индикаций сосны обыкновенной в условиях техногенеза Русской равнины: дис. ... д-ра геогр. наук. Воронеж, 2004. 400 с.
7. Ротанова Н. М., Харитонов А. Л., Фрунзе А. Х. Аномальные магнитные поля из измерений на спутнике CHAMP для территории Курской магнитной аномалии // Геомagnetизм и аэрономия. 2005. Т. 45. № 5. С. 712–719. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9218125>
8. Смирнов Я. Б. Карта теплового потока территории СССР и сопредельных территорий. Масштаб 1 : 10 000 000. М.: ГУГК, 1980. 4 л. URL: <https://e-catalog.nlb.by/Record/BY-NLB-rr44648670000/Details>

9. Соловьев В. В. (ред.) Карта морфоструктур центрального типа территории СССР: [Карты]: Масштаб 1: 10000000, М.: Аэрогеология, 1981. 44 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01009408800>

10. Соколов Б. А., Пийп В. П., Ефимова Е. А. Стрoение фундамента центральной части Восточно-Европейской платформы по сейсмическим данным // Доклады РАН. 1994. Т. 336. № 1. С. 93–98. URL: https://kpfu.ru/staff_files/F_1211465147/Lekciya_5_GIS_geofizicheskie_issledovaniya_skvazhin.pdf

11. Тимурзиев А. И. Миф «энергетического голода» от Хабберта и пути воспроизводства ресурсной базы России на основе реализации проекта «Глубинная нефть» // Бурение и нефть. 2019. № 1. С. 12–20. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37088023>

12. Фонарев Г. А., Харитонов А. Л., Харитонова Г. П. Использование методов пространственно-временной магнитометрии для анализа магнитного поля, измеренного на спутнике «СНАМР» // Вестник Камчатской региональной организации Учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле. 2007. № 10. С. 49–53. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9899722>

13. Харитонов А. Л., Харитонова Г. П., Труонг Куанг Хао. Сопоставление спутниковых геомагнитных данных с наземным измерением концентрации радона для выявления предвестников землетрясений (на примере калифорнийского сейсмоактивного района) // Вестник Камчатской региональной организации Учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле. 2009. № 13. С. 170–177. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12794858>

14. Gravity anomaly map of Asia. Scale 1:9000000 // Published by the Aeronautical Chart and Information Center. US Air Force. 1971. 4 p. URL: <https://catalogue.nla.gov.au/Record/2189306>

References

1. Bryukhanov V. N., Glukhovskiy N. Z., Stavtsev A. L. Ring structures of the Earth // Nature. 1977. № 10. S. 54–65. URL: http://neotec.ginras.ru/comrus/_bryuhanov-v-n-i-dr-1977-kolcevye-struktury-zemli.pdf

2. Valyaev B. M. Unconventional resources and hydrocarbon accumulations: nature and specifics of oil and gas accumulation processes // Earth degassing: geotectonics, geodynamics, geofluids; oil and gas; hydrocarbons (Materials of the All-Russian Conference with international participation dedicated to the 100th anniversary of the birth of academician P. N. Kropotkin) / edited by A. N. Dmitrievskiy, B. M. Valyaev. M.: GEOS, 2010. S. 85–90. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22854256>

3. Kolosova L. N. Map of minerals of Russia. M.: GUGK, 1982. 1 л. URL: <https://znaniya.com/task/12309182>

4. Introduction to tectonic cartography / Yu. A. Kosygin, V. A. Kulyndyshev. M.: Nedra, 1981. 271 p. Table. Bibliography: P. 261–269. URL: https://bgpu.ru/irbis/cgi-bin/irbis64r_14/cgiirbis_64.exe?LNG=&Z21ID=&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21S TN=1&S21REF=5&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=1&S21P03=A=&S21STR=Kosygin,%20Yury%20Aleksandrovich

5. Kudryavtsev N. A. On quantitative ratios between hydrocarbons of sedimentary rocks and oil // Geology of oil and gas. 1963a. № 9. S. 104–125. URL: <http://www.geolib.ru/OilGasGeo/1963/09/Stat/stat09.html>; <http://www.geolib.ru/OilGasGeo/1963/09/Stat/stat09.html>

6. Lugovskaya A. M. Monitoring of the natural environment by the method of indications of common pine in the conditions of technogenesis of the Russian Plain: Dissertation for the degree of Doctor of Geographical Sciences. Voronezh, 2004. 400 p.
7. Rotanova N. M., Kharitonov A. L., Frunze A. Kh. Anomalous magnetic fields from measurements on the SNAMR satellite for the territory of the Kursk magnetic anomaly // *Geomagnetism and aeronomy*. 2005. Т. 45. № 5. S. 712–719. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9218125>
8. Smirnov Y. B. Map of the heat flow of the territory of the USSR and neighboring territories. Scale 1: 10 000 000. M.: GUGK, 1980. 4 л. URL: <https://e-catalog.nlb.by/Record/BY-NLB-rr44648670000/Details>
9. Soloviev V. V. (ed.) Map of morphostructures of the central type of territory of the USSR: [Maps]: Scale 1 : 10 000 000. M.: Aerogeology, 1981. 44 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01009408800>
10. Sokolov B. A., Piip V. P., Efimova E. A. Structure of the foundation of the central part of the East European Seismic Data Platform // *Reports of the Russian Academy of Sciences*. 1994. Т. 336. № 1. S. 93–98. URL: https://kpfu.ru/staff_files/F_1211465147/Lekciya_5_GIS_geofizicheskie_issledovaniya_skvazhin.pdf
11. Timurzиеv A. I. The myth of the “energy hunger” from Hubbert and the way to reproduce the resource base of Russia on the basis of the implementation of the Deep Oil project // *Drilling and oil*. 2019. № 1. S. 12–20. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37088023>
12. Lantern G. A., Kharitonov A. L., Kharitonova G. P. Using space-time magnetometry methods for the analysis of the magnetic field measured on the SNAMR satellite // *Bulletin of the Kamchatka regional organization Educational and Scientific Center. Series: Earth Sciences*. 2007. № 10. S. 49–53. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9899722>
13. Kharitonov A. L., Kharitonova G. P., Truong Quang Hao. Comparison of satellite geomagnetic data with terrestrial measurement of radon concentration to detect earthquake precursors (using the example of the California seismic region) // *Bulletin of the Kamchatka regional organization Educational and Scientific Center. Series: Earth Sciences*. 2009. № 13. S. 170–177. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12794858>
14. Gravity anomaly map of Asia. Scale 1:9000000 // Published by the Aeronautical Chart and Information Center. US Air Force. 1971. 4 p. URL: <https://catalogue.nla.gov.au/Record/2189306>