

ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

на опережающую геофизическую основу масштаба 1: 200 000 по листу О-40-XXXV (Артинская площадь), созданную в рамках объекта «Составление предварительных карт комплекта геофизической основы листа О-40-XXXV (Артинская площадь)» в рамках работ по объекту «Проведение в 2022-2024 годах региональных геолого-съёмочных работ масштаба 1:200000 на группу листов в пределах Приволжского и Уральского ФО» за счет средств федерального бюджета.

(организация-составитель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского» (ФГБУ «Институт Карпинского»))

Исполнители коллектив сотрудников ФГБУ «Институт Карпинского»: Лихачев А.А., Домбровская Н.А., Васильева С.И.

Рассмотрение материалов ГФО-200 проведено на основании их соответствия с проектом «Требований к опережающей геофизической основе Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 второе издание», 2013 год.

Эксперту был представлен полный комплект ГФО-200 по листу О-40-XXXV (Артинская площадь) в цифровом виде: Объяснительная записка, паспорт комплекта и графические приложения М1:200 000 в количестве 20 (гравиметрические карты, карта аномального магнитного поля, геолого-геофизический разрез по линии А1-А2 и трансформации потенциальных полей, карты радиометрических полей).

Объяснительная записка состоит из введения, заключения и 6 основных разделов, согласно типовому содержанию.

Введение содержит краткую информацию о геофизической изученности территории и исходных материалах, использованных для создания геофизической основы по листу. Описаны этапы разработки комплекта цифровых карт, перечислено используемое программное обеспечение (Oasis Montaj v.6.4.2, Балтика, геоинформационная система ArcGIS 10.2 и пакет Surfer 15), а также освещены основные задачи создания ГФО.

Первый раздел – Характеристика геофизических материалов – подробно описывает геофизическую изученность рассматриваемой территории. В хронологическом порядке представлены данные о проведенных аэромагнитных, радиометрических, гравиметрических и сейсморазведочных работах. Текст дополнен картограммами изученности с атрибутивными таблицами, в которых указаны основные характеристики работ и кратко изложены результаты, полученные авторами отчетов.

Физические свойства горных пород на изучаемой территории исследованы недостаточно, поэтому использованы обобщенные данные по восточной окраине Восточно-Европейской платформы, наиболее полно представленные в сводной работе В.М. Новоселицкого и А.А. Шиловой (Новоселицкий, 1985).

1) Магнитометрические данные:

- больше половины листа исследовано среднемасштабной аэромагнитной съемкой АМС М1:200 000, выполненной Новосибирским геофизическим трестом в 1959

году. Съёмка проведена на высоте 300 м, среднеквадратичная погрешность составляет $\pm 8,6$ нТл.

-исследование крупномасштабными съёмками М1:25 000 - 1:50 000 выполнялось с середины 60-х силами уральских организаций: Центральной Уральской партией, Уральской ККЭ, с визуальной и топопривязкой с феррозондовой аппаратурой и продолжалось с 80-х по 2000-е годы квантовой аппаратурой силами ПГО «Севзапгеология» и Уральской ГФЭ. В результате больше половины площади листа покрыта крупномасштабными исследованиями. Съёмки проводились с использованием аэромагнитометров КАМ-28, АСГМ-25, АММ-13 и МГМ-05. Высота полета - 50-150 м. СКП съёмки на большей части площади не превышает $\pm 3,6$ нТл.

2) Гравиметрические данные:

Больше половины территории исследований покрыта гравиметрическими съёмками масштаба 1:100 000 и 1:200 000, выполненными трестом Башнефтегеофизика, Пермнефтегеофизика и Баженовской геофизической экспедицией в 1959-77 гг. Результаты, в том числе, данных гравиметрических съёмок послужили основой для создания в 1980-х годах Уральским ТГУ Государственной гравиметрической карты масштаба 1:200 000.

