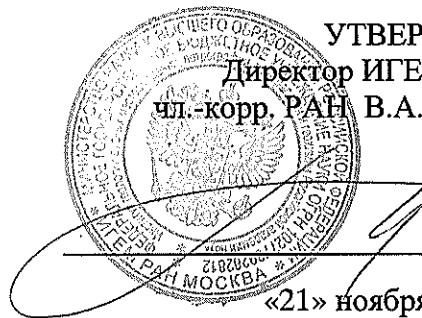


УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИГЕМ РАН,  
чл.-корр. РАН В.А. Петров



«21» ноября 2018 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН) на диссертацию Сухановой Анны Алексеевны на тему «Минералого-геохимические особенности глубоководных сульфидных руд поля Юбилейное (Российский разведочный район Срединно-Атлантического хребта)» на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

### Актуальность темы.

В последние годы в связи с наметившейся тенденцией к истощению минеральных ресурсов континентов и ужесточением экологических требований при разработке месторождений полезных ископаемых резко возрос интерес к исследованию глубоководных сульфидных месторождений. Актуальность предлагаемой тематики приобрела особую остроту в связи с утверждением российской заявки на проведение поисков и разведки полиметаллических сульфидов в районе Срединно-Атлантического хребта на семнадцатой сессии Международного Органа по Морскому Дну (МОМД) при ООН. 19 июля 2011 года Совет МОМД утвердил план работы по разведке полиметаллических сульфидов, представленный правительством Российской Федерации. Контракт на разведку полиметаллических сульфидов между МОМД и Министерством природных ресурсов и экологии РФ был заключен 29 октября 2012 года. Российский разведочный район расположен в центральной части Атлантического океана в осевой зоне Срединно-Атлантического хребта в интервале широт 12°48'36"-20°54'36" с.ш.

Неактивное рудное поле Юбилейное было открыто в 2012 г. и является первым открытым полем в рамках подписанного контракта в ходе 35-36 рейсов НИС «Профессор Логачев», исполнителями которых являлись сотрудники АО "ПМГРЭ", ФГБУ "ВНИИОкеангеология", ФГБУ "ВИМС", ФГБУ "ЦНИГРИ" и ОАО "Севморгео". Комплексный анализ минералого-геохимических особенностей сульфидных руд поля Юбилейное будет способствовать не только получению новых знаний о процессах океанического рудогенеза, но и позволит предложить критерии оценки перспективности рудных объектов (блоков) для последующего их освоения.

**Цели и задачи.** «Цель работы» сформулирована достаточно конкретно и не выходит за контуры рудного поля Юбилейное: минералого-геохимические особенности, условия формирования, перспективность освоения. Раздел «Задачи исследований» в основном сводится к повторению того, что написано в разделе «цель работы».

**Новизна исследований и полученных результатов** определяется тем, что в работе уточнен минеральный состав сульфидных руд, установлены особенности распределения основных рудных и примесных элементов (и их ассоциаций) как промышленно значимых компонентов в сульфидных рудах, установлена латеральная минералого-геохимическая зональность в контуре рудного тела, выявлены факторы, определяющие минералого-геохимические особенности сульфидных руд и позволяющие интерпретировать закономерности формирования рудных тел поля Юбилейное. По формулировке, приведенной в диссертации, новизна работы касается только гидротермального поля Юбилейное и, по-видимому, обусловлена исключительно тем, что объект ранее не изучался.

**Практическая значимость.** Полученные в ходе исследований сведения о минералого-геохимических особенностях сульфидных руд поля Юбилейное позволяют дать оценку его перспективности, необходимую при решении вопроса о первоочередности освоения объектов Российского разведочного района Срединно-Атлантического хребта.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений.** В основу работы автором положено изучение коллекции из более 100 образцов, отобранных в пределах поля Юбилейное в течение 35 и 36 рейсов НИС «Профессор Логачёв». В ходе исследований по теме диссертации автором использован ряд современных методов: рентгеноспектральный микроанализ, атомная адсорбция, ядерный магнитный резонанс. Результаты диссертационной работы опубликованы в 3 статьях в журналах из перечня ВАК. Во всех трех статьях диссертант не является первым автором. Кроме того, по теме диссертации имеется 9 публикаций в материалах совещаний и конференций.

