

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ
(РОСНЕДРА)

ФГБУ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ МИРОВОГО ОКЕАНА
ИМ. АКАДЕМИКА И. С. ГРАМБЕРГА»
(ФГБУ «ВНИИОКЕАНГЕОЛОГИЯ»)

Конференция

«ОСВОЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ МИРОВОГО ОКЕАНА»

Сборник тезисов

17–19 июня 2024 года



ФГБУ «ВНИИОкеангеология»
Санкт-Петербург
2024



УДК 551.35+553(063)

Конференция «Освоение минеральных ресурсов Мирового океана»: сборник тезисов. Санкт-Петербург, 17–19 июня 2024 года. — СПб.: ВНИИОкеангеология, 2024. — 81 с.

ISBN 978-5-88994-134-7

Современные вызовы, связанные с истощением континентальных месторождений и повышением спроса на сырье для высокотехнологичных отраслей экономики, определяют необходимость выявления новых источников минерального сырья. Глубоководные полезные ископаемые, содержащие стратегически важные компоненты, рассматриваются в качестве дополнительного ресурса цветных, редких и редкоземельных элементов. Рациональное и экологически безопасное освоение океанских полезных ископаемых требует тесного взаимодействия федеральных ведомств и научного сообщества.

Подготавливаемый в настоящее время Федеральный проект «Освоение минеральных ресурсов Мирового океана» призван координировать усилия в данном направлении. Для обсуждения планируемых мероприятий в ходе реализации федерального проекта в соответствии с решениями Морской коллегии и Федерального агентства по недропользованию (Роснедра) проводится конференция «Освоение минеральных ресурсов Мирового океана».

ISBN 978-5-88994-134-7

© Коллектив авторов, 2024

© ВНИИОкеангеология, 2024

СОПОСТАВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ ГЛУБОКОВОДНЫХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СУЛЬФИДНЫХ РУД И ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ МАНТИИ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ПОЛЯМ В СЕВЕРНОМ ПРИЭКВАТОРИАЛЬНОМ СЕКМЕНТЕ СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКОГО ХРЕБТА

Соколов С. Ю.¹, Бич А. С.²

¹ Геологический институт РАН, Москва, Россия

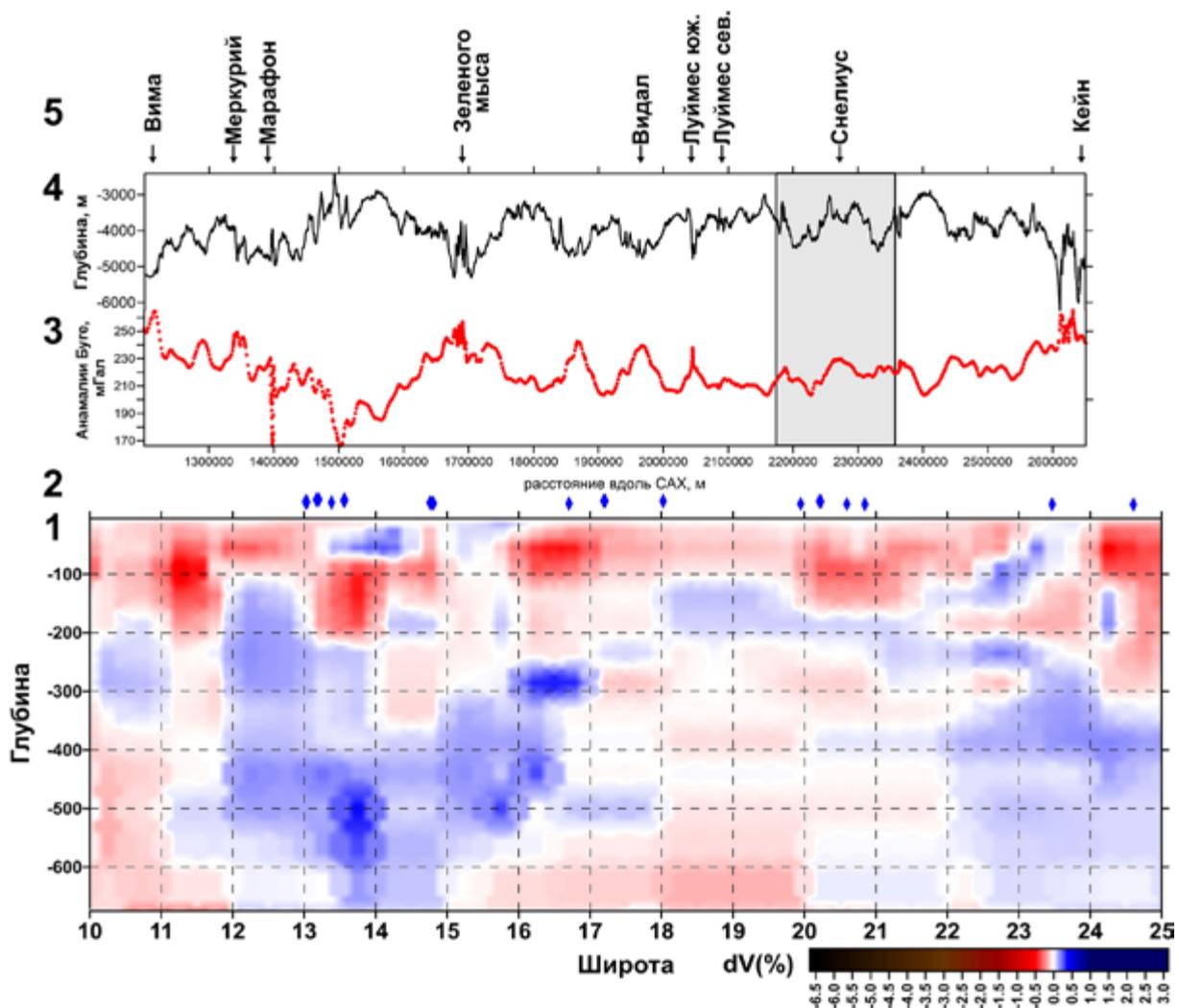
² ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия

E-mail: sysokolov@yandex.ru

Положения рудных объектов глубоководных полиметаллических сульфидов (ГПС) вдоль САХ группируются над сейсмотомаграфическими аномалиями типа «микрощуп» без глубоких корней. На разрезе сейсмотомаграфической модели UU-P07 (рис.) наблюдается распад единой осевой отрицательной аномалии δV_p на цепочку отдельных субвертикальных микрощупов в верхних ~200 км между трансформными разломами Вима и Кейн. Глубже наблюдаются холодные блоки, что типично для сегментов САХ с корой Хессовского типа. В условиях медленного спрединга при низком бюджете магмы с неглубокими магматическими очагами это может означать, что ГПС ассоциируются с определенного типа базальтами. Возможно также формирование отрицательных δV_p при серпентинизации и разуплотнении в верхней мантии. Разуплотненные блоки с меньшими скоростями сейсмических волн будут оказывать влияние на средние значения ячеек параметризации модели с размерами ~100 км. В реальности может быть реализовано оба варианта.

Геофизические характеристики аномалий Фая и Буге (см. рис.) в масштабе протяженных сегментов разреза имеют противофазное поведение и непротиворечивую, физически обоснованную интерпретацию за счет реологического состояния мантии, выявляемого по сейсмотомаграфии. Сегмент от разлома Вима до разлома Кейн расположен в области максимальных значений аномалии Буге на всем протяжении САХ, что указывает на наиболее плотные области мантии под хребтом и минимальный магматический дебет. Эта область простирается от ~7° ю.ш. до ~25° с.ш., а наибольшее количество рудных объектов выявлено в северной ее части.

Пространственно-временная структура сейсмичности вдоль САХ [1] по телесеismicким данным с магнитудой не менее 4 имеет ярко выраженные



Корреляция детальных геолого-геофизических параметров вдоль района исследований ГПС между разломами Вима и Кейн. Серым прямоугольником показан район исследований ГПС с ярко выраженными нетрансформными смещениями. Обозначения: 1 — вариации скоростей δV_r по данным модели UU-P07 [4, 6, 8]; 2 — проявления гидротермальных построек ГПС по данным [5] и данным ФГБУ «ВНИИ-Океангеология» в районе исследований; 3 — значения аномалий Буге (мГал) на сетке 1', горизонтальные координаты — UTM23; 4 — значения гравитационных аномалий в свободном воздухе (Фая) (мГал) [7] на сетке 1', горизонтальные координаты — UTM23; 5 — положение пересечение с САХ и названия основных трансформных разломов

особенности — полосы и пустоты. Интерпретация полос сейсмичности в сочетании с минимумами δV_r состоит в ее объяснении наличием дискретных по латерали зон прогретой и частично расплавленной мантии, в которых подъем вещества формирует аномальное поле δV_r и устойчивый тремор. Основные проявления полос соответствуют сегментам САХ, где превалирует низкотемпературный и малоглубинный магматизм «спредингового» типа. Интерпретация пустот сейсмичности состоит в проявлении высокопродуктивного магматизма «плюмового» типа, при котором мантия обладает пониженной вязкостью и не происходит накопления больших напряжений, а частые и слабые сейсмические события не превышают порога детекции. Для сегмента САХ между разломами Вима и Кейн характерно наиболее четко выраженное чередование пустот и полос сейсмичности

с шагом $\sim 1,5^\circ$, которое сопоставимо с обрамлением приповерхностных минимумов δV_p и областями группирования рудных объектов ГПС.

Сопоставление теплового потока с возрастом старта спрединговых процессов и значениями сейсмотомографии δV_p по сегментам САХ [2] подтверждают правильность термальной интерпретации данных сейсмотомографии. Северный приэкваториальный сегмент САХ между разломами Вима и Кейн после исключения «ураганных» гидротермальных значений теплового потока из анализа представлен невысоким средним кондуктивным значением по сравнению с сегментами с выходами плюмов.

