

Алмазоносная литосфера Сибирской платформы (по геофизическим данным). Тектоническое районирование

В первой части статьи на основе использования потенциальных полей, применения структурного метода, фрактального анализа и многомерных статистических методов показаны естественные структурные соотношения потенциальных полей, выполнено тектоническое районирование Сибирской платформы (СП). Формальная классификация трендовых составляющих потенциальных полей СП на 7 таксонов позволила на количественной основе установить особый статус Анабарской провинции (АН), центральной в составе СП, как геологического пространства с признаками минимальной тектонической делимости литосферы, что существенно для сохранности алмазов в её составе и образования их промышленных месторождений.

Ключевые слова: алмазы, атрибут, делимость, литосфера, провинция, таксон.

МЯСНИКОВ ФЁДОР ВАСИЛЬЕВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, z_fedor49@mail.ru

Diamond-bearing lithosphere of the Siberian platform (based on geophysical data). Tectonic zonation

F. V. MYASNIKOV

In the first part of the article, we show structural relationships of prospective areas and perform tectonic zonation of the Siberian Platform (SP) using potential fields, application of the structural method, fractal analysis and multidimensional statistical methods. The formal classification of the trend components of the prospective areas of the SP into 7 taxa made it possible to establish on a quantitative basis the special status of the Anabar Province (AN), the central part of the SP, as a geological space with signs of minimal tectonic divisibility of the lithosphere. This is essential for the preservation of diamonds and the formation of deposits.

Key words: diamonds, attribute, divisibility, lithosphere, province, taxon.

Введение. Изучению кимберлитового магматизма СП, выяснению закономерностей размещения алмазоносных трубок в её пределах посвящено множество исследований и публикаций. Рассмотрение и анализ исходных геофизических данных и их трансформаций совместно с геологическими данными позволили выявить некоторые особенности глубинного строения литосферы СП, которые, по нашему мнению, недостаточно освещены в геологических материалах и могут оказаться полезными при прогнозировании и поисках промышленно-алмазоносных кимберлитовых полей (см. части 1 и 2 статьи).

Приведены результаты районирования СП на крупные тектонические провинции посредством изучения естественных структурных отношений потенциальных полей (когнитивный подход [7, 12]) и раз-

межевания (разделения) её территории на основе формальной классификации трендовых составляющих гравитационного и магнитного полей.

Использованные материалы и методы. Ключевыми материалами при выполнении работы послужили матрицы наблюдений аномального гравитационного поля в редукции Буге и аномального магнитного поля по сети 2×2 км из базы «Гравимаг» (рис. 1). Исходная матрица приведена к сети 5×5 км (в координатах: по X от -760 до 1300 км, по Y от 5850 до 8500 км, 219303 пунктов), что обусловлено имеющимися вычислительными ресурсами. Выполнены расчёты и построения различных сочетаний локальных и региональных компонент гравитационного и магнитного полей на основе их предварительного разделения в «окнах» площадью от 100 до 10000 км² с интервалом по радиусу осреднения

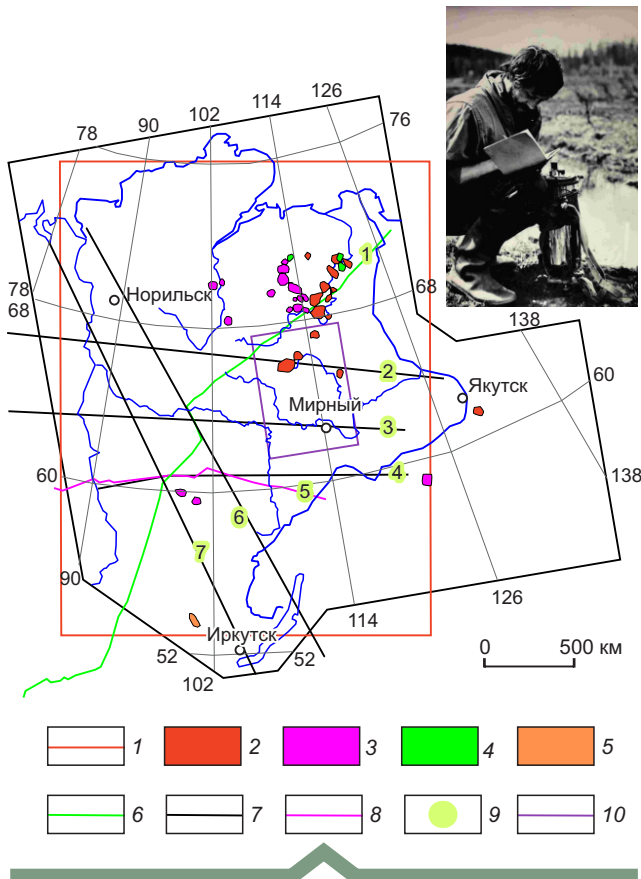


Рис. 1. Обзорная схема Сибирской платформы:

1 – площадь гравиметрических и магнитометрических данных; кимберлитовые поля: 2 – среднепалеозойского, 3 – раннемезозойского, 4 – позднемезозойского и 5 – протерозойского возрастов; геофизические региональные профили: 6 – композиционный, 7 – сейсмические (ГСЗ) с использованием мирных ядерных взрывов, 8 – опорный Государственной сети профилей; 9 – наименование профилей (маркеры): 1 – «Алтай-Анабар», 2 – Кратон, 3 – Кимберлит, 4 – Батолит, 5 – 1СБ, 6 – Метеорит, 7 – Рифт; 10 – контур работ по объёмному ФГМ; на фото: Западная Якутия, гравиметрическая съёмка, оператор С. Субботенко, снимок С. Литкенса

5 км. Для анализа и геологического истолкования геофизических данных использовались картографические, табличные и текстовые материалы по глубинной геологии и геофизике, тектонике и истории геологического развития СП, которые доступны в Интернете, выполнялась оцифровка материалов, имеющихся на бумажных носителях.

В работе автор неоднократно обращался к результатам работ на сверхдлинных сейсмических профилях ГСЗ с применением мирных ядерных взрывов, к материалам площадных исследований ГСЗ в Якутской алмазонасной провинции, использовались материалы работ на опорных профилях и результаты

их обобщения профильными организациями Роснедр [13], (Н. А. Горюнов и др., 2006; Е. Н. Черемисина и др., 2014).

Некоторые результаты и выводы, приведённые в статье (часть 2), получены благодаря работам по объёмному физико-геологическому моделированию (ФГМ) Виллой-Мархинского междуречья (рис. 1), выполненному Чернышевской ГРЭ (экспедицией № 12 ВГО «Союзгеологоразведка» до 1986 г.) в 1988–1996 гг. (Б. А. Калмыков и др., 1997).

Для корректного использования значительный объём внешних данных приведён к векторному виду в принятой для базы «Гравимаг» системе координат. Положение ключевых пространственных объектов – географических (реки, побережье СЛО и др.), геологических (кимберлитовые поля, краевые швы СП, структурно-формационные единицы и др.) – заимствованы, прежде всего, из работы ФБГУ «ВСЕГЕИ» [1]. Это позволило выполнить процедуры их совмещения с геофизическими данными, обработку, анализ и представление на основе применения доступных компьютерных технологий и программных средств (SURFER, STATISTICA и других).