В работе представлено три основных защищаемых положения. В первом защищаемом положении выделяются минеральные типы руд и дается их геохимическая классификация на серно-колчеданный, медно-колчеданный и цинково-колчеданный типы. Второе защищаемое положение – это информация об элементах-примесях, их ассоциациях и корреляциях с минеральными и геохимическими типами руд. Третье защищаемое положение отражает представления диссертанта об эволюции состава руд на основе их пространственного распределения. Все положения представляют собой достаточно простое осмысление полученного фактического материала, поэтому каких-либо однозначных возражений вызвать не

могут. Элемент новизны защищаемых положений, как и работы в целом, сводится исключительно к новизне исследуемого объекта.

### **Оценка содержания диссертации, её завершенность в целом (по главам).**

Диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения, содержит 137 страниц текста, включая 56 иллюстраций, 14 таблиц и список цитируемой литературы из 155 наименований.

Во введении приводится обоснование актуальности работы, новизны и практической значимости, сформулированные цель и задачи исследования, приведены сведения о фактическом материале и использованных методах, также обозначен личный вклад автора и сведения об апробации работы.

**Глава 1.** «Анализ изученности гидротермального сульфидного оруденения в пределах Российского разведочного района Срединно-Атлантического хребта» содержит обзор истории открытия современных сульфидных гидротермальных объектов в Мировом океане вообще, и в Атлантическом океане в частности. Приводятся сведения о различных геодинамических условиях формирования гидротермальных полей, перечисляются российские научные и научно-производственные организации, проводящие исследования в Мировом океане.

**Глава 2.** «Особенности геологического строения гидротермального поля Юбилейное» включает детальное описание структурного сегмента Срединно-Атлантического хребта (САХ), в пределах которого располагается исследуемое поле Юбилейное. Глава содержит геоморфологическое описание сегмента хребта, положения поля Юбилейное и Зенит-Виктория, которое также находится в этом сегменте, описание рудных тел поля Юбилейное.

**Глава 3.** «Минералогические особенности океанических сульфидных руд» включает в себя вводную часть и три раздела. В вводной части главы 3 приведены общие сведения о морфологии сульфидных построек современных гидротермальных полей, минеральном составе руд, принципе выделения типов руд по минеральному составу. В разделе 3.1 дана общая характеристика гидротермальных образований сульфидного поля Юбилейное. Раздел включает в себя описание специфики пробоотбора в ходе работ на участке поля Юбилейное, перечислены текстурные типы руд и приведен их минеральный состав, а также главные рудные минералы. Большая часть раздела посвящена описанию минеральных типов руд по станциям пробоотбора. В разделе 3.2 описан химический состав и морфологические особенности главных рудных минералов, приведены результаты исследования халькопирита методом ядерного магнитного резонанса. В разделе 3.3 – охарактеризована последовательность минералообразования. Приведено описание разных генераций сульфидных и самородных минералов и их ассоциаций, слагающих руды поля Юбилейное. На основании этих исследований предложена

последовательность минералообразования и сделаны выводы о температурах минералообразования.

**Глава 4.** «Геохимические особенности сульфидных руд» включает в себя четыре раздела: 4.1 «Геохимическая специализация сульфидных руд», 4.2 «Геохимические особенности примесных элементов», 4.3 «Особенности распределения главных рудных и примесных элементов в контуре рудного тела», 4.4. «Сравнительный анализ составов сульфидных руд поля Юбилейное с другими глубоководными объектами» и 4.5. «Континентальные колчеданные месторождения в сопоставлении с современными океаническими сульфидными рудами». Первый раздел посвящен общим вопросам выделения геохимических типов руд, второй – статистическому анализу содержаний основных рудных и сопутствующих элементов в сульфидных рудах поля Юбилейное, третий раздел – описанию зональности распределения содержаний главных рудных и примесных элементов в пределах рудного тела, четвертый – сопоставлению результатов исследований автора с данными по другим гидротермальным сульфидным объектам Мирового океан, пятый – сопоставлению современных гидротермальных сульфидных объектов с древними колчеданными месторождениями, расположенными на континентах.

