МАГНИТНЫЕ АНОМАЛИИ ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ И ВЫЧЕГОДСКОГО ПРОГИБА

Н. В. Конанова, В. В. Удоратин, А. Ш. Магомедова

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

konanova@geo.komisc.ru, udoratin@geo.komisc.ru, asmagomedova@geo.komisc.ru

По геолого-геофизическим данным на территории северо-восточной окраины Русской плиты выявлены узлы пересечения систем ортогональных разломов. В пределах Зимостанского узла были проведены рекогносцировочные и детальные магнитометрические работы. В результате проведенных исследований выявлены три изолированные локальные магнитные аномалии интенсивностью до 15 нТл и размерами в поперечнике 200–450 м. Аномалеобразующие объекты расположены на глубине 50–100 м и представлены в виде штоков (трубок) субвертикального заложения. Фроловский участок является аномальным по наличию неокатанных хромшпинелидов идеального октаэдрического габитуса. Первые результаты микрозондового экспресс-анализа свидетельствуют о том, что содержание Cr_2O_3 в хромшпинелидах превышает 64 %.

Ключевые слова: тектоническое строение, разломные зоны, аномальное магнитное поле, локальная магнитная аномалия.

MAGNETIC ANOMALIES OF THE ADJACENT ZONE OF THE NORTHEASTERN PART OF THE VOLGA-URAL ANTECLISE AND THE VYCHEGDA TROUGH

N. V. Konanova, V. V. Udoratin, A. Sh. Magomedova

Institute Geology, Komi SC, RAS, Syktывkar

According to geological and geophysical data, the nodes of intersection of an interregional orthogonal faults system have been identified at the territory of the northeastern edge of Russian plate. The reconnaissance and detailed magnetometric works were carried out on the Frolovsk site. As a result of our investigations, three isolated local magnetic anomalies with an intensity of 15 nT and 200–450 m in dimensions were revealed. Anomalous objects are located in the depth of 50–100 m and represented as stock (tubes) of subvertical embedment. This region is anomalous by presence of non-rolled chromospinelides with an ideal octahedral habit. The first results of microprobe express analysis of chromospinelides indicate that the Cr_2O_3 content exceeds 64% in them.

Keywords: tectonics, fault zones, anomal magnetic field, local magnetic anomaly, metalgenius.

Введение

Республика Коми расположена в зоне сочленения крупнейших надпорядковых тектонических структур Европейского Северо-Востока России, к которым относятся Русская и Тимано-Печорская плиты. Они имеют сложное гетерогенное строение и длительную геологическую историю. Изученность южных районов РК в отличие от северных нефтегазоносных на сегодняшний день остается крайне низкой. Особенно это касается сейсмических работ, практически отсутствующих в исследуемом регионе. В связи с этим основными источниками данных о строении региона, участвующих в анализе глубинного строения и перспектив минерального сырья, остаются потенциальные поля.

На этапе выбора объекта исследований на территории северо-восточной окраины Русской плиты и сопредельных регионов нами проводились работы по трассированию протяженных разломов, пересекающих структуры Русской, Печорской, Западно-Сибирской плит, Тимана и Урала, с использованием геофизических данных. Интерпретировались аномалии магнитного поля с двухминутным разрешением EMAG2 (World Digital Magnetic Anomaly Map), составленные из спутниковых, аэро- и морских магнитных измерений институтом CIRES (Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences) [1]. Впоследствии для уточнения расположения разломов использовались данные открытой версии интерактивной электронной карты недропользования Российской Федерации, созданной

центром «Минерал» ФГУНПП «Аэрогеология», ФГБУ «ВСЕГЕИ» по заказу Управления геологических основ, науки и информатики Роснедра. В частности, широко применялись карты поля силы тяжести, аномального магнитного поля и космогеологические карты [2, 3, 5].

Основная зона глубинных межрегиональных разломов имеет северо-западное простирание. В магнитном поле и региональной составляющей поля силы тяжести она проявляется зоной горизонтального градиента. Ортогональные к ней разломы северо-восточного простирания выявляются по системе чередующихся полосовых аномалий повышенных и пониженных значений локальных составляющих. Их ширина составляет порядка 25–35 км. Достаточно четко на картах потенциальных полей выявляются субмеридиональные глубинные разломы цепочками полосовых локальных аномалий шириной 5–25 км. Труднее всего трассируются субширотные глубинные разломы по зонам переживов аномалий, участкам затухания интенсивности, коленообразным изгибам и разрывам линейных аномалий, которые прослеживаются фрагментарно. По результатам предыдущих исследований [4–6, 10, 13, 15] в пределах Тимано-Печорской плиты также выделяются две системы ортогональных разломов — субмеридионально-субширотная (С — Ю, 3 — В) и диагональная (СЗ — ЮВ, СВ — ЮЗ), где наибольшую выраженность в потенциальных полях имеет диагональная система разломов.