Естественные структурные соотношения потенциальных полей СП. Приведённые на рис. 2, А, Б зависимости нормализованного размаха (R/S) от стандартного отклонения (S) иллюстрируют их изменчивость при каждом шаге осреднения (параметры матрицы трансформированных данных – разности между значениями поля после двух осреднений, например, в окне 100 и 400 км², 400 и 900 км² и др.). Зависимости являются эмпирическими структурными функциями, поскольку они характеризуют природные структурные соотношения потенциальных полей, свойственные всей платформе, и которые, в свою очередь, отражают разделение геологического пространства СП на крупные структурно-вещественные подразделения. Структурные функции (см. рис. 2, В) по своему смыслу идентичны приведённым на рис. 2, А и Б, но они подчёркивают соответствие радиусов осреднения (примерно 25 и 50 км, их положение показано пунктирными линиями), при которых происходит одновременное и скачкообразное изменение значений структурных функций гравитационного и магнитного полей. Оценка глубины залегания структурных уровней, при которых фиксируются скачки межкластерного расстояния, составляет 8–10 и 18–22 км. Это соответствует внутренним границам «гранитно-гнейсовый слой (верхняя кора)–переходный слой (средняя кора)» и «переходный слой–базальтовый слой (нижняя кора)». Структурные уровни наряду с этим отражают, согласно тектоно-фациальному анализу, вертикальную геологическую зональность консолидированной

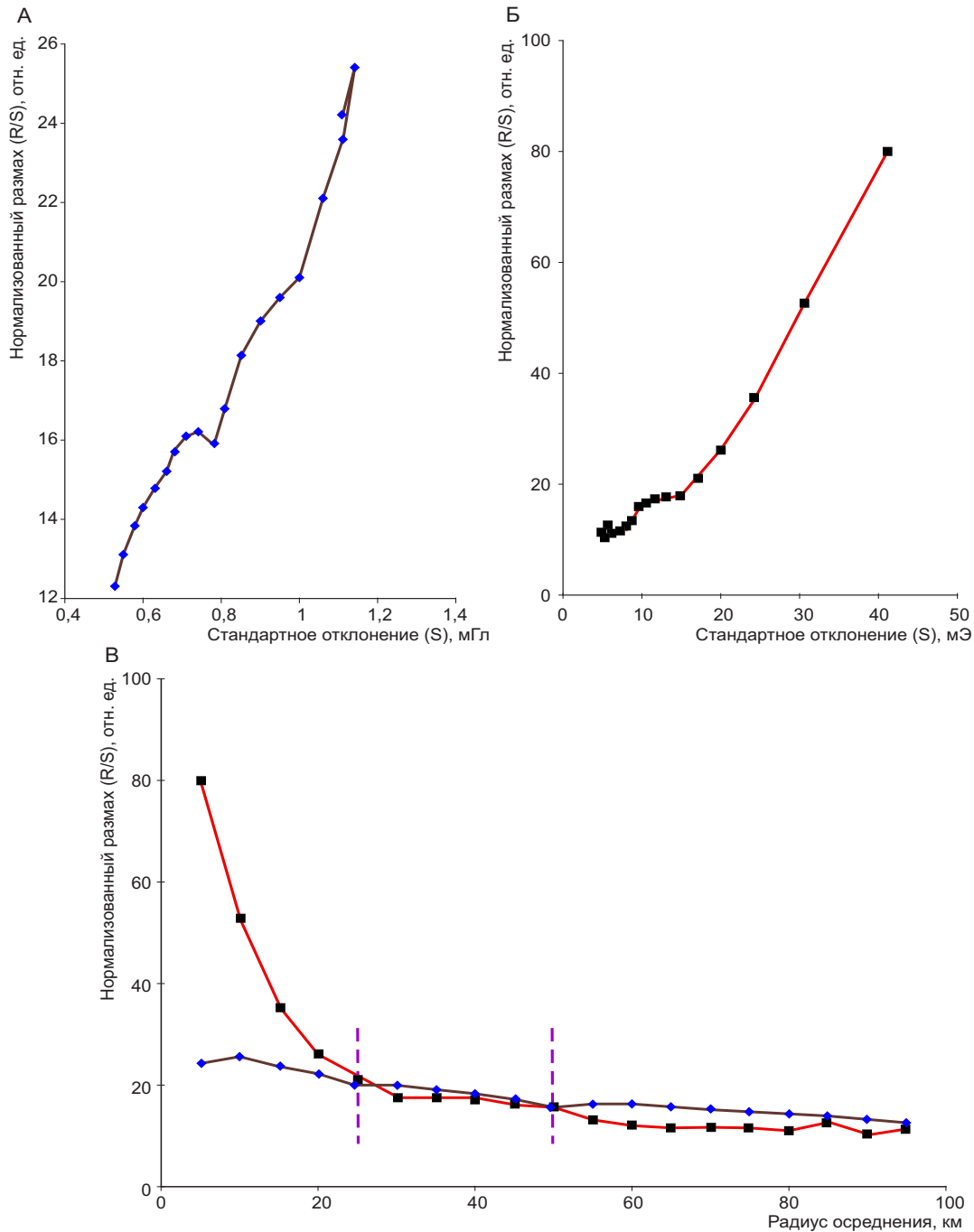


Рис. 2. Эмпирические зависимости нормализованного размаха от стандартного отклонения (структурные функции):
 А – по гравиметрическим и Б – по магнитометрическим данным; В – то же (от радиуса осреднения потенциальных полей)

коры, как то: положение зон перехода от эпизоны к мезозоне и от неё к катазоне [3].

Эмпирические зависимости параметров гравитационного и магнитного полей представляют собой ломаные линии, они идентичны по форме, поведению, положению изломов, включают по три сравни-

тельно однородных отрезка, в пределах которых не происходит скачкообразных изменений R/S. Ни один из отрезков не находится на одной прямой с другими, но происходит их смещение относительно друг друга. Особенно это свойственно зависимости R/S от S для гравитационного поля (см. рис. 2, А). Таким

образом, по нашему мнению, отображается фрактальность геологической среды, когда с глубиной плотностные границы СВК утрачиваются и трансформируются, но сохраняются их общие контуры и единство. С уменьшением глубины (переходом в область высоких частот спектра полей) происходит усложнение и кажущаяся хаотизация (детализация) плотностных неоднородностей.

Схемы (рис. 3) с различными компонентами гравитационного поля (значения поля силы тяжести приведены в мГл) иллюстрируют, в соответствии с классической процедурой частотного (глубинного) зондирования геологической среды, вышестоящие особенности геологического строения и развития изучаемого пространства СП¹. Подобное разделение потенциальных полей позволяет установить положение и трёхмерное развитие структурных ансамблей иерархически-построенных (субфрактальных) разломных образований, которые формируются в граничных зонах СВК коры [6]. Разложение гравитационного поля на частотные уровни позволяет выявить самофинность нелинейных структурных элементов изучаемых атрибутов среды и в двумерном пространстве, например, в пределах северо-западной части СП (см. рис. 3, Б).

