

одну крупную и ряд мелких разобщенных линз, окруженных песком. Выдержанные пластовые тела глин нередко «расщепляются» и постепенно выклиниваются. На Черенцовском проявлении плотные пластичные глины залегают на разных уровнях в песчаной толще, образуя маломощные (1–6 м) линзы и прослои. На Чумаковском месторождении мощность вскрыши превышает мощность полезной толщи в 1,5–2 раза, что является неблагоприятным фактором при решении вопроса о целесообразности ее дальнейшего изучения.

Наиболее востребованными являются светложгущие разности тугоплавких и огнеупорных глин. По составу они полиминеральные с низким и средним содержанием оксидов железа, большей частью умеренно пластичные, низко- и среднedisперсные, среднетемпературного спекания. Используются они преимущественно в производстве наиболее качественных изделий строительной и санитарно-технической керамики, а также поставляются на предприятия металлургической, нефтегазодобывающей и химической промышленности.

Сведения о балансовых запасах месторождений и добыче тугоплавких глин в Ростовской области (Сулинский глиноносный район) приведены в табл. 6. Обращает на себя внимание тот факт, что к распределенному фонду отнесено около 72 % запасов кат. А+В+С₁. По оценке департамента по недропользованию прогнозные ресурсы огнеупорных и тугоплавких глин в Ростовской области составляют около 240 млн. т, в том числе кат. Р₁ — 50 млн. т, Р₂ — 58 млн. т, Р₃ — 135 млн. т. При этом в основном приняты во внимание ресурсы Федоровского, Голубинского, Киреевского и Чапаевского участков.

Территория Южного ФО в силу специфики ее геологического развития является бесперспективной в отношении присутствия залежей элювиальных каолинов и высокоосновных огнеупорных глин. В то же время округ (его Ростовская область) располагает значительными запасами и прогнозными ресурсами пластичного полукислотного и низкоосновного огнеупорного и тугоплавкого глинистого сырья, обеспечивающими расширение производства строительной керамики и другой продукции. Годовая добыча таких глин составила за 2013 г. на месторождениях Владимировском и Федоровском Западном около 9,2 % добычи в России. Можно ожидать, что экономическое развитие ЮФО будет сопровождаться ростом потребления огнеупорных и тугоплавких глин, ввиду чего актуальной остается задача укрепления минерально-сырьевой базы с целью подготовки резервных запасов качественного глинистого сырья. Запасы глин могут быть дополнительно разведаны, прежде всего, на флангах месторождений Федоровской линзы. Сырьевой потенциал Голубинской и Чапаевской линз изучен явно недостаточно, ввиду чего целесообразно проведение ГРП с целью локализации в них не менее 20 млн. т прогнозных ресурсов тугоплавких глин кат. Р₁.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гальперина, М.К. Исследование глин Федоровского месторождения как сырья для керамической промышленности / М.К. Гальперина, В.Ф.Павлов / Тр. НИИ строит. керамики. — 1968. Вып. 28. — С. 25–30.
2. Дубянский, А.Я. Об альб-сеноманских отложениях и коре выветривания восточной части Большого Донбасса и прилегающих к ней с

- юга территорий / А.Я. Дубянский // Докл. АН СССР, нов.серия. — Т. 31. — № 3. — С. 445–448.
3. Зубков, С.Н. Уникальная глина юга России / С.Н. Зубков, И.И. Непривада // Огнеупоры и техническая керамика. — 1999. — № 11. — С. 40–41.
4. Карклит, А.К. Владимировское месторождение — новый источник пластичных низкоспекающихся огнеупорных глин / А.К. Карклит, Г.М. Каторгин // Огнеупоры и техническая керамика. — 2003. — № 2. — С. 27–30.
5. Куликов, С.И. Современная и древняя кора выветривания аргиллитов Донбасса / Древние продуктивные коры выветривания / С.И. Куликов. — М.: Наука, 1967. — С. 131–138.
6. Макаров, В.И. Положение территории в общей структуре юга Европейской России и ее районирование / Новейшая тектоника и геодинамика: область сочленения Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты / В.И. Макаров, Г.В. Зеленщиков. — М.: Наука, 2006. — С. 75–89.
7. Макарова, Н.В. Строение и возраст кайнозойских отложений / Новейшая тектоника и геодинамика: область сочленения Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты / Н.В. Макарова, А.В. Зайцев. — М.: Наука, 2006. — С. 9–36.
8. Миленко, А.В. Обоснование общей схемы геоморфологических уровней Донбасса / А.В. Миленко // Геологический журнал. — 1983. — Т. 43. — № 1. — С. 105–115.
9. Радаева, Т.П. Характеристика вещественного состава огнеупорных и тугоплавких глин сулинской толщи Кундрюченской поисковой площади / Т.П. Радаева, И.П. Арутюнов, Г.П. Васянов // Проблемы геологии, планетологии, геоэкологии и рационального недропользования. — Новочеркасск, 2012. — С. 58–66.
10. Радаева, Т.П. Глинистые коры выветривания карбона как самостоятельный объект поисков огнеупорного и тугоплавкого глинистого сырья / Т.П. Радаева, В.А. Лихачев, И.П. Арутюнов / Проблемы геологии, планетологии, геоэкологии и рационального недропользования. — Новочеркасск, 2011. — С. 101–104.