Проведенные работы позволили нам выявить узлы пересечения системы ортогональных глубинных разло-

мов на территории северо-восточной окраины Русской плиты. Наименее изученный геолого-разведочными работами район Зимстанского узла пересечения ортогональной системы разломов стал объектом наших исследований. Данный участок располагается в области тройного сочленения Кировско-Кажимского авлакогена и Коми-Пермяцкого свода Волго-Уральской антеклизы с Вычегодским прогибом Мезенской синеклизы, осложненной присутствием высокомагнитных пород Локчимского траппового поля (рис. 1).

Целью настоящих исследований являлось изучение магнитного поля в пределах Зимстанского узла пересечения систем ортогональных глубинных разломов с выявлением локальных магнитных аномалий, связанных с геологическими телами «трубчатого» типа. В статье приводятся первые результаты пешеходных магниторазведочных работ, проведенных на этой территории.

Объекты и методы исследования

В блоковой структуре архейско-раннепротерозойского кристаллического фундамента Русской плиты

площадь Зимстанского узла расположена в зоне краевых дислокаций северо-восточной оконечности Волго-Уральской антеклизы. В структуре осадочного чехла она приурочена к северо-восточной части Кировско-Кажимского авлакогена, находясь в области сочленения последнего с расположенным северо-восточнее Вычегодским прогибом Мезенской синеклизы. Граница между этими структурами проводится достаточно условно по резкому увеличению мощности осадочного чехла. В геологическом строении принимают участие два структурно-формационных этажа, различающихся характером распространения, мощностью, вещественным составом и другими признаками. Нижний отвечает кристаллическому фундаменту платформы. Он сложен (по имеющимся представлениям) метаморфогенными породами архея и нижнего протерозоя. Глубина залегания кристаллического фундамента составляет 2.5–3.5 км, а на северо-востоке поверхность кристаллического фундамента погружается до глубин 3.5–4.5 км и более. Верхний структурно-формационный этаж представлен образованиями осадочного чехла рифейско-вендского, девонского, каменноугольного и пермского возра-

Рис. 1. Схема расположения ортогональных разломов на структурно-тектонической карте фундамента (по [12, 13]) Европейского Северо-Востока России и объекта исследований (во врезке) по структуре платформенного чехла (по [12]): 1 — ортогональные разломы по геофизическим данным и узлы их пересечения; 2 — контуры Локчимского траппового поля (по [7]); 3 — границы структур: надпорядковых (а) и I порядка (б)

Fig. 1. The scheme of orthogonal faults on the structural — tectonic map of basement (according to: [12, 13]) of the European northeast of Russia and the object of research (in the sidebar) on the structure of platform cover (according to: [12]): 1 — orthogonal faults from geophysical data and nodes of their intersection; 2 — contours of the «Lokchim trap field» (according to: [7]); 3 — boundaries of structures: super-order (a) and I order (b)

стов, перекрытыми покровом четвертичных отложений [12, 13 и др.].

Локчимское трапповое поле выявлено в 2002 г. специалистами ЗАО «Аэрогеофизика» при интерпретации данных аэромагнитных и наземных гравиметрических съемок масштаба 1:200000. На территории левобережья среднего течения р. Вытегды ими был выделен аномальный магнитоактивный объект, характеризующийся причудливыми амебообразными очертаниями, который получил название Локчимского траппового поля [7] (рис. 1, врезка). Проведенные исследования позволили сделать заключение, что данный объект сложен высоконамагниченными и плотными породами и залегает на поверхности дорифейского кристаллического фундамента, от центра которого в разные стороны растекаются лавовые потоки, представленные базальтами и долеритами. Однако буровыми скважинами траппы Локчимского поля пока не вскрыты. Возраст вулканитов Локчимского траппового поля был ими определен по косвенным признакам как среднерифейский, но не исключалась вероятность девонского возраста [4, 6, 7 и др.].