Анализ и сопоставление обобщённых оценок потенциальных полей, приведённое на рис. 2, показывают и значительные их отличия: диапазон изменения R/S магнитного поля в 3–4 раза превышает таковой гравитационного поля. При этом дифференцированность магнитного поля резко уменьшается с ростом радиуса осреднения, но более устойчива у гравитационного поля при меньших значениях параметра. Важные для интерпретации потенциальных полей корреляционные отношения фиксируются между компонентами гравитационного и магнитного полей (табл. 1). Первые строка таблицы (для гравитационного поля) и колонка (для магнитного) свидетельствуют о принципиально отличающемся распределении энергетического потенциала полей: для гравитационного он сосредоточен в области низких пространственных частот, а для магнитного поля в высокочастотной области. Приведённые особенности поведения полей указывают на высокую трендоустойчивость (эредитарность) гравитационного поля (см. рис. 2, А), относительно высокую трендоустойчивость магнитного поля (см. рис. 2, Б) в области высоких частот (малых окнах осреднения) с её полным распадом при больших окнах осреднения.

Корреляционные параметры исходных гравитационного и магнитного полей, их высокочастотных и отчасти среднечастотных составляющих, при их оценке по регулярным сетям наблюдений, характеризуются низкими значениями. Вместе с тем линейные и нелинейные структурные элементы полей проявляют полную пространственную сопряжённость на всех частотах: положение, размеры, форма и размещение элементов магнитного поля, как правило, комплементарны границам разномасштабных гравитационных аномалий, которые, как известно, в том или ином объёме отвечают структурно-вещественным границам геологических тел [6].

Формальная пространственная корреляция полей начинает проявляться в низкочастотной области, когда их аномалообразующими объектами становятся не различные разномасштабные источники в верхней части коры (включая осадочный чехол), а мафит- и ультрамафитовые образования переходного и базальтового слоя, которые обладают высокой средней намагниченностью (2–4 А/м), превышающей среднюю намагниченность верхнего отдела коры на порядок [4]. Значения коэффициента парной линейной корреляции между трендовыми составляющими полей приближаются по абсолютной величине к 0,50 и значительно варьируют для различных регионов платформы.

Тектонические провинции СП. Тектоническому районированию и изучению фундамента СП посвящены работы академических и отраслевых институтов, производственных организаций, перечисление которых в данной публикации и нереально, и нецелесообразно [8, 10, 13]. Отметим, что все исследования являются вкладом в базу знаний и фактов, они остаются бесценным наследием советской и российской геологической науки и практики.

Изучение работ в области тектонического районирования фундамента платформы показывает, что системный и комплексный структурно-формационный подход, использованный ФГБУ «ВСЕГЕИ» для изучения геологии и полезных ископаемых данного региона, позволил получить результаты, которые трудно переоценить [1]. Важные исследования внутренней структуры кристаллического фундамента СП, его глубинного строения, геофизических характеристик верхней мантии и их связи с алмазонасностью выполнены Ю.М. Эринчеком с коллегами [13].

На рис. 4 представлена схема районирования СП с выделением наиболее крупных тектонических сегментов СП – тектонических провинций (мегаблоков, супертеррейнов): Тунгусской (Т), Оленёкской (О), Анабарской (АН) и Алданской (АЛ). Положение внутренних границ (тектонических швов) провинций СП не является оригинальным – они согласуются

¹ Принятая в статье цветовая шкала аналогична легендам, используемым при изображении рельефа на физико-географических картах. Повторные (неоднократные) описания условных обозначений не приводятся.

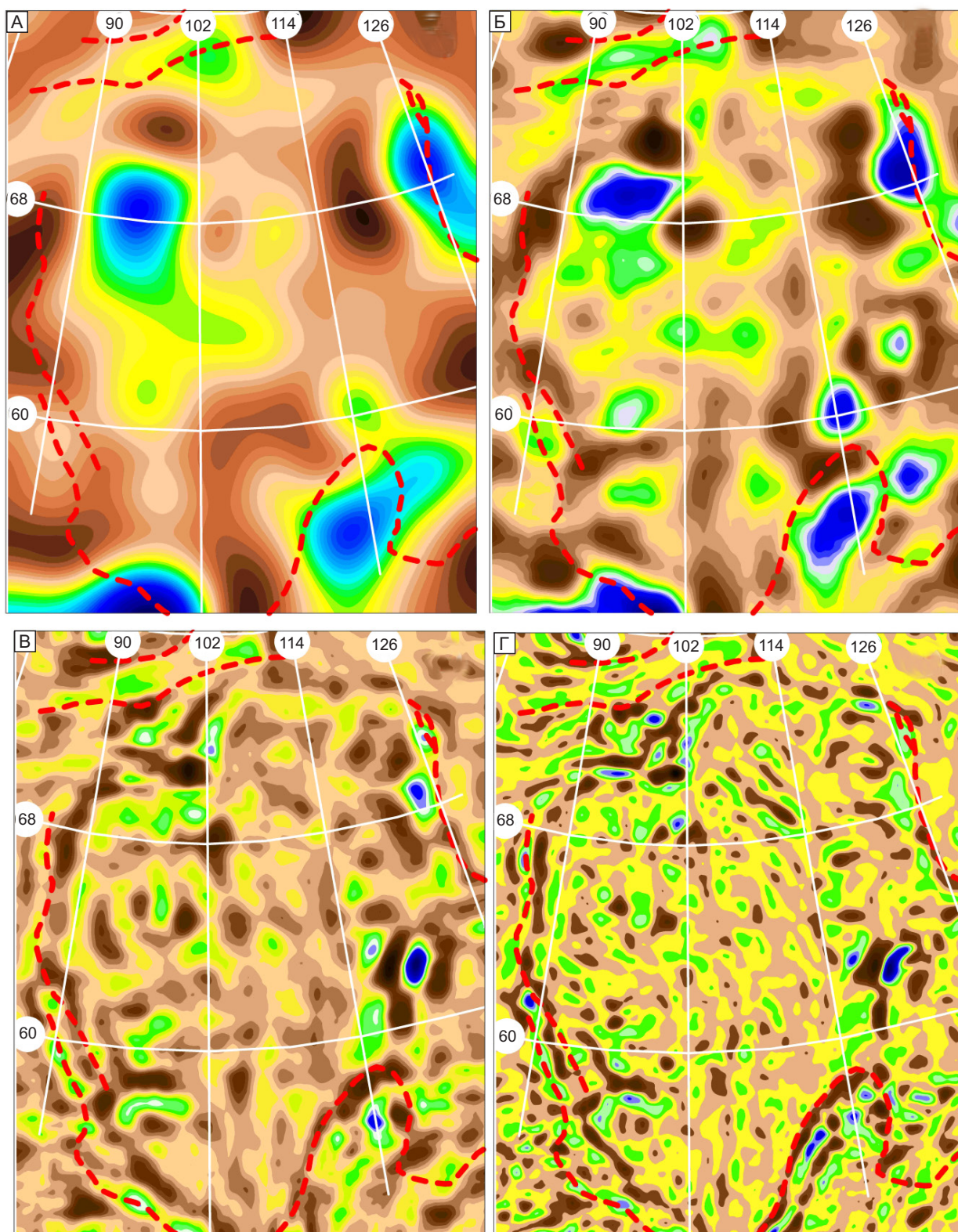


Рис. 3. Проявленность квазифрактальной организации геологической среды Сибирской платформы в различных компонентах гравитационного поля:

извлечения между радиусами осреднения (в км): А – 400 и 1200, Б – 100 и 400, В – 60 и 100, Г – 25 и 60; красный пунктир – краевые швы СП, по [9]

1. Коэффициенты парной линейной корреляции исходного поля, некоторых компонент и тренда гравитационного (фиолетовые числа) и магнитного (красные числа) полей

Компоненты поля	Граничные радиусы окна осреднения, км					
	Исходное поле (магнитное)	20–70	70–120	120–200	200–400	Тренд
Исходное поле (гравитационное)	1,00	0,29	0,35	0,38	0,53	0,92
20–70	0,77	1,00	0,67	0,35	0,12	0,01
70–120	0,62	0,43	1,00	0,75	0,27	0,02
120–200	0,53	0,15	0,56	1,00	0,53	0,05
200–400	0,39	0,03	0,11	0,37	1,00	0,28
тренд	0,27	0,01	0,02	0,06	0,33	1,00

с ранее выделенными границами, но присутствует и ряд изменений, предложенных в контексте использованного к интерпретации данных подхода [1, 10, 13].

Субмеридиональная граница, разделяющая Тунгусскую провинцию от Анабарской, установлена давно и известна как Таймыро-Байкальский линеамент или Саяно-Таймырская сутура, по Розену [10] (коллизийная зона, тектонические шовные зоны, коровая складчатость). Она трассируется в геофизических полях и их трансформантах. Здесь (см. рис. 4, А) зона фиксируется сопряжённой последовательностью положительных и отрицательных аномалий компоненты гравитационного поля, из которой исключены высокочастотная составляющая и тренд. Компонента отображает структурно-вещественные особенности строения гранито-гнейсового слоя и средней коры и соответствует, согласно естественному разделению поля, двум правым отрезкам структурной функции, размах значений компоненты – 154 мГл, что составляет 0,5 предела изменчивости исходного поля в пределах изучаемой территории СП (см. рис. 4). Граница сочленения провинций маркируется ретроспективными структурами проторогенного режима раннепротерозойского тектонического мегацикла [1] – линейными протовулканогенами трахибазальтового и трахидацитового состава, что согласуется с положением, морфологией, размерами и знаком как гравитационных, так и магнитных локальных аномалий (см. рис. 4, А). Предложенная граница провинций по отношению к положению Таймыр-Байкальского линеамента (Саяно-Таймырской сутуре, по [10]) с севера на юг смещается к западу, а в пределах 60 градуса с.ш. картируется на удалениях 200–300 км от него и отвечает границе Иркинеево-Чадобецкого авлакогена с Непско-Боту-

обинской антеклизой, что подтверждается глубинными работами МОГТ на опорном профиле 1-СБ, II этап. Граница контролируется Заярским и Ангаро-Алымджинским глубинными разломами [2], а Таймыро-Байкальский линеамент тяготеет к субвертикальной зоне деструкции коры, обогащённой продуктами магматизма базитового состава и приурочена к погружению поверхности Мохо (Н.А. Горюнов и др., 2006).

В.С. Старосельцевым в работе [9] выделен Ангаро-Котуйский рифтогенный прогиб, к осевой части которого на всём его протяжении отчётливо тяготеет рассматриваемая граница Тунгусской и Анабарской провинций, практически совпадающая с 102 меридианом в.д. Предполагаемый прогиб по своему ограничению, морфологии и структурному образу непротиворечиво согласуется с гравиметрическими материалами, когда можно наблюдать его возможные границы и внутриблоковое строение (см. рисунки 3, В, 4, А и другие графические материалы статьи).

Субширотная граница Анабарской и Оленёкской провинций (Котуйканская сутура или разломная зона [10]) в геофизических полях и их трансформантах устанавливается с безусловной определённой: она резко ограничивает субмеридиональные аномалии, широко представленные в первой из них (см. рисунки 2, Б и В, рис. 4). В пределах Оленёкской провинции отмечается низкий уровень регионального магнитного поля, среди структурных элементов геофизических аномалий разного знака и размерности преобладают нелинейные с гладкими очертаниями и незначительными градиентами. Отличительной особенностью потенциальных полей Оленёкской провинции является отрицательная их корреляция, которая в низкочастотной области пространственного