**Глава 5.** «Условия формирования минеральной и геохимической зональности сульфидных руд поля Юбилейное». Раздел 5.1 «Общие вопросы формирования океанических сульфидных руд» - затронуты вопросы генезиса современных сульфидных объектов. Раздел 5.2 «Минеральная и геохимическая зональность поля Юбилейное» - приведена обобщённая характеристика выявленной в пределах поля Юбилейное зональности. Раздел 5.3 «Условия формирования зонального рудного тела поля Юбилейное» - приведена обобщённая модель формирования поля Юбилейное и сопоставление его с полем Зенит-Виктория.

В целом по структуре и содержанию диссертационная работа представляет собой завершённое исследование, которое по мнению автора требует продолжения на новом уровне с применением изотопно-геохимических, в том числе геохронологических методов.

### **Соответствие автореферата основным положениям диссертации**

Автореферат в целом соответствует тексту диссертации, отражает основные результаты и защищаемые положения. Структура автореферата, в отличие от диссертации, построена на обосновании основных защищаемых положений.

### **Замечания**

1. В разделе «Актуальность темы» приводится историческая справка об открытии «рудной минерализации в Мировом океане» в конце 70-х годов прошлого века. Можно

догадаться, что речь идет об открытии придонного сульфидно-полиметаллического рудоотложения в виде «черных курильщиков». Дальнейшее «изучение полезных ископаемых Мирового океана» охарактеризовано автором начиная с 2006 года и связано только с работами АО ПМГРЭ и ВНИИОкеангеологии. Далее приводится информация о контракте 2012 года Международного органа по морскому дну с Российской Федерацией на разведку сульфидных руд в Центральной Атлантике. Т.е. результаты исследований в период 1980-2006 г.г. по мнению автора не заслуживают внимания, как и вообще исследования, проводимые вне АО ПМГРЭ и ВНИИОкеангеологии.

2. Не раскрыта фундаментальная актуальность изучения гидротермальной активности и сопутствующего сульфидно-полиметаллического рудоотложения при формировании океанической коры.

3. «Цель работы», сформулированная автором, не выходит за контуры рудного поля Юбилейное: минералого-геохимические особенности, условия формирования, перспективность освоения. Раздел «Задачи исследований» в основном сводится к повторению того, что написано в разделе «цель работы».

4. В главе 1 полностью проигнорированы современные представления о различном структурно-геологическом контроле гидротермальных полей в медленно-спрединговых обстановках вообще и в Атлантике в частности. Например: Черкашев, 2005; Силантьев и др., 2009; deMartin et al., 2007; MacLeod et al., 2009; McCaig et al., 2007, 2010; Melchert et al., 2008; Ondreas et al., 2012.

5. Стр. 10. Утверждение о том, что океанические рудные объекты оцениваются как резервная минерально-сырьевая база меди, цинка и свинца, очень сомнительно касательно свинца.

6. Стр. 12. Странно, что о результатах работ НИС «Рисечер» (США), «Жан-Шарко» (Франция) и глубоководного бурения «Джойдес Резолюшн» (США) автор пишет со ссылкой на производственные отчеты АО ПМГРЭ, а не на первоисточники.

7. При описании размеров и запасов руды гидротермальных сульфидных полей приведена только одна ссылка на работу Hannington et al, 2010, тогда как существуют и другие публикации зарубежных и российских исследователей, фамилии которых автор приводит в этой же главе.