На основе ревизии съемок магнитного и гравиметрического полей масштаба 1:200000 по аномальным значениям поля силы тяжести в редукциях Буге и Фая в пределах Зимстанского узла пересечения ортогональных разломов намечены локальные участки для проведения рекогносцировочных полевых магниторазведочных работ (Локчимский, Фроловский, Зимстанский). Намеченные участки располагались в градиентных зонах на периферии региональных максимумов гравиметрического и магнитного полей, предположительно обусловленных телами основного (ультраосновного (?)) состава, на предмет обнаружения изометричных локальных аномалий магнитного поля в ходе проведения наземной магнитометрической съемки (рис. 2).

Наземные рекогносцировочные и детальные магниторазведочные работы в 2016–2017 гг. проводились в пределах Фроловской аномальной зоны. Всего отработано 17 профилей. Магнитометрические исследования выполнялись пешеходными приборами МИНИМАГ,

которые предназначены для измерения модуля геомагнитного поля. Предел основной систематической погрешности магнитометра при измерении магнитной индукции не превышает ± 2 нТл. Шаг между пунктами наблюдения составлял 50 м. Расстояние между профилями при детальном работах — 100 м. Топографическая привязка выполнялась с помощью навигатора GPS Garmin 62S, точность привязки при полной видимости горизонта достигала 3 метров. Привязка производилась через каждые 100 м.

Одновременно с рядовыми наблюдениями измерялись вариации магнитного поля, которые использовались при обработке и интерпретации магниторазведочных данных по стандартной методике. Магнитометрическая станция устанавливалась в спокойном магнитном поле и вела регистрацию вариаций с шагом в 1 минуту. Привязка времени между магнитометрами выполнялась с помощью GPS Garmin 62S, точность привязки составляла ± 1 секунду.

Шлиховое опробование отработывалось по стандартной методике вблизи выявленных локальных магнитных аномалий в руслах ручьев Луктырнаель, Пармаель, Седьель. Объем проб составлял 35–40 л.

Результаты исследований и обсуждения

В рамках полевых сезонов 2016–2017 гг. наземные магниторазведочные работы Фроловского участка проводились как по системе региональных рекогносцировочных профилей с шагом наблюдений 50 м, так и в виде детальной площадной магнитометрической съемки масштаба 1:5000 с целью локализации выявленных в процессе рекогносцировочных маршрутов аномалий.

На первом этапе при помощи компьютерной программы Surfer Golden Software по результатам полевых работ была построена схематическая карта аномального магнитного поля с профилями и пикетами наблюдений (рис. 3), отражающая общее представление о характере поведения магнитного поля на исследуемом участке, которое в принципе не отличается от опубликованных данных. Но в градиентной области перехода от пониженных значений аномального магнитного поля к повышенным нами выявлены по крайней мере три изолированные локальные магнитные аномалии с повышенными значениями магнитного поля небольшой интенсивности.

В пределах этих трех выявленных аномалий нами была проведена детальная площадная магнитометрическая съемка масштаба 1:5000 с целью локализации объектов на местности. Шаг наблюдений составлял 50 м, расстояние между профилями — 100 м.

В результате обработки и интерпретации магниторазведочных данных при помощи программы Microsoft Office Excel построены графики аномального магнитного поля по отдельным профилям, которые сведены в единую карту графиков (рис. 4), и схематическая карта аномального магнитного поля с детализацией участков (рис. 5). На карте первая положительная аномалия (АН1) представлена в виде отдельно стоящей изолированной аномалии с интенсивностью 15 нТл. Она имеет эллипсовидную форму размером 200 × 300 м. Вторая магнитная аномалия (АН2) интенсивностью 12 нТл имеет также слегка вытянутую форму с размерами 100 × 200 м. Третья локальная аномалия (АН3) с разме-

Рис. 2. Сопоставление локальных гравиметрических аномалий: Лопыдино (1), Фроловск (2), Зимстан (3) с аномальным магнитным полем (по [8]) 1:200000 масштаба

Fig. 2. Comparison of local gravimetric anomalies: Lopydino (1), Frolovsk (2), Zimstan (3) with an anomalous magnetic field (according to: [8]) 1: 200000 scale

Рис. 3. Карта аномального магнитного поля участка «Фроловский». Схема магнитоизведочных профилей: 1 — изолинии аномального магнитного поля, 2 — отрицательные значения магнитного поля, 3 — положительные значения магнитного поля, 4 — пункты наблюдения, 5 — номера профилей

Fig. 3. The map of the anomalous magnetic field of the Frolovsky area. Scheme of magnetostriction profiles: 1 — isolines of an anomalous magnetic field, 2 — negative values of the magnetic field, 3 — positive values of the magnetic field, 4 — points of observation, 5 — profile numbers

Рис. 4. Карта графиков аномального магнитного поля участка АН1: 1 — графики ΔT_a , 2 — линии профиля, 3 — точка наблюдения, профиль/пикет.