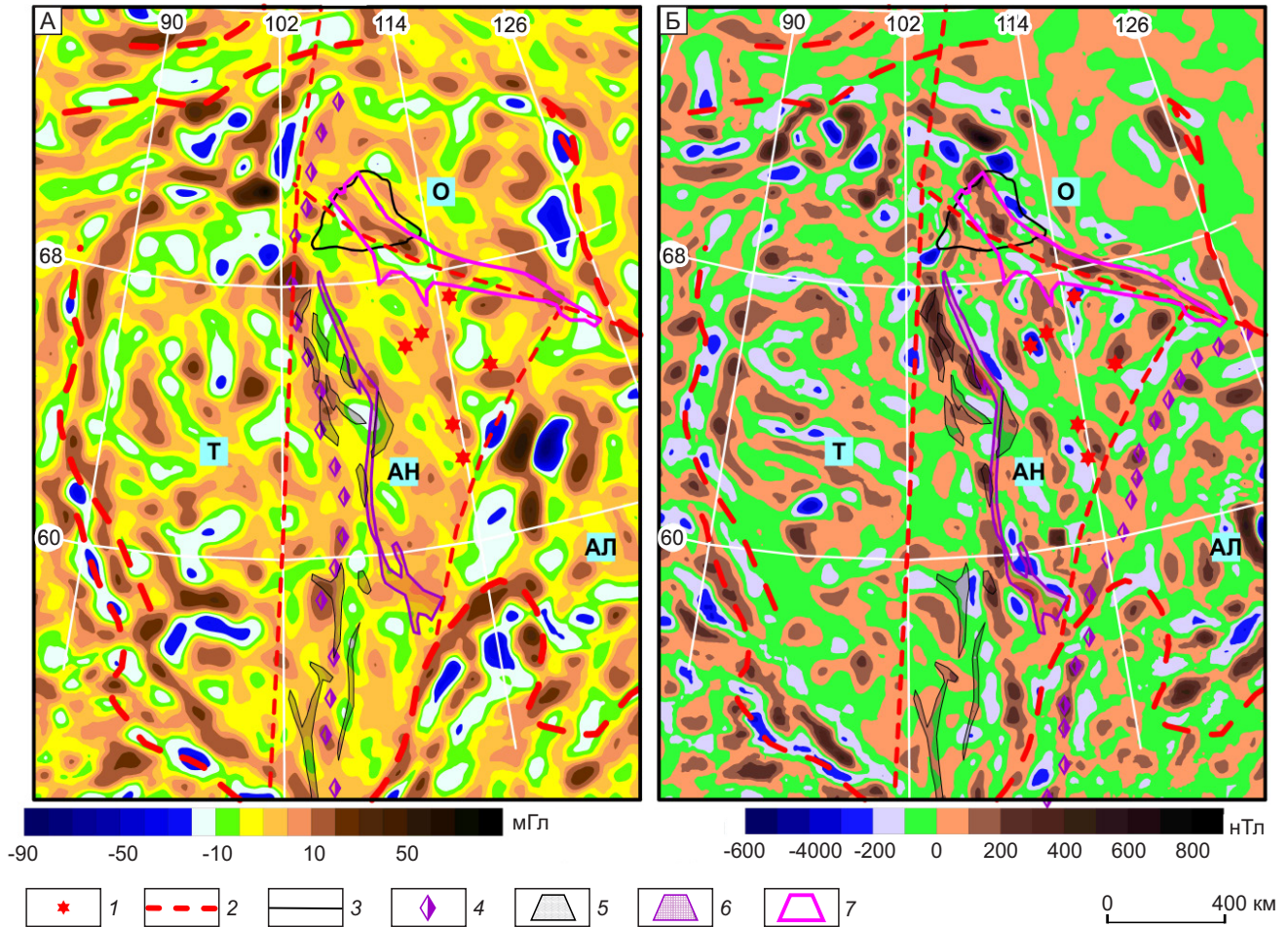


Рис. 4. Схема районирования территории Сибирской платформы на тектонические провинции по материалам обработки компонент (извлечений между радиусами осреднения 25 и 100 км) из гравитационного (А) и магнитного (Б) полей:

1 – промышленно-алмазоносные кимберлитовые поля; 2 – границы тектонических провинций; 3 – Анабарский щит [9]; 4 – маркеры, трассирующие устойчивые последовательности локальных аномалий; 5 – линейные протovolканогены; 6 – тектоно-гранитоидная шовная зона; 7 – тектоно-гетероформационная шовная зона (условные 6–8, по [9]); в голубых квадратиках – сокращённые наименования тектонических провинций

спектра достигает $-0,53$ отн. ед. (табл. 2), что не отмечается при одинаковых условиях формирования выборок в других регионах СП. В связи с изложенным геологическое истолкование границы раздела рассматриваемых провинций как структуры агорализитного режима в качестве тектоно-гетероформационной шовной зоны среди ретроспективных структур раннепротерозойского тектонического мегацикла СП представляется существенным и обоснованным [1, прил. 5]. Подтверждают такой вывод и противоположные доминирующие направления падения квазилинейных складчатых структур фундамента, что установлено как полевыми исследованиями в пределах Анабарского щита [1], так и при качественной оценке градиентных характеристик среднечас-

отных составляющих потенциальных полей: для Анабарской провинции характерны западные и юго-западные, а для Оленёкской северо-восточные румбы. Результаты разработки плотностной и теплогенерационной модели строения литосферы вдоль профиля ГСЗ «Шпат» в пределах Анабарского щита с использованием сейсмических, гравитационных и тепловых характеристик земной коры региона, приведённые в работе [5], подтвердили указанные направления падения крупных структурно-вещественных комплексов. В работе [13] эта граница провинций выделяется, но рассматривается как раздел Маакского и Центрального макроблоков в пределах второго наряду с Тунгусским в составе платформы Анабаро-Алданского мегаблока.

2. Основные статистические характеристики трендовых составляющих потенциальных полей Сибирской платформы и её тектонических провинций

Провинции	Количество	Среднее (мГл, нТл)	Стандарт (S)	от	до	Размах (R)	R/S, отн. ед.	г (G-T), отн. ед.
Гравитационное поле (G)								
СП	6230	-37,5	35,0	-127,3	28,0	155,3	4,44	-0,23
СП без АН	5450	-36,8	37,0	-127,3	28,0	155,3	4,20	-0,30
Анабарская	780	-42,7	12,4	-82,9	-13,0	69,9	5,64	0,17
Алданская	1600	-70,7	27,9	-117,7	-12,9	104,8	3,76	-0,14
Оленёкская	1180	-5,0	20,7	-59,9	28,0	87,9	4,25	-0,53
Тунгусская	2670	-30,5	31,0	-127,3	22,2	149,5	4,82	-0,15
Магнитное поле (Т)								
СП	6230	13,8	35,9	-66,4	96,1	162,5	4,53	-0,23
СП без АН	5450	19,3	33,7	-66,4	96,1	162,5	4,82	-0,30
Анабарская	780	-24,8	25,7	-61,1	30,1	91,2	3,55	0,17
Алданская	1600	23,8	24,3	-36,9	79,9	116,8	4,81	-0,14
Оленёкская	1180	-6,0	27,1	-45,6	62,7	108,3	4,00	-0,53
Тунгусская	2670	27,7	35,7	-66,4	96,1	162,5	4,55	-0,15

Северо-восточной (восточной) тектонической границей Анабарской провинции с Алданской является тектоническая шовная зона, известная как Аkitканский орогенный пояс (см. рис. 4, Б). На рисунке тектонический шов (ороген) фиксируется последовательностью положительных магнитных аномалий различной интенсивности, с которыми сопряжены с обеих сторон от неё ряды отрицательных экстремальных значений компоненты магнитного поля. Приведённая трансформанта (среднечастотный фрагмент поля – разность его значений из матриц с окнами 50 и 200 км) наиболее уверенно фиксирует присутствие структурно-вещественных образований коллизионного шва (орогенного пояса), которые обрамляют северо-западную границу погребённой палеозойской Патомско-Вилуйской рифтогенной системы [13]. Граница разделяет субмеридионально-ориентированные полосовые аномалии потенциальных полей Анабарской от совокупности менее упорядоченных аномалий Алданской провинции, преимущественно северо-восточной ориентировки (см. рис. 4).

Характеристика отображения внутренних тектонических границ провинций СП в геофизических полях как атрибутов изучаемого геологического пространства по их графической визуализации (см. рисунки 3, 4 и другие графические материалы публикации) показывает, что они подобны по протяжённости линейным формам, сочетанию положитель-

ных и отрицательных отклонений поля краевым швам платформы (орогенным поясам, коллизионным призмам, разломным зонам). Некоторые отличия проявленности орогенных поясов вызваны различной степенью их эродированности до перекрытия осадочным чехлом, составом и внутренним строением, уровнем эксгумации в настоящее время и в целом историей геологического развития платформы и её отдельных регионов.