8. Стр. 14. Рудные поля Победа-1 и-2 открыты не в 2016, а в 2015 году.

9. В тексте Главы 1 присутствуют повторяющиеся фразы, аббревиатура ГПС не соответствует приведенному в тексте словосочетанию, рисунок 1.2 содержит вставку с названиями на английском языке.

10. Стр. 17. Первый абзац Главы 2 целиком посвящен скоростям спрединга океанической коры и не имеет прямого отношения к теме данной главы.

11. В Главе 2, посвященной геологическому строению поля, не указаны координаты этого поля. Не приводятся данные гидрохимического опробования и не рассматривается вопрос о наличии или отсутствии современной гидротермальной активности в изучаемом объекте.

12. Глава 2 пестрит ссылками главным образом на отчеты, относящиеся к фондовой литературе - Рождественская и др., 2014; Самоваров и др., 2015., тогда как в научной литературе известны публикации по этому сегменту САХ – Габлина и др., 2012; Шилов и др., 2012, Бельтнев и др., 2017.

13. Стр. 18. Непонятно, на чем основано предположение о мощном выбросе «мантийных флюидов» на противоположных флангах рифтовой долины. Хотелось бы, во-первых, уточнить состав и природу таких флюидов; а во-вторых, является ли это утверждение личным достижением автора.

14. Стр. 18 и 25. Непонятно, как представляет себе автор связь глубинной зоны магмогенерации с гидротермальными системами. Если автор считает, что гидротермальные системы уходят корнями в область мантийного плавления, то это сенсационное предположение требует хоть каких-нибудь обоснований или хотя бы пояснений.

15. Стр. 21. Формирование массива, сложенного мантийными перидотитами, объясняется одной из известных моделей (Zonenshain et al., 1989), причем далеко не самой «свежей». Стоило бы упомянуть более современные альтернативные объяснения, даже если автор с ними не согласен (Силантьев и др., 2009; MacLeod et al., 2009; Cannat et al., 2009; McCaig et al., 2010; Escartin et al., 2017; и др.).

16. Раздел, который называется «Выводы по главе 2», обоснован либо данными других авторов, на которые в тексте главы есть ссылки, либо не обоснован вообще ничем (например, вторая часть пункта 2). Т.е. это нельзя назвать «выводами». В лучшем случае это «краткое обобщение».

17. Раздел 3.1 построен неудачно – описание сульфидных руд поля Юбилейное приведено в порядке номеров станций, а не по минеральным типам, выделение которых позиционируется, как достижение автора.

18. Приведено макроскопическое описание образцов, но фотографии представлены только для одной станции в нечитаемом виде.
19. В начале раздела 3.1 автор отмечает, что в виду сложных геологических условий станции пробоотбора расположены несистемно, и контуры рудных тел четко не установлены, что ставит под сомнение закономерности локализации различных морфоструктурных типов гидротермальных образований в пределах контуров рудных тел, о которых говорится далее в разделе.
20. В разделе 3.2 неоднократно упоминаются изокубанит-халькопиритовые микроагрегаты в качестве структур распада (например, рис.3.9 и 3.10), но не приводится обоснования, что это структуры именно распада, а не замещения.
21. Раздел 3.3 содержит повторное описание главных рудных минералов.
22. На стр. 46 реакция, контролирующая по мнению автора образование халькопирита, не сбалансирована по хлору.
23. Отмечено, что «автором были детально изучены формы нахождения золота в рудных объектах Российского разведочного района», но приведено всего лишь 7 результатов исследования зерен самородного золота в 4 образцах.
24. Очень ограниченное сопоставление собственных данных автора с данными по другим гидротермальным полям САХ.
25. В главе 3 на рисунках 3.1, 3.2, 3.3 и 3.5 не хватает подписей минералов. В таблице 3.2, 3.4 и 3.6 присутствуют пустые ячейки – неясно химический элемент не анализировался или результаты ниже предела обнаружения.
26. В разделе 4.4 отсутствуют ссылки на публикации по гидротермальным сульфидным полям, с данными по которым автор сопоставляет результаты собственных исследований.
27. Стр. 83. Автор объясняет вариации содержания Cu и Ni различной температурой флюидов с литературной ссылкой на себя самого (Суханова, 2015, тезисы Пятой Российской молодежной Школы). Следует отметить, что есть не менее серьезные публикации по данному вопросу, в которых рассматривается влияние физико-химических свойств флюидов на перенос рудных компонентов. Хотелось бы также уточнить, почему повышенные содержания никеля объясняются высокотемпературными условиями, а повышенные содержания кобальта в тех же рудах – ультрабазитовым составом вмещающей структуры.