Fig. 4. Map of the graphs of the anomalous magnetic field of area AH1: 1 — graphs ΔT_a , 2 — line profile, 3 — point observation, profile / picket

рами 300×500 м представлена в виде овала интенсивностью до 14 нТл.

По характерным точкам отдельных графиков аномального магнитного поля методом касательных была рассчитана глубина залегания магнитоактивных масс, представленных в виде штоков (трубок) неправильной формы субвертикального заложения (рис. 6). Магнитоактивные тела приурочены к градиентной зоне аномального магнитного поля, зоне разлома. Верхние крошки аномалеобразующих объектов залегают на глубине от 50 м до 100 м.

Рис. 5. Карта аномального магнитного поля с детализацией участков: 1 — изолинии аномального магнитного поля, 2 — отрицательные значения магнитного поля, 3 — положительные значения магнитного поля, 4 — локальные магнитные аномалии

Fig. 5. The map of the anomalous magnetic field with the detailing of the areas: 1 — isolines of anomalous magnetic field, 2 — negative values of magnetic field, 3 — positive values of magnetic field, 4 — local magnetic anomalies

Рис. 6. График расчета глубины залегания верхней кромки магнитоактивных масс аномалии участка АН1

Fig. 6. Graph of the calculation of the depth of occurrence of the upper edge of the magnetoactive masses of the anomaly of area AN1

Состав хромшпинелидов из района Фроловской аномалии

Тип линии	Сигма вес. %		Атом. %		Оксид	Вес. % оксида		Сигма вес. % оксида	
		т. н. 1	т. н. 2	т. н. 1	т. н. 2		т. н. 1	т. н. 2	т. н. 1	т. н. 2
О				57.88	58.1					
Mg	К-серия	0.17	0.17	5.01	4.32	MgO	7.16	6.05	0.28	0.27
Al	К-серия	0.17	0.15	6.75	4.39	Al ₂ O ₃	12.2	7.76	0.32	0.29
Si	К-серия	0.08	0.09	0.47	0.84	SiO ₂	1	1.75	0.18	0.19
Cr	К-серия	0.35	0.39	23.81	26.33	Cr ₂ O ₃	64.14	69.43	0.51	0.58
Fe	К-серия	0.28	0.31	6.08	6.02	FeO	15.49	15.02	0.35	0.4
Сумма:				100	100		100	100		

О присутствии близ поверхностных тел основного (ультраосновного(?)) состава свидетельствуют многочисленные находки неокатанных хромшпинелидов идеального октаэдрического габитуса (см. таблицу) при шлиховом опробовании. По данным микрозондового анализа хромшпинелидов, проведенного С. С. Шевчуком в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН, было выявлено, что они соответствуют производным ультраосновных мантийных магм. Результаты микрозондового экспресс-анализа хромшпинелидов из района Фроловской аномалии свидетельствуют о том, что этот участок является аномальным по наличию неокатанных хромшпинелидов, в которых содержание Cr₂O₃ превышает 64 %. На бинарной диаграмме в координатах Cr₂O₃ – Al₂O₃ фроловские хромшпинелиды располагаются в поле развития дунитов и гарцбургитов, а соотношение хромистости, рассчитанное по формуле $Cr/(Cr + Al) \cdot 100$, также указывает, что эти высокохромистые хромшпинелиды сформировались в глубинных высокотермодинамических условиях верхней мантии [16, с. 941–950].

Минерагенические особенности Фроловской магнитометрической аномалии района Зимостанского узла пересечения систем ортогональных разломов позволяют нам сделать предположение о присутствии здесь производных основных или щелочно-ультраосновных мантийных магм. Совершенно очевидно, что данный регион требует дальнейших детальных геолого-геофизических исследований.