Тектонические провинции контрастно отличаются друг от друга доминирующим простиранием линейных и нелинейных структурных элементов потенциальных полей: в Тунгусской – субширотное, Оленёкской – от запад-северо-западного до северо-западного, Анабарской – субмеридионального, Алданской – северо-восточного. Статистические характеристики потенциальных полей указывают на принципиальные отличия АН провинции по этим параметрам от других сегментов СП (см. табл. 2, сеть 30 × 30 км). Провинция характеризуется: низкой дифференцированностью гравитационного поля при его средних значениях, близких к среднему для платформы (см. рисунки 3, 4); существенно низкими значениями магнитного поля при пониженной его изменчивости; положительной, хотя и слабой, корреляцией потенциальных полей при устойчивых отрицательных значениях их соотношений для остальных провинций; существенно более низким уровнем фрагментации полей и менее значительной

3. Основные статистические характеристики семи пространственных кластеров трендовых составляющих потенциальных полей Сибирской платформы

Номера кластеров	Количество	Среднее (мГл, нТл)	Стандарт (S)	От	До	размах (R)	R/S, отн. ед.	г (G-T), отн. ед.
Гравитационное поле (G)								
1	1197	-42,6	10,3	-69,6	-21,2	48,4	4,7	-0,04
2	1093	-23,9	14,6	-62,3	8,2	70,5	4,8	0,18
3	653	-96,0	14,9	-127,3	-59,8	67,5	4,5	0,36
4	718	-81,6	13,2	-124,0	-55,9	68,1	5,2	-0,38
5	899	-5,7	9,0	-27,1	18,0	45,1	5,0	0,21
6 (аналог АН)	898	-44,5	9,6	-44,5	-18,0	26,5	2,8	-0,03
7	772	12,7	9,2	-14,9	28,0	42,9	4,7	-0,53
Магнитное поле (Т)								
1	1197	19,6	13,4	-5,8	50,9	56,7	4,2	-0,04
2	1093	62,0	14,0	35,9	96,1	60,2	4,3	0,18
3	653	48,5	14,5	15,9	83,1	67,2	4,6	0,36
4	718	3,5	10,4	-21,7	29,9	51,6	5,0	-0,38
5	899	13,6	14,7	-16,2	46,8	63,0	4,3	0,21
6 (аналог АН)	898	-30,4	16,6	-61,1	-5,1	56,0	3,4	-0,03
7	772	-31,9	13,2	-66,4	-5,6	60,8	4,6	-0,53

их хаотизацией во всём спектре пространственных частот СП. В совокупности поименованные особенности геофизических полей как атрибуты геологического пространства СП отражают относительную тектоническую целостность АН провинции, стабильный и устойчивый режим её развития начиная с неогена, тогда как тектоническая делимость окружающих провинций существенно выше, что является известным постулированным положением [1].

Апробация приведённого когнитивного подхода к тектоническому районированию СП выполнена посредством формальной классификации её территории и ближайшего обрамления на 7 кластеров. Выбранное число кластеров позволяет максимально приблизить площади выделенных провинций и формально декларируемых процедурой классификации объёмов изучаемого пространства. Для классификации СП использованы трендовые значения гравитационного и магнитного полей (сеть 30 × 30 км, 6230 ф. т.), применён метод средних (мера дистанций – евклидовое расстояние). Результаты кластеризации приведены в табл. 3 и проиллюстрированы рисунком 5. В качестве растровой подложки на карте-схеме (см. рис. 5, Б) использованы образы низкочастотной составляющей магнитного поля.

Полученные результаты формального разделения СП на кластеры согласно трендовым значениям потенциальных полей показывают, что эти таксоны об-

разуют ограниченное число пространственно-связанных сообществ. Выделенные кластеры локализованы в пространстве СП, они в целом хорошо согласуются с положением провинций и их границами. В совокупности это обстоятельство отражает тесную связь динамических (амплитудных) атрибутов и пространственно-частотных характеристик потенциальных полей (положение, ориентировка, размеры линейных и нелинейных разноранговых структурных элементов), которые составляют базовые основания для реализации когнитивного подхода при тектоническом районировании СП.

Совместное рассмотрение диаграмм на рис. 5, А и В показывает чёткую структуризацию по степени базификации (или гранитизации) консолидированной коры СП на её западную и северо-западную, с одной стороны, восточную и юго-восточную части, с другой стороны, по диагонали через пространство АН провинции, что отмечено также в работе [13]. Семикластерное разделение Сибирской платформы (см. рис. 5, А) в координатах трендовых значений потенциальных полей фиксирует принадлежность первых шести таксонов к единому «родовому» дереву изучаемого пространства.

Шестой кластер, отвечающий центральной части Анабарской провинции, представляет в структуре «родового» дерева его основание (или ствол), что не является ординарным событием (см. рис. 5, А). Это

