

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ АНОМАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ КРЫМСКОГО РЕГИОНА И ПРИЛЕГАЮЩИХ АКВАТОРИЙ, ПОСТРОЕННОЙ ПО РЕТРОСПЕКТИВНЫМ ДАННЫМ

Е. Н. Хотенко^{*} , А. А. Брагина^{ID}, Д. А. Арутюнян^{ID}, А. Д. Шклярчук^{ID}

Институт прикладной геофизики имени академика Е. К. Федорова, г. Москва, Россия

^{*} **Контакт:** Елена Николаевна Хотенко, khotenko@ipg.geospace.ru

В статье приведены результаты работ по интерпретации цифровой модели аномального магнитного поля (АМП) Крымского региона и прилегающих акваторий, построенной по ретроспективным данным. Для интерпретации были изучены находящиеся в открытом доступе априорные данные по различным направлениям геологии и геофизики. Основным инструментом интерпретации являлось сопоставление рассчитанных высокочастотной и низкочастотной трансформант магнитного поля с априорной геолого-геофизической информацией. По результатам была построена схема тектонических структур Крымского региона, отраженных в его магнитном поле.

Ключевые слова: Аномальное магнитное поле Земли (АМПЗ), Крымский регион, глобальные модели, геология, тектоника, трансформации магнитного поля, интерпретация магнитного поля

Цитирование: Хотенко, Е. Н., А. А. Брагина, Д. А. Арутюнян, А. Д. Шклярчук

Интерпретация цифровой модели аномального магнитного поля Крымского региона и прилегающих акваторий, построенной по ретроспективным данным // Russian Journal of Earth Sciences. — 2025. — Т. 25. — ES3013. — DOI: 10.2205/2025es000983 — EDN: AAORWD

1. Введение

Исследования структуры магнитного поля являются весьма актуальными и информативными с точки зрения изучения строения региона. Наличие полной и точной модели аномального магнитного поля (АМП) Крымского полуострова и прилегающих к нему акваторий позволит в полной мере задействовать данные о распределении магнитных свойств в земной коре для решения различных научных и прикладных задач.

В ранних работах была проведена оценка доступности и качества ретроспективных данных о магнитном поле [Хотенко и др., 2023a,b]. Было установлено, что в фондах отсутствуют цифровые материалы по АМП Крымского региона и прилегающей акватории.

По данным имеющихся печатных картографических материалов построена цифровая модель компоненты ΔT_a аномального магнитного поля Земли (АМПЗ) исследуемой территории и проведено её сравнение с мировой моделью магнитного поля EMAG2v3 [Хотенко и др., 2024]. Для построения модели было использовано 16 карт масштабами 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:200 000 и 1:500 000 с 1971 по 1979 год. При наложении участков приоритет отдавался более поздним материалам или материалам с большим числом опорных объектов для привязки (что обеспечивало более высокое качество привязки).

По построенной модели можно уточнить информацию о тектонической структуре региона, геодинамических процессах и других интересующих геологических аспектах.

В работе проведена качественная интерпретация полученной цифровой модели АМПЗ. Под качественной интерпретацией подразумевается анализ поля с целью его

<https://elibrary.ru/AAORWD>

Получено: 12 сентября 2024 г.

Принято: 21 января 2025 г.

Опубликовано: 18 июня 2025 г.



© 2025. Коллектив авторов.

описания и районирования, определения природы объектов, образующих аномалии. Главными методами качественной интерпретации являются расчёт трансформаций поля и их визуальный анализ.

Процесс интерпретации состоит из следующих шагов:

1. Сбор априорной информации, включающей материалы по геологии, тектонике, геодинамике и другим смежным направлениям, позволяющим сделать предположения о происхождении объектов, образующих аномалии.
2. Работа с цифровой моделью АМПЗ. Подбор и расчёт различных информативных трансформант для более детального анализа поля.
3. Сопоставление различных компонент модели с тектоническим строением, поиск закономерностей, выделение структур, уточнение границ. Выделение локальных аномалий, формулирование выводов об их возможном происхождении.

2. Анализ априорной геолого-геофизической информации

В качестве основы для априорной информации были взяты имеющиеся в открытом доступе геолого-геофизические материалы по территории Крымского региона и прилегающих акваторий, сформированные и обобщенные по данным бурения, геофизических исследований (преимущественно сейсморазведки и гравиразведки), палеомагнитологии и др.

2.1. Геология и тектоника Крымского региона

Крым является частью Средиземноморского складчатого пояса. Полуостров разделен на две крупные тектонические зоны: горную и равнинную, которые резко отличаются друг от друга по степени деформированности и составу слагающих их геологических формаций. Строение Крыма отражает сложную историю его геологического развития на границе платформы и орогенного пояса. При интерпретации необходимо учесть наличие коллизионных швов, разломов, проявлений магматизма и других тектонических особенностей региона.

При анализе были подробно изучены различные тектонические схемы Крымского полуострова: тектоническое районирование Крыма [Юдин, 2013], схема соотношения раннекембрийских прогибов, структур доверхнепалеозойского основания и альпийских поднятий [Плахотный, 1990] и другие (рис. 1). А также геологическая карта (рис. 2).

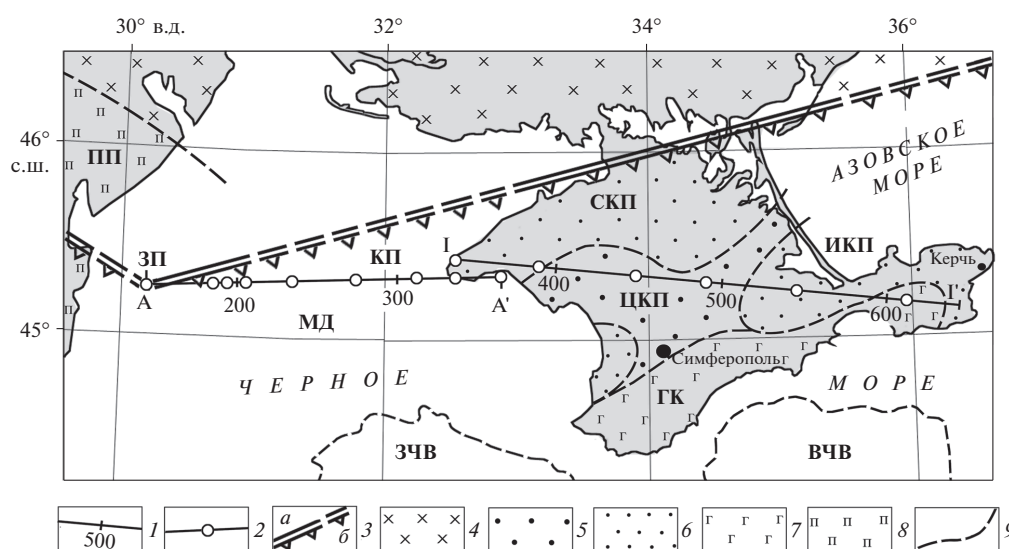
Горная область, занимающая южную часть Крыма, образована Крымским мегантиклинорием. Для этой области характерны многочисленные разрывные нарушения, мозаичное распределение фаций разного генезиса. Равнинная часть Крыма выстроена мезозойскими и кайнозойскими платформенными отложениями. Здесь структура осложнена региональными надвигами, которые расчленяют её на ряд широтно вытянутых тектонических пластин, смятых в линейные и куполовидные складки [Казанцев, 1982].