Начиная с 1960-х годов на территории листа с обрамлением проведено около 11 крупномасштабных съёмок, причем более 50% площади охвачено исследованиями в масштабе 1:50 000. Детальные данные отсутствуют лишь в центральной и западной частях листа. Работы выполнялись уральскими организациями (Баженовская экспедиция, Башнефтегеофизика). СКП определения аномалии Буге, в основном, не превышает $\pm 0,08$ мГал для съёмок масштаба 1:50 000.

3) Радиометрические и радиоэкологические работы:

- в пределах листа О-40-XXXV была проведена только одна аэрогамма-спектрометрическая крупномасштабная съёмка, проведённая в 2002 году Уральской ГФЭ, с использованием аппаратуры ГСА-2000. Площадь данных работ составляет порядка 30% от площади листа.

5) Сейсморазведочные работы:

- Изученность листа О-40-XXXV сейсморазведочными работами достаточно неоднородна, практически все они сконцентрированы в северной половине рассматриваемой площади. Площадь листа достаточно детально изучена площадными работами МОГТ, МОВ, 3D-сейсморазведкой и профильными глубинными сейсмическими исследованиями. Всего на площадь попадают 10 профильных работ, в том числе и 2-глубинных профиля (Свердловский и Арти – Байкалово).

Комментарии к разделу 1:

- для составления цифровой модели аномального магнитного поля на территорию листа О-40-XXXV использованы аналоговые отчётные материалы в виде карт изолиний масштаба 1:50 000, сечением 2 нТл, и карт графиков аналогичного масштаба с вертикальным масштабом 200 нТл в 1 см, заимствованные из отчетов о крупномасштабных

исследованиях ПГО «Севзапгеология» и Уральской ККЭ а также современные цифровые данные крупномасштабной комплексной съемки Уральской ГФЭ. В качестве базовой цифровой модели использовалась сводная цифровая модель аномального магнитного поля (250×250 м) из комплекта ГФО-1000 (2010 г.) по листу О-40, составленная специалистами ФГУП «Уральская геофизическая экспедиция»;

- для создания цифровой модели аномалий силы тяжести по листу О-40-XXXXV в качестве базовых материалов использовались оцифрованные значения аномалий Буге в пунктах гравиметрических наблюдений с изданной гравиметрической карты (1980 г). В качестве детальных материалов использовались аналоговые и цифровые каталожные данные значений в редукции Буге (значения плотности промежуточного слоя не уточняется) из отчетов крупномасштабных наблюдений «Баженовской геофизической экспедиции» 1995, 2005 и 2009 гг. и ЗАО "Гравиразведка" 2009 года;

- радиометрическая основа составлена на основе материалов Уральской ГФЭ 2003 года, площадь съемки которой занимает около 34% от площади листа;

- выполнен исчерпывающий анализ ранее проведенных работ на территории листа;

- данные по физическим свойствам пород (магнитной восприимчивости, плотности и скоростным характеристикам) представленные в тексте, заимствованы из сводной работы В.М. Новоселицкого и А.А. Шиловой 1985 года. Данные преимущественно обобщенные из-за недостатка местных исследований.

Замечания к разделу 1 отсутствуют.

В разделе 2 – Методика обработки данных и построения карт – подробно изложены основные положения использованных технологий оцифровки аналоговых карт изолиний аэромагнитных данных, обработки цифровых материалов, создания цифровых моделей потенциальных полей и построения карт.

Магнитометрические данные:

Цифровая модель аномального магнитного поля (ΔT)а листа О-40-XXXXV создана по устоявшейся методике на основе использования разномасштабных аэромагнитных данных (по приоритету): Съемка 1:50 000 (2002 г.) - юго-восток; Съемка 1:25 000 (1965 г.) – центр; Съемка 1:50 000 (1982 г.) – юг; Данные ГФО-1000 (250×250 м) – запад. Методика обработки включала в себя следующие процедуры: векторизация аналоговых материалов; приведение к системе координат ГСК-2011; построение матричных моделей 100×100 м; устранение полей помех (технология "Микролевелинг"); приведение к нормальному полю 1965 г. (модель ВСЕГЕИ);

В результате проведенных процедур была создана цифровая модель (ΔT)а 100×100 м с погрешностью увязки 30-70 нТл. Особое внимание авторами уделено устранению систематических ошибок и минимизации невязок на границах разномасштабных съемок.