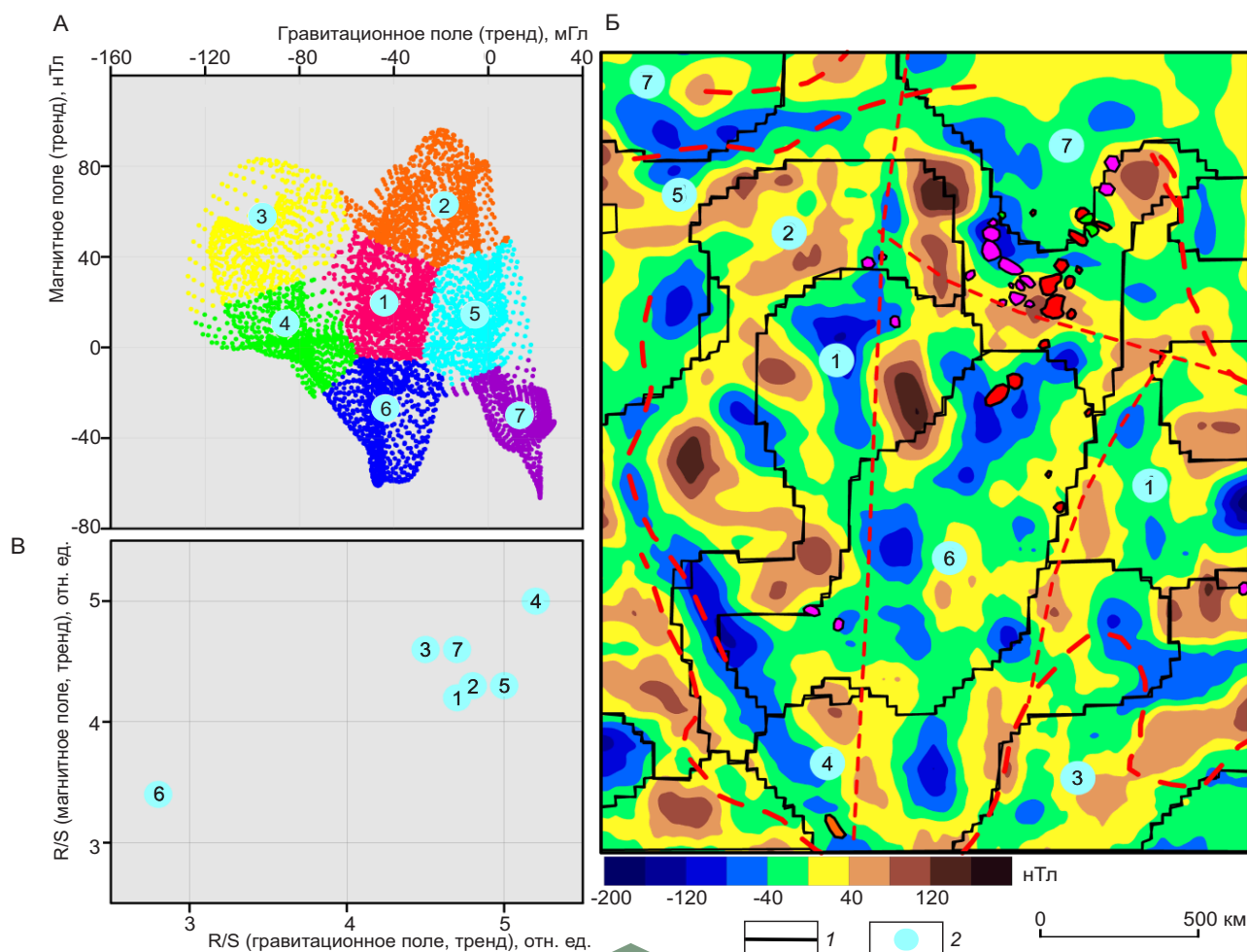


Рис. 5. Результаты формальной классификации территории Сибирской платформы с использованием трендовых значений потенциальных полей:

А – диаграмма размещения кластеров с соответствующими им фигуративными точками в координатах трендовых значений потенциальных полей; Б – пространственное положение кластеров в пределах СП; В – диаграмма размещения кластеров в координатах нормализованных размахов трендовых значений потенциальных полей; 1 – границы кластеров; 2 – номера кластеров

указывает на значительный объём в составе современной консолидированной коры кластера и в целом АН провинции реликтов протолитосферы, которые и определяют высокую специфичность и достаточно простое (однородное) строение коры и литосферы данного таксона СП. Уникальность шестого кластера в составе платформы контрастно отображается в координатах нормализованных размахов потенциальных полей (см. рис. 5, В), низкие значения которых являются следствием компактного распределения значений потенциальных полей около их средних значений, что указывает на особое положение АН провинции, её относительную целостность, низкую энтропию и низкую тектоническую делимость.

Кластер 7 (частично кластер 5) в пространстве СП (побережье Карского и моря Лаптевых) соответствует областям платформы, в пределах которых происходит смена типа коры от континентального к океаническому. На диаграммах (см. рис. 5, А) фиксируется обособленность (внесистемность) фигуративных точек этих кластеров, иллюстрирующая их принадлежность к другой общности данных, иначе – антидромность соответствующего им геологического пространства остальной части СП. Значения гравитационного поля в пределах таксонов являются максимальными для СП, что указывает на увеличение основности коры в направлении к Северному Ледовитому океану и возрастание в составе литосферы доли фемических минералов.

Точечные оценки эмпирических функций распределения трендовых значений потенциальных полей и их соотношения в пределах Анабарской провинции в большей степени шестого кластера пространства СП при её формальной классификации свидетельствуют о высокой однородности и относительно сопредельных территорий о простом структурно-вещественном строении литосферы рассматриваемого пространства Сибирской платформы². Можно также допустить, что это маркирует области максимального соответствия состава и структуры литосферы СП параметрам геологической среды на время завершения пермобильного режима её развития [1].

Выводы. Обсуждаемый статус и положение тектонических провинций приводятся не впервые, они в близкой редакции известны. Рассматриваемые провинции (как супертеррейны) выделены и с плейт-тектонических позиций охарактеризованы в работах Розена [8], их изучению посвящены многочисленные исследования академических и отраслевых институтов Иркутска, Москвы, Новосибирска, Санкт-Петербурга [13] и Якутска [10]. Им отвечают в том или ином объёме Тунгусская, Уджинская и Мархинско-

² Шестой кластер – единственный из семи таксонов имеет положительные значения асимметрии ($A = 0,40$) и эксцесса ($E = 0,23$) трендовой составляющей гравитационного поля и отрицательные значения этих параметров магнитного поля ($A = -0,27$ и $E = -1,23$). На третьей части площади кластера (275 тыс. км²) значения трендовой составляющей гравитационного поля варьируют в чрезвычайно узком диапазоне – от -50 до -45 мГл.

Алданская археоплиты, которые появились в конце архейского мегацикла и явились впоследствии ядром платформы [1]. Принципиальным отличием предложенной схемы районирования СП на тектонические провинции является смещение к западу на 200–300 км границы Тунгусской и Анабарской провинций (на широте 60° с. ш.). Такое положение границы соответствует положению Саяно-Таймырского желобового пояса, выделенному по материалам ГСЗ на геотраверсах [11], подтверждается материалами по опорному профилю 1-СБ (II) этап, что следует из материалов второй части статьи и в совокупности указывает на архейское (доархейское) размежевание провинций по субмеридиональным линеаментам.

Тектоническое районирование Сибирской платформы с использованием среднечастотного спектра гравитационного и магнитного полей и формального размежевания её территории по классификации их трендовых значений показало тесную связь динамических атрибутов и пространственно-частотных характеристик полей. Наблюдается единство формы и содержания крупнейших структурно-формационных подразделений коры и мантийной литосферы, а также их глубокое взаимодействие во времени и пространстве. Количественные соотношения ряда характеристик потенциальных полей подчёркивают особый относительно других территорий статус АН провинции как региона с минимальной тектонической делимостью литосферы, что существенно для сохранности алмазов в её составе и образования их промышленных месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геология и полезные ископаемые России*. В 6 т. Т. 3 Восточная Сибирь / под ред. Малич Н. С., Миролюков Е. П., Орлов В. П., Туганова Е. В. – СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2002. – 396 с.
2. *Ефимов А. С., Мигурский А. В., Старосельцев В. С., Баранова М. И., Рудницкая Д. И., Вальчак В. И., Горюнов Н. А., Евграфов А. А.* Блоковое деление земной коры Сибирской платформы по данным глубинного сейсмопрофилирования МОГТ // Материалы Всероссийского совещания (18–21 августа 2009 г.) «Разломообразование и сейсмичность в литосфере: тектонофизические концепции и следствия». – В 2 т. Т. 1. – Иркутск : Институт земной коры СО РАН, 2009. – С. 43–45.
3. *Кутейников Е. С., Кутейникова Н. С., Паталаха Е. И., Смирнов А. В.* Структурный анализ при палеогеодинамических реконструкциях. – М. : Геокарт, 1994. – 256 с.
4. *Мартышко П. С., Ладовский И. В., Федорова Н. В., Бызов Д. Д., Цидаев А. Г.* Теория и методы комплексной интерпретации геофизических данных. – Екатеринбург : УрО РАН, 2001. – 94 с.
5. *Милановский С. Ю., Кабан М. К., Розен О. М., Егоркин А. В.* Геофизические особенности строения коры Анабарского щита // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2017. – № 4, Вып. 36. – С. 56–71.
6. *Мясников Ф. В.* Глубинные критерии кимберлитового магматизма Якутской алмазоносной провинции с позиции нелинейной геологии // Разведка и охрана недр. – 2020. – № 7. – С. 8–20.
7. *Овсов М. К.* Структурный анализ геоданных: методические рекомендации по применению. – СПб. : ГП «Невскгеология», 2003. – 107 с.
8. *Розен О. М.* Сибирский кратон: тектоническое районирование, вопросы эволюции // Геотектоника. – 2003. – № 3. – С. 1–19.
9. *Старосельцев В. С.* Проблема выделения рифтогенных прогибов – перспективных тектонических элементов активного нефтегазообразования // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50, № 4. – С. 475–483.
10. *Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия)* / отв. ред. Л. М. Парфенов, М. И. Кузьмин. – М. : Наука/Интерпериодика, 2001. – 571 с.