Согласно результатам буровых и геолого-геофизических исследований, под осадочным чехлом Крымского полуострова обнаруживается фундамент, представленный сложноскладчатыми и интенсивно метаморфизованными образованиями. Этот фундамент характеризуется различными комплексами в северной и южной частях Крыма. На севере фундамент сложен кристаллическими породами архея и нижнего протерозоя, отличающимися большей магнитной восприимчивостью. На юге в фундаменте присутствуют практически немагнитные комплексы верхнего протерозоя и палеозоя. Однако следует учитывать, что немагнитными также являются широко распространенные почти на всей территории Крыма шельфовые осадки [Казанцев, 1982].

На полуострове широко распространены проявления магматических процессов среднеюрского возраста, большая часть из которых скрыта под осадочным чехлом. В работах Ю. В. Казанцева [Казанцев, 1982] интерпретировалась структурная позиция магматических образований Горного Крыма. Считалось, что эти магматические тела были приурочены к глубинным разломам, вдоль которых они формировались на месте. Однако, было установлено, что магматические тела имеют сорванные контакты



(а)



(б)

Рис. 1. (а) Фрагмент схемы тектонического строения Черного моря (с использованием материалов И. Ф. Глумова, А. М. Никишина, 2014) [Суслова и др., 2020]; (б) основные геоструктуры Крымско-Черноморского региона [Вольфман и Колесникова, 2020]. ГК – Горный Крым; МД – Михайловская депрессия; прогибы: ПП – Преддобруджский, ИКП – Индо-Кубанский; КП – Каркинитский, СКП – Северо-Крымский; поднятия: ЗП – Змеиноостровское, ЦКП – Центрально-Крымское; глубоководные котловины: ЗЧВ – Западно-Черноморская, ВЧВ – Восточно-Черноморская. 1 – фрагменты сводного профиля DOBRE-5 и расстояние от его начала: I–I' – в пределах Крыма, А–А' – в пределах акватории Черного моря (ранее отработанный профиль ГСЗ-26); 2 – пункты взрывов на профиле; 3 – граница Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты: а – установленная, б – предполагаемая; 4 – Причерноморский склон Восточно-Европейской платформы; 5 – выступы основания Скифской плиты; 6 – наложенные альпийские прогибы; 7 – Горно-Крымское сооружение и его периклинальное замыкание; 8 – палеозойско-мезозойские комплексы Преддобруджского прогиба; 9 – границы геологических структур.