Отредактированные и приведенные к нормальному магнитному полю Земли T_n 1965 года цифровые модели (ΔT)а по участкам крупномасштабных съемок размещены во 2-ом информационном уровне БД ГФО.

Аэрогамма-спектрометрические данные:

В качестве исходных данных были использованы цифровые отчетные базы данных аэрогамма-спектрометрической крупномасштабной съемки, проведенной в 2002 году

Уральской ГФЭ, с использованием аппаратуры ГСА-2000. По полученным цифровым базам были построены цифровые модели содержаний радиоактивных элементов с использованием интерполяционного метода “Kriging” с шагом 100×100 метров. Данные цифровые модели, после анализа и выявления затяжек поля, т.е. «полосчатости», были дополнительно обработаны с помощью метода «псевдосекущих» маршрутов.

После ввода поправок на участках были сформированы итоговые сводные цифровые модели полей содержаний естественных радиоактивных элементов по сети 100×100 м

Отдельно следует отметить, что созданная цифровая модель мощности экспозиционной дозы (МЭД), полученная в результате процедуры увязки исходных данных, не удовлетворяла требованиям по качеству. В связи с этим значения мощности экспозиционной дозы были пересчитаны альтернативным способом - через стандартные гамма-эквиваленты на основе уже увязанных карт содержаний радиоактивных элементов (урана, тория и калия).

Гравиметрические данные:

В качестве базовых данных были использованы значения $(\Delta g)_B$ в пунктах наблюдений Государственной гравиметрической карты масштаба 1:200 000 (1980), хранящиеся в цифровом виде (файлы формата XYZ) в банке “Полевая геофизика” СПЕЦ ИКЦ и полученные из Московского Филиала ФГБУ Институт Карпинского. На основе значений в пунктах наблюдений выполнен расчет базовых матричных моделей аномалий силы тяжести в редукции Буге в условном уровне по сети 100×100 м.

Для целей детализации данной модели, авторами были заимствованные отчетные каталоги значений аномалии Буге 2.67 г/см^3 и 2.3 г/см^3 в пунктах гравиметрических наблюдений из отчетов о результатах крупномасштабных работ масштаба 1:50 000 «Баженовской геофизической экспедиции» 1995, 2005 и 2009 гг. и ЗАО “Гравиразведка” 2009 года.

Оценка плотности промежуточного слоя, выполненная по участкам крупномасштабных съемок методом Неттелтона показала, что плотность составляет 2.58 г/см^3 .

По созданным сводным цифровым моделям силы тяжести в редукции Буге с плотностями промежуточного слоя $B=2.67, 2.3$ и 2.58 г/см^3 в границах листа О-40-XXXXV (Артинская площадь) созданы цифровые картографические модели (карты) гравитационных аномалий (в редукции Буге, $B=2.67, 2.3$ и 2.58 г/см^3). В качестве основной модели была выбрана матрица в редукции Буге 2.58 г/см^3 по которой в дальнейшем был проведен расчет трансформаций.

Оформление графических приложений (раскраска, построение изолиний, создание градусной сетки, совмещение с топографической основой) выполнялось средствами пакета ArcMap (версия 10.2). В комплекте представлены гравиметрические карты в редукции Буге с плотностью промежуточного слоя $2.30, 2.58$ и 2.67 г/см^3 в условном уровне. Цифровые карты аномального поля силы тяжести составлены в прямоугольных координатах Государственной геодезической системы 2011 года (ГСК-2011) с осевыми меридианом двухсоттысячного листа.