Заключение

В ходе полевых наземных магнитометрических исследований в районе Фроловского участка в градиентной зоне аномального магнитного поля нам впервые удалось обнаружить три изолированных локальные магнитные аномалии с повышенными значениями магнитного поля небольшой интенсивности (12–15 нТл) и размерами в плане от 100×200 м до 300×500 м.

Шлиховое опробование показало, что Фроловский участок является аномальным по наличию неокатанных хромшпинелидов идеального октаэдрического габитуса. Результаты микрозондового экспресс-анализа хромшпинелидов свидетельствуют о том, что содержание Cr₂O₃ в них превышает 64 %. Минерагеническая специфика Фроловской аномалии предположительно характеризуется нами как производная основных или щелочно-ультраосновных мантийных магм.

Литература

1. Аномалии магнитного поля ΔT_a . URL: <http://geomag.org/models/emag2.htm>
2. Аномалии магнитного поля ΔT_a . URL: <https://openmap.mineral.ru/Standard>
3. Аномалии гравиметрического поля. URL: <https://openmap.mineral.ru/Standard>
4. Башилов В. И. Разломы фундамента севера Восточно-Европейской платформы, их тектоническое значение и методы выявления // Геология и геохимия севера европейской части СССР. М.: МГПИ, 1983. С. 105–119.
5. Башилов В. И. Разломы и эндогенные режимы Тимано-Печорского бассейна. Проблемы эволюции тектоносферы. М.: ИОФЗ РАН, 1997. С. 126–146.
6. Богданов Н. А., Хаин В. Е. Объяснительная записка к тектонической карте Баренцева моря и северной части Европейской России масштаба 1:2500000. М. 1996. 24 с.
7. Буш В. А., Калмыков Б. А. Новые данные по домезозойскому внутриплитному магматизму Восточно-Европейской платформы // Геотектоника. 2015. № 5. С. 43–61.
8. Карта аномального магнитного поля (ΔT_a) территории СССР (континентальная часть и некоторые прилегающие акватории) масштаба 1:2 500 000 / Под ред. З. А. Макаровой и др. / Мингео СССР, ВСЕГЕИ, 1978.
9. Космогеологическая карта. URL: <https://openmap.mineral.ru/Standard>
10. Малышев Н. А. Разломы Европейского Северо-Востока СССР в связи с нефтегазоносностью. Л., 1986. 112 с.