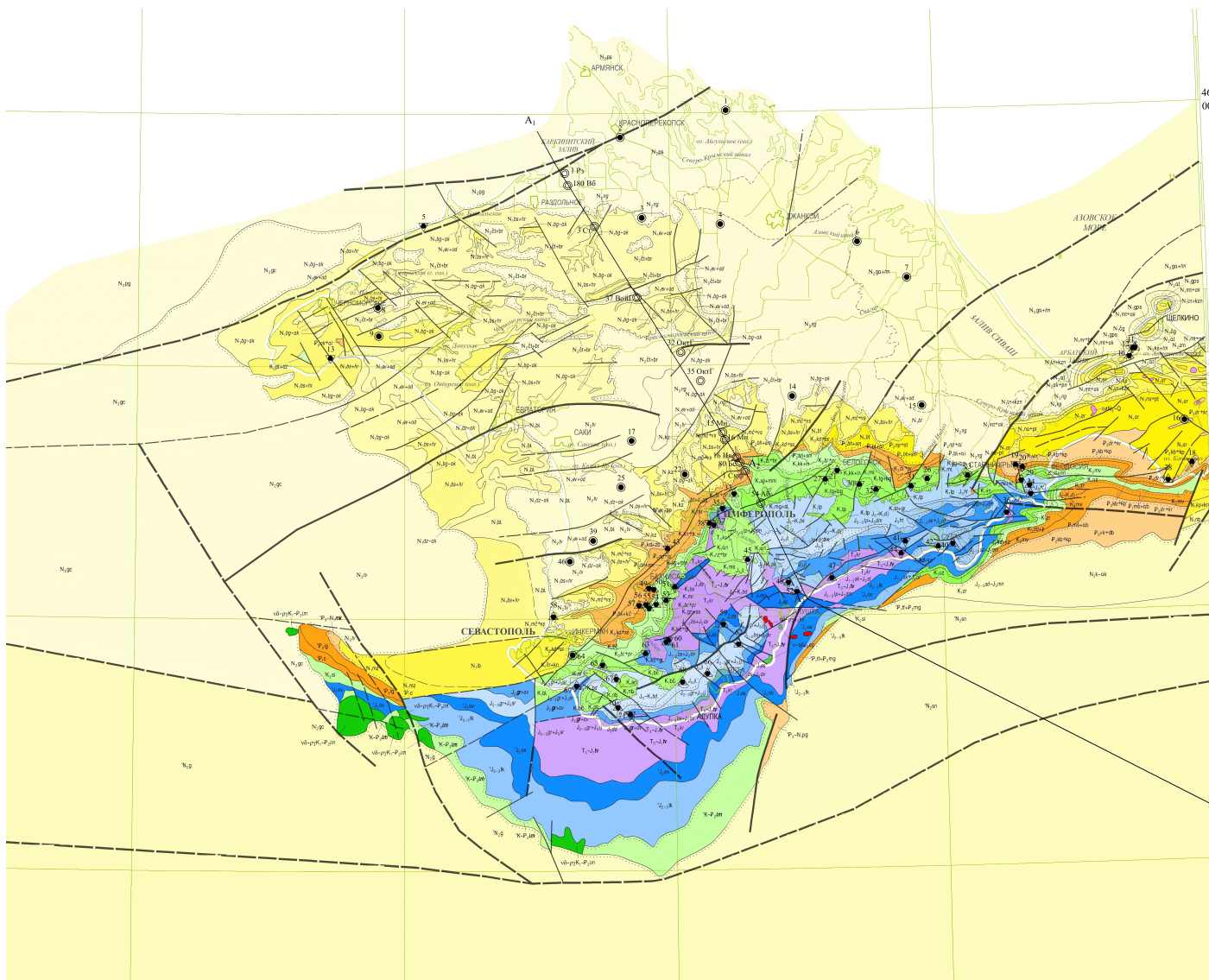


Рис. 2. Фрагмент геологической карты дочетвертичных образований Скифской серии (листы L36, K36) масштаба 1:1 000 000 [Фиколина, 2019].

и представляют собой отдельные тектонические блоки, внедренные в шарьяжные структуры [Юдин и Юдин, 2015].

Вдоль Северокрымской сутуры на севере полуострова располагается шовная зона сочленения дорифейского фундамента Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты. Северо-Западная часть территории (Тарханутский полуостров) является тектонически сложной по строению. В ней выделяется Тарханутский вал, а также множество разломов как субширотного, так и субмеридианального простирания [Пустовитенко и др., 2020]. Граница между равнинным и горным Крымом проходит вдоль Предгорной мезозойской сутуры.

К границам между крупными тектоническими текстурами приурочены прогибы – линейные отрицательные структуры, заполненные мощной толщей осадочных или вулканогенных пород, а также впадины и поднятия. На тектонических картах выделяются: Индоло-Кубанский, Каркинитский, Северо-Крымский.

Фундамент Восточно-Европейской платформы состоит из комплекса кристаллических и метаморфических пород с широким диапазоном значений магнитной восприимчивости. Метаморфизованные породы Скифской плиты практически немагнитны. Также низкую магнитную восприимчивость имеют отложения Таврической серии, распространенные в пределах Горного Крыма. В границах платформы и складчатого пояса повышенными значениями магнитной восприимчивости обладают породы дайково-

эффузивного комплекса, с которыми можно сопоставить большинство магнитных аномалий этой части региона.

В ходе анализа отмечены основные особенности геологического и тектонического строения Крыма:

1. Крымский полуостров располагается на стыке Восточно-Европейской платформы и Альпийско-Гималайского горного пояса, что обуславливает его сложное геологическое строение.
2. В тектоническом плане Крым делится на две основные структуры – Горный Крым и Равнинный Крым, разделенные Главной грядой Крымских гор.
3. Основные геологические структуры разделены зонами коллизионных швов, осложнённых разломами, краевыми прогибами.
4. В Горном Крыму широко развиты разрывные нарушения, в том числе глубинные разломы, которые контролируют размещение магматических и гидротермальных образований.
5. Широко распространены проявления магматизма – интрузии, скрытые меловыми и палеогеновыми отложениями в равнинных областях и обнажаемые в зонах активной тектонической деятельности.

2.2. Геофизические поля

Изучение территории Крымского полуострова геофизическими методами началось в середине прошлого века и первоначально сопровождалось гравиразведочными и магниторазведочными работами разного масштаба. Осуществлялись детальные сейсморазведочные и геоэлектрические работы, активно проводилось бурение скважин.

Одними из последних работ являются исследования региональных магматических структур методами электроразведки в 2013–2019 гг. [Десятов и др., 2019]. По профилю Ялта-Новоселовка был построен глубинный геоэлектрический разрез, на котором выделены Предгорная сутура и локальное проводящее тело, которое можно связать с Почтовской магнитной аномалией.

В работе Филипповича Алексея Валерьевича [Филиппович, 2022] были изучены структуры Бодракской свиты Крымского полуострова, в том числе была впервые детально рассмотрена вышеупомянутая Почтовская магнитная аномалия – наиболее проявленный в магнитном поле Крымского полуострова объект. Были задействованы материалы из работы В. А. Ентина [Ентин и др., 2010] – данные высокоточной аэромагнитной съемки масштаба 1:100 000 после процедуры осреднения в окне со стороной 24 км. А. В. Филипповичем было произведено двумерное и трехмерное магнитное моделирование Почтовской магнитной аномалии.

В работе А. И. Котляра [Котляр, 1979] приводится подробный анализ аномального магнитного поля Крымского региона, дополненный геологической привязкой. Рассматривается как региональная составляющая поля, так и локальная. Происхождение локальных аномалий связывается с эффузивными магматическими породами, природа региональной компоненты поля остается до конца неясной. Автором выдвигается предположение о взаимосвязи региональных аномалий с магматическими и осадочно-вулканогенными формациями с поверхностной части докембрийского фундамента. Предположение подтверждается комплексным анализом данных сейсморазведки и магниторазведки.

Также выделены предполагаемые разломные зоны. А. И. Котляр также связывает некоторые характерные вытянутые магнитные аномалии с Криворожско-Кременчугским трогом, который протягивается с севера через Крым вплоть до Кавказа. Позже была сформулирована другая точка зрения [Казанцев, 1982], утверждающая, что отождествлять проявления магматизма, выраженные в магнитном поле в виде протяжённой системы изометричных аномалий с Криворожско-Кременчугским трогом не представляется верным. Исходя из этого отмечается необходимость более детального изучения происхождения магнитных аномалий, сформированных вследствие вулканической деятельности.

Для интерпретации дополнительно задействованы: рельеф поверхности суши и дна моря [GEBCO, 2024], а также аномальное гравитационное поле в редукции Буге [BGI, 2012].

3. Анализ и интерпретация АМП Крымского полуострова и прилегающих акваторий

Начальным этапом интерпретации является анализ исходного магнитного поля. Это необходимо для общей оценки вклада региональной и локальной составляющей, выделения размера и интенсивности характерных аномалий.