Комментарии к разделу 2:

Авторами был выполнен анализ используемых геофизических материалов, достаточно подробно изложены этапы обработки данных. Данный подраздел хорошо проиллюстрирован рисунками, отражающих шаги выполненных операций. Для гравиметрических материалов приведенные алгоритмы и методики проводимых расчетов замечаний не вызывают, но некоторые шаги требуют пояснений. Авторами были использованы все доступные гравиметрические материалы, в том числе все имеющиеся на листе крупномасштабные данные.

Замечания к разделу 2:

Магнитометрические данные: Замечания отсутствуют.

Аэрогаммаспектрометрические данные:

В связи с небольшой площадью покрытия листа материалами радиометрических съемок (34%, при необходимом минимуме для создания ГФО-200 более 50% от общей площади), вызывает сомнение целесообразность составления полноценной радиометрической основы.

Гравиметрические данные: Замечания отсутствуют.

Раздел 3 – Методика расчета трансформант и выполнения интерпретационных построений – посвящен методике расчета трансформаций, составлению результативной схемы комплексной интерпретации и геолого-геофизического разреза. В тексте подробно описаны традиционные методики обработки геофизических материалов. На основе итоговых сводных моделей магнитного и гравитационного полей (Буге 2.58) были рассчитаны: модули горизонтальной и вертикальной составляющей градиентов потенциальных полей, региональные и локальные составляющие.

Разделение потенциальных полей на локальную и региональную составляющие проводилось с использованием процедуры пересчёта в верхнее полупространство. Для выбора оптимальной высоты пересчета был выполнен анализ распределений изменения полей с высотой. Оптимальная высота пересчета для АМП составила 1500 м, для АГП – 2000 м.

На основе расчетных матриц трансформант геофизических полей средствами ArcMAP 10 были составлены и оформлены картографические проекты и макеты карт трансформаций масштаба 1:200 000 в рамках листа.

Трансформации аэрогамма-спектрометрических данных были выполнены авторами для двух ключевых целей - уточнение геологического строения с выделением радиогеохимических комплексов пород и выявление перспективных участков эпигенетического оруденения. Методический подход традиционно включал в себя анализ бинарных отношений (Th/U, Th/K, U/K), применение мультипликативного показателя и использование технологии "АРК" (аэроадиогеохимическое картирование). Результаты обработки данных методом "АРК" представляются в виде карт вторичной радиохимической зональности в различных вариантах (с 6 и более классами).

Дополнительно на данной площади авторами была выполнена трехмерная инверсия гравиметрических и магнитометрических данных с использованием пакетов Grav3D и Mag3D v6.0, разработанных UBC-GIF (University of British Columbia - Geophysical Inversion

Facility). В процессе обработки данных были сформированы объемные модели, отображающие пространственное распределение двух ключевых физических параметров: Эффективной плотности и Магнитной восприимчивости. Полученные трехмерные модели, изначально сохраненные в собственном формате .mod используемого программного обеспечения, в дальнейшем были преобразованы в формат voxel, совместимый с программным пакетом Geosoft. Данная конвертация выполнялась с использованием функциональных возможностей платформы Oasis montaj. На заключительном этапе обработки из построенных моделей, описывающих распределение эффективных физических характеристик в нижнем полупространстве, а также из результатов их предварительной классификации (проведенной средствами Geosoft Oasis Montaj), были экспортированы послойные сечения с постоянным шагом 2000 метров. Эти сечения, содержащие информацию о расчетной избыточной плотности, сохранены в стандартном формате *.grd для последующего анализа и визуализации.

Для оценки глубинного строения построен геолого-геофизический разрез по линии синтетического профиля А₁-А₂, пересекающий наиболее значимые структурные элементы Артинской площади. Геолого-геофизический разрез построен до глубины 15 км. При моделировании осуществлялся подбор плотности, намагниченности и геометрии источников, образующих аномалии в разрезе, компенсирующих наблюдаемые аномалии магнитного и гравитационного полей.