11. Носова А. А. Петрология позднедокембрийского и палеозойского внутри плитного базитового вулканизма Восточно-Европейской платформы: Автореф. дис. ... докт. г.-м. наук. М.: ИГЕМ РАН, 2007. 52 с.
12. Структура платформенного чехла Европейского Севера СССР / Под ред. В. А. Дедеева. Л.: Наука, 1982. 200 с.
13. Тектоническая карта Печорской плиты / В. А. Дедеев, В. И. Юдин, В. И. Богацкий и др. Коми филиал АН СССР. Сыктывкар, 1985.
14. Цыганов В. А. Новые данные о геологическом строении территории Мезенской синеклизы и ее перспективах на углеводороды (по результатам высокоточной аэромагнитной съемки) // Георесурсы. 2006. № 1(18). С. 26–35.
15. Шаблинская Н. В. Разломная тектоника Западно-Сибирской и Тимано-Печорской плит и вопросы нефтегазоносности палеозоя. Л., 1982. 155 с.
16. Эволюция состава шпинелидов из кимберлитов / А. В. Бовкун, В. К. Гаранин, Г. П. Кудрявцева, П. А. Самсонов // Геология алмазов — настоящее и будущее (геологи к 50-летию юбилею г. Мирного и алмазодобывающей промышленности России). Воронеж: Воронежский государственный университет, 2005. с. 941–950.
7. Bush V. A., Kalmykov B. A. *Novyye dannyye po domezozoysskomu vnutriplitnomu magmatizmu Vostochno—Yevropeyskoy platformy* In: *Geotektonika* (Geotectonics). (New data of Premezozoic intraplate magmatism in the East European Platform) No.5, 2015, pp. 43–61.
8. *Karta anomalnogo magnitnogo polya (ΔTa) territorii SSSR (kontinentalnaya chast i nekotoryye prilegayushchiye akvatorii), masshtaba 1:2 500 000* (The map of anomalous magnetic field (ΔTa) of the territory of the USSR (continental part and some adjoining water areas), scale 1: 2 500 000). Ed. Z. A. Makarova and others, MinGeo USSR, VSEGEI, 1978.
9. *Kosmogeologicheskaya karta* (The cosmogeological map) <https://openmap.mineral.ru/Standard>
10. Malyshev N. A. *Razlomy yevropeyskogo Severo-Vostoka SSSR v svyazi s neftegazonosnost'yu* (The faults of the European North-East of the USSR in connection with the oil and gas content). Leningrad, 1986, 112 pp
11. Nosova A. A. *Petrologiya pozdnedokembriyskogo i paleozoysskogo vnutri plitnogo bazitovogo vulkanizma Vostochno—Yevropeyskoy platformy* (Petrology of the Late Precambrian and Paleozoic within the plate basite volcanism of the East European platform). Author's abstract. dis. Doct. g. sciences. Moscow: IGEM RAS, 2007. 52 pp.
12. *Struktura platformennogo chekhla Yevropeyskogo Severa SSSR* (The structure of platform cover of the European North of the USSR). Ed. V. A. Dedeev. Leningrad: Science, 1982, 200 pp.
13. *Tektonicheskaya karta Pechorskoy plity* (Tectonic map of Pechora plate). Dedeev V. A., Yudin V. I., Bogatsky V. I. Komi branch of the USSR Academy of Sciences, Syktvykar, 1985.
14. Tsyganov V. A. *Novyye dannyye o geologicheskoy stroeyenii territorii Mezenskoy sineklizy i yeye perspektivakh na uglevodorody (po rezul'tatam vysokotochnoy aeromagnitnoy semki)* (New data on the geological structure of the Mezen syncline territory and its perspectives on hydrocarbons (based on the results of high-altitude aeromagnetic surveys)). *Georesursy*, 2006, No. 1(18), pp. 26–35
15. Shablinskaya N. V. *Razlomnaya tektonika Zapadno-Sibirskoy i Timano-Pechorskoy plit i voprosy neftegazonosnosti paleozoya*. (The fault tectonics of the West Siberian and Timano-Pechora plates and the problems of the Paleozoic oil and gas content). Leningrad, 1982, 155 pp
16. *Evolutsiya sostava shpinelidov iz kimberlitov* (Evolution of the composition of spinels from kimberlites) A. V. Bovkun, V. K. Garanin, G. P. Kudryavtseva, P. A. Samsonov In: *Geologiya almazov — nastoyashcheye i budushcheye (geologi k 50—letnemu yubileyu g. Mirnyy ialmazodobyvayushchey promyshlennosti Rossii)* (Geology of diamonds - present and future (geologists to the 50th anniversary of Mirny and diamond mining industry in Russia)). Voronezh: Voronezh State University, 2005, pp. 941–950

References

1. *Anomalii magnitnogo polya ΔTa* (Anomalies of ΔTa magnetic field) <http://geomag.org/models/emag2.htm>
2. *Anomalii magnitnogo polya ΔTa* (Anomalies of ΔTa magnetic field) <https://openmap.mineral.ru/Standard>
3. *Anomalii gravimetricheskogo polya* (Anomalies of gravimetric field) <https://openmap.mineral.ru/Standard>
4. Bashilov V. I. *Razlomy fundamenta severa Vostochno-Yevropeyskoy platformy, ikh tektonicheskoye znachenie i metody vyyavleniya. Geologiya i geokhimiya severa yevropeyskoy chasti SSSR*. (Faults in the basement of the north of the Eastern European platform, their tectonic significance and methods of detection. Geology and geochemistry of the north of the European part of the USSR). Moscow: MGPI, 1983, pp. 105–119
5. Bashilov V. I. *Razlomy i endogennyye rezhimy Timano-Pechorskogo basseyna. Problemy evolyutsii tektonosfery* (Faults and endogenous regimes of the Timan-Pechora basin. Problems of the tectonosphere evolution). Moscow: JIPE RAS, 1997, pp. 126–146.
6. Bogdanov N. A., Khain V. Ye. *Obyasnitelnaya zapiska k tektonicheskoy karte Barentseva morya i severnoy chasti yevropeyskoy Rossii masshtaba 1:2500000* (Explanatory note to the tectonic map of the Barents Sea and the northern part of European Russia at a scale of 1: 2 500 000). Moscow, 1996, 24 p