Первым шагом была произведена редукция магнитного поля к полюсу. Значение магнитного склонения D было выбрано $7,54^\circ$, магнитного наклонения $I - 63,6^\circ$. Карты исходного АМПЗ и пересчитанного к полюсу представлены на рис. 3. Для реализации пересчета было использовано ПО Geosoft Oasis Montaj. При дальнейшей интерпретации будет использована модель, пересчитанная к магнитному полюсу.

Расчёт трансформаций является одним из наиболее распространенных методов разделения полей. Суть методов заключается в математическом преобразовании исходного поля с целью выделения из него различных компонент – региональной, локальной и т.д. Несмотря на то, что такое разделение на компоненты носит формальный характер и не обязательно отражает истинные структуры, правильный выбор параметров трансформации может позволить получить компоненты поля, наилучшим образом отражающие реальные геологические структуры. Для дальнейшей интерпретации произведен расчёт некоторых информативных трансформант АМП (рис. 4) и поля силы тяжести Крымского полуострова и прилегающих акваторий:

- низкочастотный фильтр Баттерворта с параметрами фильтра 50 км для районирования региональной составляющей АМПЗ, которая может характеризовать глубинные структуры;
- высокочастотный фильтр Баттерворта с параметрами фильтра 30 км применен для прослеживания локальных аномалий, соответствующих разломам, проявлениям магматизма или другим структурам.

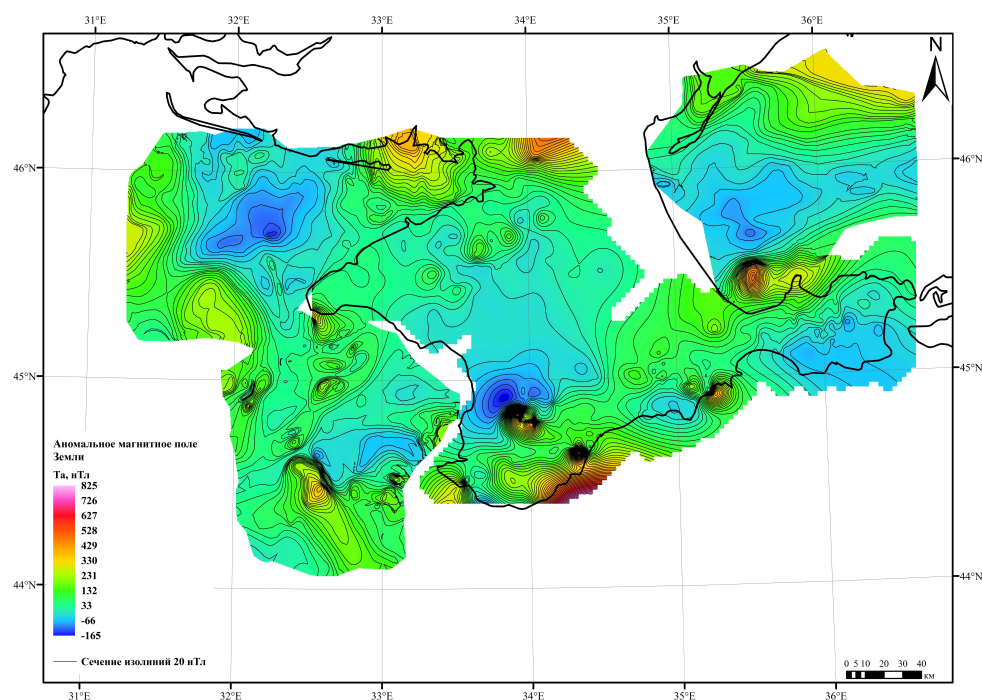
Анализ полученной региональной компоненты поля позволяет сделать выводы о некоторых особенностях рельефа кристаллического фундамента, выделить области прогибов, впадин и поднятий. По априорным данным, кристаллический фундамент, представленный гнейсовыми породами архея, в этой области равномерно погружается в юго-восточном направлении сначала до глубин 3–3,5 км, затем до 10–15 км [Юдин, 2013]. Это проявляется в затухании аномалий и понижении горизонтального градиента поля в данном направлении. В работе Гуревич и др. [1969] утверждается, что фундамент Скифской плиты представлен герцинскими образованиями малой магнитной восприимчивости, что действительно отражается в наблюдаемом магнитном поле.

Выделение наиболее крупных тектонических структур произведено по региональной компоненте путем анализа характера поля, а также его сопоставления с тектоническими схемами и с полем силы тяжести в редукции Буге. По изолиниям магнитного поля отмечено положение границы между Причерноморским склоном ВЕП и Скифской плитой, проведена граница между Скифской плитой и горным Крымом. Границы крупной вытянутой положительной аномалии в восточной части полуострова сопоставляются с положением Индоло-Кубанского краевого прогиба.

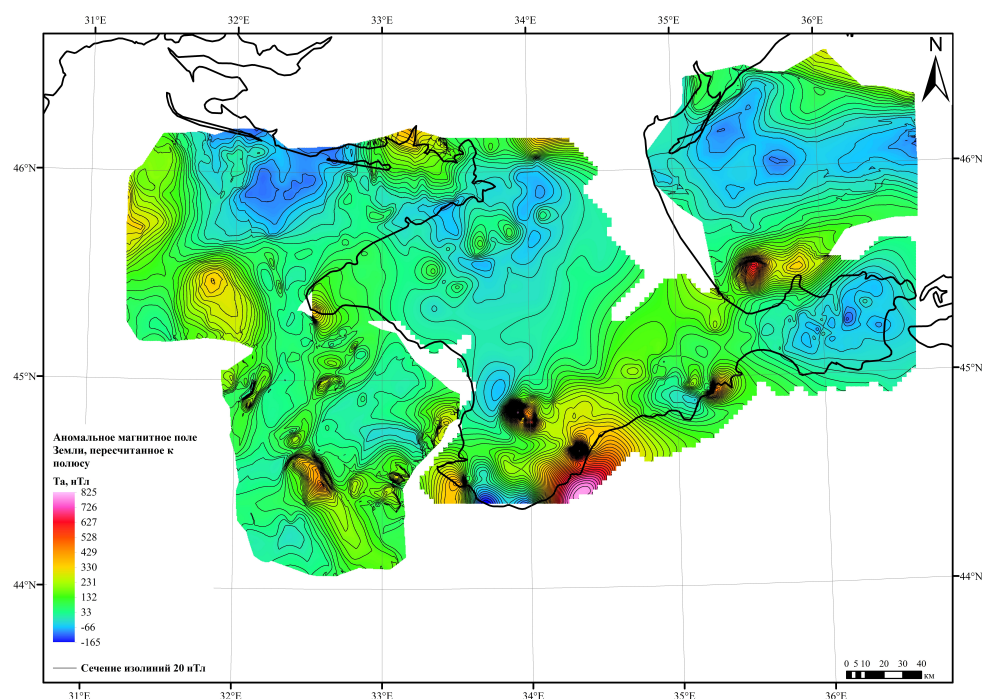
Районирование областей с отсутствующими значениями магнитного поля проведено с опорой на модель EMAG2v3 [Meyer et al., 2017]. В частности, граница между Восточно-Европейской платформой и Скифской плитой проведена по смене характера поля: наблюдается повышение горизонтального градиента, слабо возмущённое магнитное поле сменяется системой крупных аномалий.