Инверсия преобладания скоростей спрединга с восточного фланга САХ на западный в пределах 20° и 24° с.ш. попадает непосредственно к югу от разлома Кейн [3]. В пределах 50 км от геометрической оси САХ в данном сегменте по данным современной сейсмичности сформировано продолжение активной оси к западу от геометрического положения по данным рельефа. Данный сегмент САХ также ярко проявлен нетрансформными смещениями, ориентированными на юг. Это указывает на наличие локальной нестабильности в мантии, которая отражается в вариациях динамики сегментированных трансформными разломами блоков маломощной литосферы.

При использовании сейсмотомографической модели с пространственным разрешением 50–100 км в ячейку параметризации попадают и усредняются все плотностные неоднородности в пределах этого размера. Другими словами, отрицательные области δV_p могут содержать в неразделенном виде как локальные микроплюмы с прогретой и частично расплавленной мантией, так и зоны развития разуплотненной мантии, связанной с серпентинизацией. Разделить влияние этих эффектов по данным сейсмотомографии не представляется возможным.

Главной особенностью сравнения аномалий Буге и рельефа является отрицательная корреляция на всем протяжении северного приэкваториального сегмента САХ (см. рис.), за исключением района ГПС, где проявлены V-образные нетрансформные смещения. Области с локальными минимумами аномалий Буге, интерпретируемые как эффект наличия прогретой или частично расплавленной мантии, представлены более продуктивным магматизмом, что формирует на поверхности гипсометрически более приподнятый рельеф.

В районе ГПС корреляция рельефа и аномалий Буге положительная. Траектория оси САХ в данном районе была проведена вдоль области современной сейсмичности. Отклонение сейсмичности на запад от геометрического центра спрединга наблюдается в пределах района с V-образными нетрансформными смещениями.

Первый вариант интерпретации положительной корреляции заключается в наличии вдоль района ГПС ультраосновных пород и возможными вертикальными движениями

положительного знака, которые возникают как асимметричная изостатическая компенсация одного из бортов рифта при растяжении на новом месте.

Другой вариант интерпретации прямой корреляции обоснован происходящим в настоящее время перескоком оси САХ в данном сегменте и инициацией магматизма, еще недостаточного, чтобы сформировать отрицательную вариацию аномалии Буге. Прямая корреляция максимумов этих параметров может быть объяснена интенсивными выплавками с подъемом рельефа или выплавками на более приподнятом по сравнению с долиной фланге САХ, но по-прежнему не имеющими обширных мантийных очагов прогретого материала. Данный вариант интерпретации наиболее вероятен и связан с переключением функционирования активной рифтовой системы на запад, но не с появлением в оси САХ ультраосновных пород.

Список литературы

1. Соколов С. Ю., Зарайская Ю. А. Пространственно-временное сопоставление сейсмичности и изостатических аномалий вдоль Срединно-Атлантического хребта // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2019. № 4 (44). С. 51–62.
2. Соколов С. Ю., Чамов Н. П., Хуторской М. Д., Силантьев С. А. Индикаторы интенсивности геодинамических процессов вдоль Атлантико-Арктической рифтовой системы // Геодинамика и тектонофизика. 2020. Т. 11, № 2. С. 302–319.
3. Соколов С. Ю., Добролюбова К. О., Турко Н. Н. Связь поверхностных геолого-геофизических характеристик с глубинным строением Срединно-Атлантического хребта по данным сейсмотомографии // Геотектоника. 2022. № 2. С. 3–20.
4. *Amaru M.* Global travel time tomography with 3-D reference models // *Geologica Ultraiectina*. Vol. 274. Mededelingen van de Faculteit Geowetenschappen Universiteit Utrecht. 2007. Dissertation thesis. 174 p. ISBN: 978-90-5744-139-4.
5. *Beaulieu S. E., Szafranski K.* InterRidge Global Database of Active Submarine Hydrothermal Vent Fields, Version 3.4. 2020. World Wide Web electronic publication available from <http://vents-data.interridge.org>. Accessed 2023-01-17.
6. *Hall R., Spakman W.* Mantle structure and tectonic history of SE Asia // *Tectonophysics*. 2015. Vol. 658. P. 14–45.
7. *Sandwell D. T., Smith W. H. F.* Global marine gravity from retracked Geosat and ERS-1 altimetry: Ridge segmentation versus spreading rate // *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 2009. Vol. 114, N B1. P. 1–18. DOI: 10.1029/2008JB006008.
8. *Van der Meer D. G., Van Hinsbergen D. J., Spakman W.* Atlas of the underworld: Slab remnants in the mantle, their sinking history, and a new outlook on lower mantle viscosity // *Tectonophysics*. 2018. Vol. 723. P. 309–448.