11. Чернышев Н. М., Бокая Л. И. Морфоструктурные элементы консолидированной коры Сибирской платформы // Структурные элементы земной коры и их эволюция. – Новосибирск : Наука, 1983. – С. 144–151.
12. Чумак О. В. Энтропии и фракталы в анализе данных. – М.–Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011. – 164 с.
13. Эринчек Ю. М., Мильштейн Е. Д., Колесник Н. Н. Глубинное строение и геодинамика районов проявления кимберлитового магматизма на Сибирской платформе // Региональная геология и металлогения. – 2000. – № 10. – С. 209–228.

REFERENCES

1. *Geologiya i poleznye iskopayemye Rossii. Vostochnaya Sibir'* [Geology and minerals of Russia. V. 3 Eastern Siberia]. ed. Malich N. S., Mironyuk Ye. P., Orlov V. P., Tuganova Ye. V., St. Petersburg, VSEGEI publ., 2002, 396 p. (In Russ.)
2. Yefimov A. S., Migurskiy A. V., Starosel'tsev V. S., Baranova M. I., Rudnitskaya D. I., Val'chak V. I., Goryunov N. A., Yevgrafov A. A. Blokoye deleniye zemnoy kory Sibirskoy platformy po dannym glubinnogo seismoprofilirovaniya MOGT [Block division of the Earth crust of the Siberian platform according to deep seismic profiling of CDP]. Materialy Vserossiyskogo soveshchaniya (18–21 avgusta 2009 g.) "Razlomboobrazovaniye i seysmichnost' v litosfere: tektonofizicheskiye kontseptsii i sledstviya" [Proceedings of the All-Russian meeting (August 18–21, 2009) "Faulting and seismicity in the lithosphere: tectonophysical concepts and consequences."], V. 1, Irkutsk, Institut zemnoy kory SO RAN publ., 2009, pp. 43–45. (In Russ.)
3. Kuteynikov Ye. S., Kuteynikova N. S., Patalakha Ye. I., Smirnov A. V. Strukturnyy analiz pri paleogeodinamicheskikh rekonstruktsiyakh [Structural analysis in paleogeodynamic reconstructions]. Moscow, Geokart publ., 1994, 256 p. (In Russ.)
4. Martyshko P. S., Ladovskiy I. V., Fedorova N. V., Byzov D. D., Tsidayev A. G. Teoriya i metody kompleksnoy interpretatsii geofizicheskikh dannykh [Theory and methods of complex interpretation of geophysical data]. Yekaterinburg, UrO RAN publ., 2001, 94 p. (In Russ.)
5. Milanovskiy S. Yu., Kaban M. K., Rozen O. M., Yegorkin A. V. Geofizicheskiye osobennosti stroyeniya kory Anabarskogo shchita [Geophysical features of the structure of the crust of the Anabar Shield]. Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle [Vestnik KRAUNTS. Earth Sciences], 2017, No. 4, Is. 36, pp. 56–71. (In Russ.)
6. Myasnikov F. V. Glubinnyye kriterii kimberlitovogo magmatizma Yakutskoy almazonosnoy provintsii s pozitsii nelinyeynoy geologii [Depth criteria of kimberlite magmatism of the Yakutsk diamondiferous province from the standpoint of nonlinear geology]. Razvedka i okhrana nedr, 2020, No. 7, pp. 8–20. (In Russ.)
7. Ovsov M. K. Strukturnyy analiz geodannykh: metodicheskiye rekomendatsii po primeneniyu [Structural analysis of geodata: guidelines for application]. St. Petersburg, Nevskgeologiya publ., 2003, 107 p. (In Russ.)
8. Rozen O. M. Sibirskiy kraton: tektonicheskoye rayonirovaniye, voprosy evolyutsii [Siberian craton: tectonic zoning, questions of evolution, Geotectonics]. Geotektonika, 2003, No. 3, pp. 1–19. (In Russ.)
9. Starosel'tsev V. S. Problema vydeleniya riftogennykh progibov – perspektivnykh tektonicheskikh elementov aktivnogo neftegazooobrazovaniya [The problem of identifying rift troughs as promising tectonic elements of active oil and gas formation]. Geologiya i geofizika, 2009, V. 50, No. 4, pp. 475–483. (In Russ.)
10. Tektonika, geodinamika i metallogeniya territorii Respubliki Sakha (Yakutiya) [Tectonics, geodynamics and metallogeny of the territory of the Republic of Sakha (Yakutia)]. ed. L. M. Parfenov, M. I. Kuz'min, Mpscov, Nauka/Interperiodika publ., 2001, 571 p. (In Russ.)
11. Chernyshev N. M., Bokaya L. I. Morfostrukturnyye elementy konsolidirovannoy kory Sibirskoy platformy [Morphostructural elements of the consolidated crust of the Siberian platform]. Strukturnyye elementy zemnoy kory i ikh evolyutsiya, Novosibirsk, Nauka publ., 1983, pp. 144–151. (In Russ.)
12. Chumak O. V. Entropii i fraktaly v analize dannykh [Entropies and fractals in data analysis]. Moscow–Izhevsk, Regul'yarnaya i khaoticheskaya dinamika publ., Institut komp'yuternykh issledovaniy publ., 2011, 164 p. (In Russ.)
13. Erinchek Yu. M., Mil'shteyn Ye. D., Kolesnik N. N. Glubinnoye stroyeniye i geodinamika rayonov proyavleniya kimberlitovogo magmatizma na Sibirskoy platforme [Deep structure and geodynamics of areas of manifestation of kimberlite magmatism on the Siberian platform]. Regional'naya geologiya i metallogeniya, 2000, No. 10, pp. 209–228. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 30.05.22; одобрена после рецензирования 13.09.22; принята к публикации 26.09.22.
The article was submitted 30.05.22; approved after reviewing 13.09.22; accepted for publication 26.09.22.