Границы Горного Крыма проведены с опорой на имеющуюся априорную информацию. Выделенная зона сопоставляется с протяженным на восток Крымско-Кавказским орогеном (рис. 1a).

Для выделения структур второго порядка задействованы исходное магнитное поле и его региональная компонента.



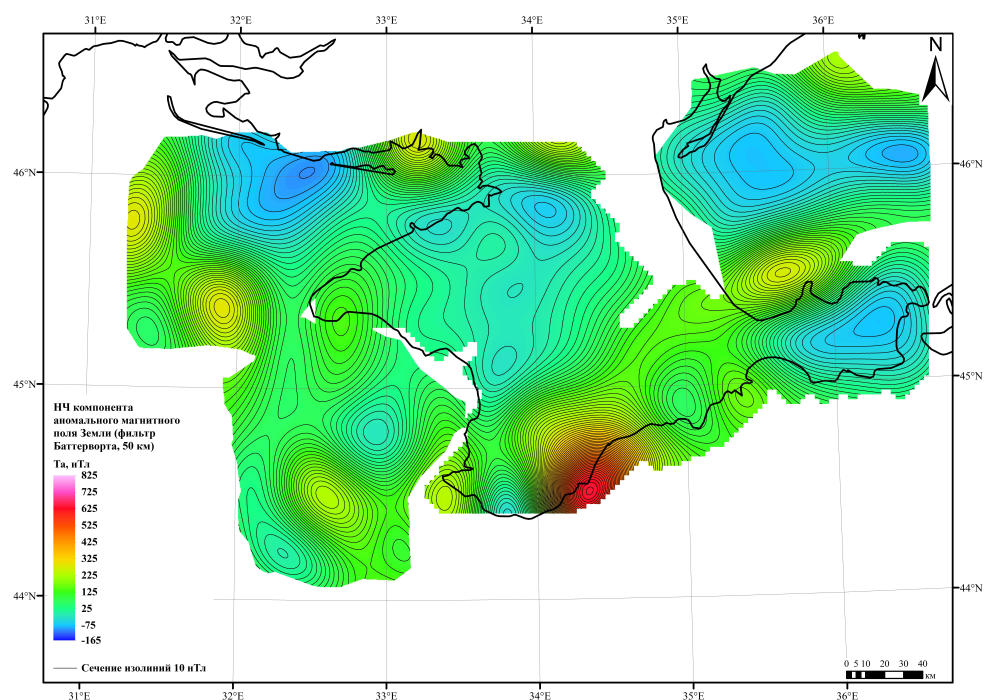
(a)



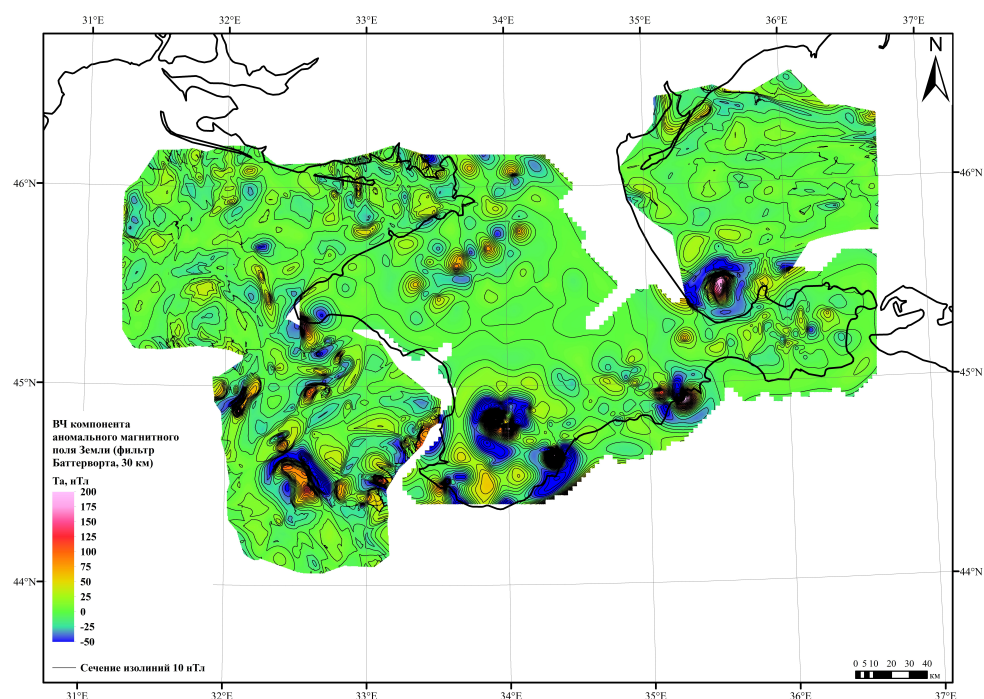
(б)

Рис. 3. Аномальное магнитное поле ΔT_a Крымского региона, построенное по ретроспективным данным: (а) исходное и (б) пересчитанное к магнитному полюсу.

Центральная часть полуострова имеет более спокойный характер, низкий градиент, перепад значений до 30 нТл. К окраинам градиент поля повышается, что может свидетельствовать о крупном региональном поднятии фундамента в выделяемой области. В юго-западной части полуострова с продолжением в акваторию выделяется область перегиба изолиний, отождествляемая с Альминской впадиной. Северная часть полуострова осложнена системой из множества локальных аномалий, поле становится более неравномерным. Сочленение Скифской плиты и Восточно-Европейской платформы –



(а)



(б)

Рис. 4. Региональная (а) и локальная (б) компоненты аномального магнитного поля ΔT_a Крымского региона.