Результаты анализа геофизических полей и их преобразований обобщены на схеме предварительной интерпретации, созданной интерактивно с использованием различных методов обработки. Интерпретация проводилась в два этапа: сначала анализировались основные структурные зоны и их геофизические особенности, затем изучались локальные компоненты полей, которые соотносились с геологическими объектами. Аномалии, не объяснённые имеющимися данными, были отнесены к «аномалиям неясной природы». Для их характеристики вычислялись средневзвешенные значения. Структурно-тектонический каркас строился на основе анализа локальных аномалий и горизонтальных градиентов, а разрывные нарушения выделялись по зонам высоких градиентов и нарушениям корреляции полей. Итоговая схема включает аномалии магнитного и гравитационного полей, отражающие состав и структуру пород, а также зоны тектонических нарушений. В целом интерпретационные построения выполнялись по уже устоявшейся в коллективе авторов методике.

Замечания к разделу 3 отсутствуют.

Раздел 4 – посвящен результатам интерпретации комплекса геофизических данных.

В начале раздела дана краткая характеристика геологического строения территории исследований. В геологическом разрезе территория представлена верхнекаменноугольными и нижнепермскими отложениями в зоне сочленения Западно-Уральской складчатой зоны и Предуральского прогиба. Кристаллический фундамент сложен архей-протерозойскими метаморфическими породами, включающими интрузии основного состава. В тексте подробно описано районирование и выделение основных структурных элементов. Текст сопровождается большим количеством иллюстраций, на

которых наглядно показано положение структурно-тектонических зон и тектонических нарушений на картах результатов трехмерной инверсии магнитной восприимчивости и плотности. Выявлена система разрывных нарушений с преобладанием широтных напряжений. На итоговом макете схемы комплексной интерпретации вынесены аномалии магнитного и гравиметрического полей, отражающие особенности вещественного состава и структуры пород, линейные и дуговые зоны тектонических нарушений.

В конце раздела приводится описание результатов построения геолого-геофизического разреза по линии А1-А2. Линия разреза ориентирована в широтном направлении вдоль Свердловского профиля ГСЗ. Авторами при моделировании принята двуслойная модель разреза: Верхний слой представлен Карбонатно-терригенными отложениями платформенного чехла, мощностью порядка 6-7 км и плотностью 2.55-2.8 г/см³, создающий слабые отрицательные гравитационные аномалии. Нижний слой представлен архейско-нижнепротерозойскими кристаллическими породами, плотностью 2.67-2.8 г/см³ и включает в себя три комплекса: гранито-гнейсовый, амфиболит-гнейсовый и амфиболитовый.

Замечания к разделу 4 отсутствуют.

Раздел 5 - посвящен описанию использованной топографической основы.

Раздел 6 – Состав и структура цифровых материалов, посвящен описанию состава и структуры цифровых и картографических материалов.

В **Заключении** кратко освещены основные результаты проделанной работы по созданию ГФО-200.

Графические приложения. В комплекте ГФО-200 по листу О-40-XXXV (Артинская площадь) вошли карты масштаба 1:200 000:

Обязательные карты

1. Карта аномального магнитного поля. Изолинии (ΔT)а
2. Гравиметрическая карта. Редукция Буге, плотность промежуточного слоя 2.67 г/см³ (уровень условный)
3. Гравиметрическая карта. Редукция Буге, плотность промежуточного слоя 2.30 г/см³ (уровень условный)
4. Гравиметрическая карта. Редукция Буге, плотность промежуточного слоя 2.58 г/см³ (уровень условный)
5. Карта изолиний содержания Калия
6. Карта изолиний содержания Тория
7. Карта изолиний содержания Урана
8. Расчетной мощности дозы суммарного гамма-излучения
9. Карта локальной составляющей аномального магнитного поля
10. Карта региональной составляющей аномального магнитного поля
11. Карта модуля горизонтальной составляющей градиента аномального магнитного поля
12. Карта локальной составляющей аномального поля силы тяжести. (Редукция Буге, плотность промежуточного слоя 2.58 г/см³, уровень условный)