28. Стр. 84. Непонятно, с чем автор все-таки связывает повышенные концентрации олова в рудах: с хлоридным составом растворов или с температурой?
29. В Главе 4 на рисунках 4.22, 4.23, 4.24, 4.25 и 4.26 отсутствует контур рудного тела.
30. Стр. 77 «Максимальные средние содержания» - неудачное сочетание. Максимальные содержания не могут быть средними.
31. В Главе 5 очень ограниченное описание «черных курильщиков» со ссылкой только на 3 публикации.
32. Стр. 96. Автор упоминает «результаты изучения океанических сульфидных руд...», «Многолетние исследования...» и ссылается всего на одну публикацию в каждом случае.
33. Карта рудного поля с координатами, контуром рудного тела и местами пробоотбора появляется только в последней главе диссертации.
34. Рисунок 5.6 и вывод 1 главы 5 создают впечатление у читателя, что более низкотемпературные руды отлагались в зоне рудоподводящего канала и к периферическим частям рудного тела сменяются более высокотемпературными. Вместе с тем, обсуждение и выводы работы базируются на модели конвективной ячейки, что подразумевает наиболее высокие температуры минералообразования именно в зоне флюидоподводящего канала.
35. В тексте работы выводы и предположения автора систематически обоснованы ссылками на собственные публикации, причем на тезисы совещаний. Подобная аргументация не представляется серьезной для диссертационной работы.
36. На стр. 27 и 56 имеется ссылка «Суханова, 2017» без соавторов. Такой ссылки нет в прилагаемом списке литературы.

## **Заключение**

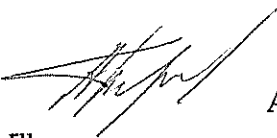
В целом, по объективным критериям диссертация Анны Алексеевны Сухановой является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые комплексные данные изучения современного гидротермального сульфидного поля Юбилейное, которые могут способствовать оценке научной и экономической целесообразности работ по дальнейшему исследованию и освоению глубоководных сульфидных гидротермальных полей Мирового океана, что соответствует требованиям Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. n 842 «О порядке присуждения ученых степеней». Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения степени кандидата геолого-



минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Отзыв составили:

Главный научный сотрудник ИГЕМ РАН,  
доктор геолого-минералогических наук  
Тел. 8 499 230 8223, e-mail: alexei\_n@igem.ru



Алексей Николаевич Перцев

Научный сотрудник ИГЕМ РАН,  
кандидат геолого-минералогических наук  
Тел. 8 499 230 8259, e-mail: amplieva@igem.ru



Елена Евгеньевна Амплиева

Диссертация и отзыв рассмотрены на совместном заседании лабораторий минералогии и геохимии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (Протокол № 9 от «21» ноября 2018г.).

Зав. лаб. Минералогии  
Д.г.-м.н.



Перцев Алексей Николаевич

Зав. лаб. геохимии  
Д.г.-м.н.



Прокофьев Всеволод Юрьевич

Сведения о ведущей организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН). Адрес: 119017, г. Москва, Старомонетный пер., 35, тел.: 8-499-230-82-49, факс: 8-499-951-15-87, e-mail: [director@igem.ru](mailto:director@igem.ru)