прогиб, является тектонически ослабленной зоной и характеризуется проявлениями магматических и разломных структур, что и отражается в аномальном магнитном поле. Керченский полуостров резко выделяется сильным понижением значений, а также наличием большого количества небольших (до 10 км) локальных малоамплитудных аномалий.

В Каркинитском заливе выделена крупная аномалия, являющаяся продолжением Северокрымского прогиба. Ширина аномалии около 75 км, амплитуда до -100 нТл. Выделяется Каламитско-Новоселовская система поднятий – область низких значений поля, продолжающая Центральный Крым и осложненная вытянутыми аномалиями. На востоке, в акватории Азовского моря, наблюдается вытянутая отрицательная аномалия шириной 50–70 км, значениями до -80 нТл, сопоставляемая с Азовским валом.

В области складчатого сооружения Горного Крыма наблюдается разделение на зоны повышенных (до 500–600 нТл) и пониженных (до 70 нТл) значений магнитного поля. В соответствии с изученными тектоническими схемами [Муратов, 1960] выделены следующие блоки: антиклинорий Горного Крыма, Восточный и Юго-западный синклинии. Для более детального уточнения морфологии структур помимо анализа потенциальных полей необходимо включать в анализ сейсмические материалы.

При анализе локальной компоненты были выделены тектонические нарушения, а также приуроченные к ним области проявления магматизма.

Итоговая схема (рис. 5) составлена с опорой на большое количество априорных материалов, большая часть тектонических структур находит явное отражение в изучаемом аномальном магнитном поле. При том, что Крымский регион является очень сложным для изучения с геологической точки зрения, магнитное поле достаточно качественно характеризует его строение.

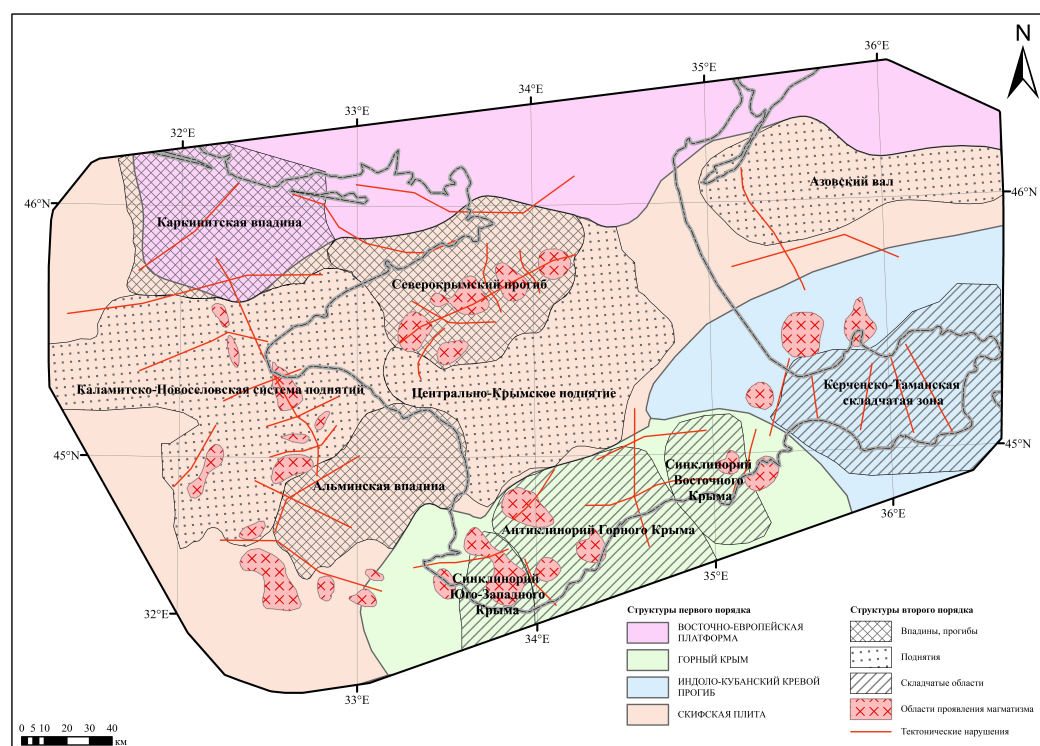


Рис. 5. Схема интерпретации ΔT_a аномального магнитного поля Крымского региона.

4. Практическое применение результатов интерпретации и методические рекомендации для дальнейших работ

Результаты интерпретации аномального магнитного поля Крымского полуострова и прилегающих акваторий являются ключевыми для проведения следующих видов работ и научных исследований:

1. Геологическая разведка и картирование. Использовать данные магнитной съемки для выявления границ и структуры геологических тел.
2. Тектонические исследования. Анализировать аномалии магнитного поля для выявления разломных зон, определения их ориентировки и уровня активности.

Делать выводы о возможности развития эндогенных (магматизм, метаморфизм, землетрясения и др.) процессов, которые будут более распространены в зонах коллизионных швов.

3. Инженерная геология и геоэкология. Использовать данные интерпретации при инженерно-геологических изысканиях.
4. Навигация и ориентирование. Применять данные о магнитном поле Земли для навигации беспилотных и автономных систем, таких как дроны, роботы и морские суда. Разрабатывать методы навигации, основанные на измерениях локального магнитного поля, для районов с недостаточным покрытием спутниковыми системами.

Полученная цифровая модель аномального магнитного поля может быть использована для двухмерного и трехмерного моделирования региональных структур, построения объемной модели распределения магнитных свойств.

В качестве методических рекомендаций для дальнейшего усовершенствования цифровой модели предлагаются следующие действия:

1. Проведение более детальных аэромагнитных съемок в областях повышенной тектонической активности, выделенных по результатам проведенной интерпретации – вдоль границ между глобальными структурами, в областях, где зафиксированы локальные магнитные аномалии и в зонах предполагаемых разломов.
2. Проведение морских или аэромагнитных съемок в акваториях Черного и Азовского морей. Данные по акваториям в некоторых областях отсутствуют, покрытие цифровой модели неравномерное, что затрудняет интерпретацию и может отразиться на будущих результатах.