13. Карта региональной составляющей аномального поля силы тяжести. (Редукция Буге, плотность промежуточного слоя 2.58 г/см³, уровень условный)
14. Карта вертикальной составляющей градиента аномального поля силы тяжести
15. Карта модуля горизонтальной составляющей градиента аномального поля силы тяжести
16. Карта изолиний расчетной плотности.
17. Карта мультипликативного параметра F.
18. Как вторичной радиогеохимической зональности (ARK)
19. Предварительная схема комплексной интерпретации по геофизическим данным.
20. Геолого-геофизический разрез по линии синтетического профиля A1-A2

Замечания к графическим приложениям:

Общие замечания:

Нанести линию положения геолого-геофизического разреза на все графические материалы. Для карт трансформаций в высокоградиентных зонах использовать билинейную интерполяцию теневого рельефа для устранения угловатости изображений.

Заключение. Представленная опережающая геофизическая основа по листу О-40-XXXV составлена на высоком профессиональном уровне в соответствии с основными положениями нормативных и рекомендательных документов. Для создания геофизической основы привлечены кондиционные магнитометрические, гравиметрические материалы, обработанные на высоком техническом и профессиональном уровне, выполнено построение необходимых карт и их трансформаций. Авторами проведена объемная работа по сбору и анализу имеющихся сведений о геологическом строении площади.

Рассматриваемый комплект материалов составлен с учетом большинства предложений и замечаний эксперта собранных в прилагаемой «Дефектной ведомости» с комментариями исполнителей. В результате предварительного рассмотрения в подготовленный комплект материалов был внесен ряд исправлений содержательного и редакционного характера, главными из которых являются:

- В текст раздела, посвященного использованным материалам, добавлена ссылка на авторов и год создания комплекта ГФО-1000 по листу О-40, а также указаны исходные материалы, легшие в основу цифровой модели АМП.
- Приведено в соответствие и детализировано описание вида использованных данных для листа О-40 в таблице к схеме материалов на основе объяснительной записки к ГФО-1000.
- Исправлено несоответствие между схемой, таблицей и текстом в описании использованных гравиметрических материалов.
- Раздел о изученности сейсморазведочными работами существенно доработан: схемы расположения профилей переработаны для улучшения читаемости, дополнены поясняющими таблицами и условными обозначениями.

- На все представленные сейсмогеологические разрезы нанесены границы рассматриваемой площади.
- В подраздел добавлены графики аномального магнитного поля $(\Delta T)_a$ вдоль профилей, использованных для сопоставления после приведения к уровню нормального поля Земли (модель «ВСЕГЕИ», 1965 г.).
- В текст по гравиметрическим данным внесены пояснения о виде использованных материалов и типе редукции, примененной в исходных отчетах.
- Добавлено описание методики расчета аномалий Буге с плотностью промежуточного слоя $\sigma = 2,58 \text{ г/см}^3$.
- Приведено к единому стандарту зарамочное оформление для всех графических приложений.
- Устранены расхождения между контурами крупномасштабных гравиметрических работ на основной карте и в схемах зарамочного оформления.
- Геолого-геофизический разрез доработан: добавлены цветовые шкалы, поясняющие подписи ко всем моделям, а также обеспечена визуальная и смысловая взаимосвязь между представленными моделями для исключения эффекта разрозненности.

Вышеперечисленные недочеты и замечания не умаляют значимость проделанной авторами работы.

Созданный комплект ГФО-200 по листу О-40-XXXV (Артинская площадь), с учетом сделанных замечаний, может быть представлен к рассмотрению на Геофизической секции НРС.

Эксперт - Зам. нач. отдела региональной геофизики и геофизической картографии ФГБУ «Институт Карпинского»



(Е.А. Белов)

29.08.2025

Подпись руки Е. А. Белова
 по месту работы удостоверяю
 Заведующий канцелярией
 ФГБУ «Институт Карпинского»
 « 01 » 09 20 25 г.
 Средний пр-кт В.О., д. 74, Санкт-Петербург