5. Заключение

По итогам работы была проведена интерпретация цифровой модели аномального магнитного поля Крымского полуострова и прилегающих акваторий, построенной по ретроспективным данным. Сопоставление различных трансформант модели с априорной геолого-геофизической информацией позволило выделить в магнитном поле структурные элементы, такие как: границы между крупными тектоническими структурами, разломы, а также локальные магнитные аномалии предположительно магматического (интрузивного) происхождения.

Цифровая модель должного качества позволила более подробно и точно произвести анализ поля. Выделить локальные аномалии, которые невозможно выделить по существующим цифровым моделям, уточнить границы глубинных структур за счет процедур фильтрации и более удобной визуализации. Для дальнейшего усовершенствования модели необходимо рассмотреть возможность проведения дополнительных съемок, обеспечивающих покрытие высокоточными данными всей территории, в том числе северо-восточной части полуострова, района Севастополя и дальних акваторий.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №23-29-00311, <https://rscf.ru/project/23-29-00311/> «Исследование аномального магнитного поля Крымского региона и прилегающих акваторий по ретроспективным данным геофизических съемок».

Список литературы

- Вольфман Ю. М., Колесникова Е. Я. Разрывные структуры зоны сочленения Восточно-Европейской платформы и Крымского сегмента Скифской плиты в сечении профиля ГСЗ DOBRE-5 // Геотектоника. — 2020. — № 6. — С. 39–58. — DOI: [10.31857/S0016853X20060144](https://doi.org/10.31857/S0016853X20060144).
- Гуревич Б. Л., Гончарова Т. А., Бураковский В. Е. и др. Краткая характеристика результатов геофизических исследований // Геология СССР. Том 8. Крым. Часть 1. Геологическое описание. — Москва : Недра, 1969. — С. 406–412.
- Десятов Д. О., Пушкарев П. Ю., Рокитянский И. И. и др. Магнитотеллурические зондирования на профиле Ялта-Новоселовка в Крыму // Геофизика. — 2019. — № 1. — С. 13–20. — EDN: [ZBPQTZ](https://www.edn.ru/ZBPQTZ).

- Ентин В. А., Гинтов О. Б., Гуськов С. И. Еще раз о природе Крымской гравитационной аномалии // Геофизический журнал. — 2010. — Т. 32, № 6. — С. 119–134. — EDN: [ZRSZJZ](#).
- Казанцев Ю. В. Тектоника Крыма. — Наука, 1982. — 112 с.
- Котляр А. И. Некоторые особенности глубинной тектоники Крыма (по данным магниторазведки) // Геологический журнал. — 1979. — Т. 39, № 3. — С. 105–110.
- Муратов М. В. Краткий очерк геологического строения Крымского полуострова. — Москва : Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1960. — 217 с.
- Плахотный Л. Г. Раннекембрийские структуры Крыма и их соотношение с альпийскими и докембрийскими // Геотектоника. — 1990. — № 2. — С. 54–62.
- Пустовитенко Б. Г., Кульчицкий В. Е., Сухорученко С. К. и др. Организация и первые результаты сейсмических наблюдений в северо-западной части территории Крыма // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. — 2020. — Т. 6, № 4. — С. 144–169. — EDN: [XTTWEE](#).
- Суслова А. А., Ступакова А. В., Коротков С. Б. и др. Нефтегазоносные бассейны шельфа России // Деловой журнал Neftegaz.RU. — 2020. — 1(97). — С. 52–64. — EDN: [KJQFKN](#).
- Фиколина Л. А. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. Третье поколение. Геологическая карта дочетвертичных образований. Скифская серия. — Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2019.
- Филипович А. В. Физико-геологическое моделирование структур бодракской свиты с учетом палеомагнитных данных: диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. — МГУ, 2022. — EDN: [FCPYRX](#).
- Хотенко Е. Н., Арутюнян Д. А., Вишняков Д. Д. и др. Оценка изученности аномального магнитного поля Крымского региона и прилегающих акваторий // Гелиогеофизические исследования. — 2023а. — № 38. — С. 30–39. — DOI: [10.5425/2304-7380_2022_38_30](#). — EDN: [RDNCCF](#).
- Хотенко Е. Н., Арутюнян Д. А., Шклярук А. Д. и др. Оценка качества магнитометрической информации крымского региона и прилегающих акваторий по материалам ФГБУ «Росгеолфонд» // Гелиогеофизические исследования. — 2023б. — № 41. — С. 34–41. — DOI: [10.5425/2304-7380_2023_41_34](#). — EDN: [RNAVVY](#).
- Хотенко Е. Н., Брагина А. А., Арутюнян Д. А. и др. Построение цифровой модели аномального магнитного поля Крымского региона и прилегающей акватории по ретроспективным данным // Гелиогеофизические исследования. — 2024. — № 43. — С. 15–25. — EDN: [GOJITV](#).
- Юдин В. В. Геология и геодинамика Тарханкутского полуострова // Азово-Черноморский полигон изучения геодинамики и флюидодинамики формирования месторождений нефти и газа. — ГПНТБ России, 2013. — С. 107–121.
- Юдин В. В., Юдин С. В. Становление мобилизма в Крыму // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов Академия наук Республики Башкортостан. — 2015. — № 21. — С. 16–22.
- BGI. WGM2012 Earth gravity model (BGI). — 2012. — URL: <https://bgi.obs-mip.fr/grids-and-models-2/> (visited on 09/12/2024).
- GEBCO. Global ocean & land terrain models. — 2024. — URL: https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/ (visited on 09/12/2024).
- Meyer B., Saltus R., Chulliat A. EMAG2v3: Earth Magnetic Anomaly Grid (2-arc-minute resolution). Version 3. — NOAA National Centers for Environmental Information, 2017. — DOI: [10.7289/V5H70CVX](#).

INTERPRETATION OF A DIGITAL MODEL OF THE ANOMALOUS MAGNETIC FIELD OF THE CRIMEAN REGION AND ADJACENT WATERS, BASED ON RETROSPECTIVE DATA

E. N. Khotenko^{*} , A. A. Bragina^{ib} , D. A. Arutyunyan^{ib} , and A. D. Shklyaruk^{ib} 

Institute of Applied Geophysics named after Academician E. K. Fedorov, Moscow, Russia

****Correspondence to:** Stanislav Myslenkov, stasocean@gmail.com

The article presents the results of work on the interpretation of a digital model of the anomalous magnetic field (AMF) of the Crimean region and adjacent waters, based on retrospective data. For interpretation, a priori data in various fields of geology and geophysics were studied in the public domain. The main interpretation tool was the comparison of the calculated high-frequency and low-frequency magnetic field transformants with a priori geological and geophysical information. Based on the results, a scheme of the tectonic structures of the Crimean region reflected in its magnetic field was constructed.

Keywords: Anomalous magnetic field of the Earth (AMFE), Crimean region, global models, geology, tectonics, magnetic field transformations, interpretation of the magnetic field

Received: September 12, 2024

Accepted: January 21, 2025

Published: June 18, 2025



© 2025. The Authors.

Citation: Khotenko, E. N., A. A. Bragina, D. A. Arutyunyan, and A. D. Shklyaruk (2025), Interpretation of a Digital Model of the Anomalous Magnetic Field of the Crimean Region and Adjacent Waters, Based on Retrospective Data, *Russian Journal of Earth Sciences*, 25, ES3013, <https://doi.org/10.2205/2025ES000983>, EDN: AAORWD

References

- Filippovich A. V. Physical and geological modeling of the structures of the Bodrak suite taking into account paleomagnetic data: dissertation for the degree of candidate of geological and mineralogical sciences. — Moscow State University, 2022. — EDN: [FCPYRX](#) ; ([inlang](#) pyc.).
- BGI. WGM2012 Earth gravity model (BGI). — 2012. — (visited on 12/09/2024). <https://bgi.obs-mip.fr/grids-and-models-2/>.
- Desyatov D. O., Pushkarev P. Yu., Rokityansky I. I., et al. Magnetotelluric soundings on Yalta - Novosyolovka profile in Crimea // *Journal of Geophysics*. — 2019. — No. 1. — P. 13–20. — EDN: [ZBPQTZ](#) ; (in Russian).
- Entin V. A., Gintov O. B., Guskov S. I. Once again about the nature of the Crimean gravity anomaly // *Geophysical Journal*. — 2010. — Vol. 32, no. 6. — P. 119–134. — EDN: [ZRSZJZ](#) ; (in Russian).
- Fikolina L. A. State Geological Map of the Russian Federation, scale 1:1,000,000. Third generation. Geological map of pre-Quaternary formations. Scythian series. — Cartographic factory VSEGEI, 2019. — (In Russian).
- GEBCO. Global ocean & land terrain models. — 2024. — (visited on 12/09/2024). https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/.
- Gurevich B. L., Goncharova T. A., Burakovsky V. E., et al. Brief description of the results of geophysical research // *Geology of the USSR. Volume 8. Crimea. Part 1. Geological description*. — Moscow : Nedra, 1969. — P. 406–412. — (In Russian).
- Kazantsev Yu. V. *Tectonics of Crimea*. — Nauka, 1982. — P. 112. — (In Russian).
- Khotenko E. N., Arutyunyan D. A., Shklyaruk A. D., et al. Assessment of the quality of magnetometric information of the Crimea region and adjacent water areas according to materials of FSBI “Rosgeolfond” // *Heliogeophysical Research*. — 2023a. — No. 41. — P. 34–41. — DOI: [10.5425/2304-7380_2023_41_34](#). — EDN: [RNAYVY](#) ; (in Russian).
- Khotenko E. N., Arutyunyan D. A., Vishnyakov D. D., et al. Estimation of knowledge of the anomalous magnetic field of the Earth of the Crimean region and adjacent water areas // *Heliogeophysical Research*. — 2023b. — No. 38. — P. 30–39. — DOI: [10.5425/2304-7380_2022_38_30](#). — EDN: [RDNCCF](#) ; (in Russian).

- Khotenko E. N., Bragina A. A., Arutyunyan D. A., et al. Construction of a digital model of the anomalous magnetic field of the Crimean region and the adjacent water area based on retrospective data // *Heliogeophysical Research*. — 2024. — No. 43. — P. 15–25. — EDN: [GOJITV](#) ; (in Russian).
- Kotlyar A. I. Some Features of Deep Tectonics of Crimea (Based on Magnetic Prospecting Data // *Geologicheskii zhurnal*. — 1979. — Vol. 39, no. 3. — P. 105–110. — (In Russian).
- Meyer B., Saltus R., Chulliat A. EMAG2v3: Earth Magnetic Anomaly Grid (2-arc-minute resolution). Version 3. — NOAA National Centers for Environmental Information, 2017. — DOI: [10.7289/V5H70CVX](#).
- Muratov M. V. A brief outline of the geological structure of the Crimean Peninsula. — Moscow : State Scientific, Technical Publishing House of Literature on Geology, Subsoil Protection, 1960. — 217 p. — (In Russian).
- Plakhotny L. G. Early Cimmerian structures of Crimea and their relationship with the Alpine and Precambrian // *Geotektonika*. — 1990. — No. 2. — P. 54–62. — (In Russian).
- Pustovitlenko B. G., Kulchitsky V. E., Sukhoruchenko S. K., et al. Organization and first results of seismic observations in the Northwestern part of the Crimea territory // *Scientific Notes of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Geography. Geology*. — 2020. — Vol. 6, no. 4. — P. 144–169. — EDN: [XTTWEE](#) ; (in Russian).
- Suslova A. A., Stupakova A. V., Korotkov S. B., et al. Oil and gas basins of the Russian shelf // *Business journal Neftegaz.RU*. — 2020. — 1(97). — P. 52–64. — EDN: [KJQFKN](#) ; (in Russian).
- Wolfman Yu. M., Kolesnikova E. Ya. Discontinuous fault structures in the junction zone of the East European platform and the Crimean segment of the Scythian plate along the DOBRE-5 DSS profile // *Geotektonika*. — 2020. — No. 6. — P. 39–58. — DOI: [10.31857/S0016853X20060144](#). — (In Russian).
- Yudin V. V. Geology and geodynamics of the Tarkhankut Peninsula // *Azov-Black Sea polygon for studying geodynamics and fluid dynamics of oil and gas deposit formation*. — GPNTB of Russia, 2013. — P. 107–121. — (In Russian).
- Yudin V. V., Yudin S. V. Formation of mobilism in Crimea // *Geology. News of the Department of Earth Sciences and Natural Resources of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan*. — 2015. — No. 21. — P. 16–22. — (In Russian).