© Коллектив авторов, 2016

Васянов Геннадий Павлович // root@geolnerud.net
Горбачев Борис Федорович // root@geolnerud.net
Красникова Елена Валерьевна // root@geolnerud.net
Радаева Тамара Петровна // yuzhgeo@rusgeology.ru
Арутюнов Иван Петрович // yuzhgeo@rusgeology.ru

УДК [550.8+551.35+549.3].341.2

Козлов С.А., Бельтенёв В.Е., Иванов В.Н., Каулио В.М., Самоваров М.Л. (ФГУНПП «ПМГРЭ»)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СУЛЬФИДОВ АТЛАНТИКИ

*Приведены результаты геолого-геофизических работ на полиметаллические сульфиды Атлантики, выполненных по контракту с МОМД. Проанализированы методические приемы, используемые при выявлении и оконтуривании сульфидных руд. Предварительно оценены ресурсы Российского разведочного района (Р₂+Р₃), которые составили 101,7 млн. т рудной массы. Намечены задачи дальнейшего изучения полиметаллических сульфидов района с использованием уже проверенных и новых геолого-геофизических подходов. **Ключевые слова:** Атлантика, полиметаллические сульфиды, метод естественного электрического поля, рудное поле, Российский разведочный район.*

Kozlov S.A., Beltenev V.E., Ivanov V.N., Kaulio V.M., Samovarov M.L. (PMGRE)

PROSPECTS OF EXPLORING FOR ATLANTIC POLYMETALLIC SULPHIDES

The results of geological and geophysical work on Atlantic poly-metallic sulphides carried out under a contract with the ISA. We analyzed the methodological techniques used in the identi-

fication and delineation of sulphide ores. Estimated resources of the Russian exploration area, which amounted to 101.7 million tons of ore. It outlined objectives for further study of polymetallic sulphides area, using the already proven and new geological and geophysical approaches. Keywords: Atlantic, polymetallic sulphides, the natural electric field method, ore field, the Russian exploration area.

Во второй половине 1970-х годов французские и американские исследователи впервые обнаружили в рифтовой долине Срединно-Атлантического хребта (САХ) проявления гидротермальной активности. Изучение было продолжено и уже в начале 1980-х годов оно привело к открытию гидротермальных полей, сложенных глубоководными полиметаллическими сульфидами (ГПС) — «ТАГ» (26°08'с.ш.) и «MARK» (23°22' с.ш.), представляющими в те времена исключительно научный интерес. Практический интерес возник, когда выяснилось, что такие экзотические руды могут содержать до 10 % меди, 20 % цинка и 10–15 г/т золота. С использованием специальных буровых судов, работающих по Программе глубоководного бурения в Мировом океане, на глубину 120–300 м были разбурены два рудных объекта в Тихом океане (Мидл Велли, 1992 г. и Пакманус, 2000 г.) и один — в Атлантике (ТАГ-Рона, 1994 г.). В настоящее время интерес к участию в изучении и добыче ГПС проявляют многие государства и корпорации, координируемые в этом процессе Международным органом по морскому дну (МОМД) при ООН.

Отечественные исследования по проблеме глубинных полиметаллических сульфидов в осевой зоне САХ были начаты в середине 1980-х годов. При этом ведущая роль в этих 30-летних исследованиях принадлежит предприятиям государственной геологической отрасли России: Полярной морской геологоразведочной экспедиции (ПМГРЭ) и ВНИИОкеангеологии (г. Санкт-Петербург). Геолого-геофизические поисковые работы на ГПС проводились в период 1991–2011 гг. в несколько этапов: региональные рекогносцировочные работы масштаба 1:1 000 000, региональные детализационные работы масштабов 1:200 000 — 1:100 000 и поисковые работы масштабов 1:50 000 — 1:10 000. За эти годы экспедицией НИС «Профессор Логачев» (ПМГРЭ) в Северной Атлантике в зоне рифтовой долины САХ между 12° и 21° с.ш. были открыты шесть объектов ГПС, содержащих богатые руды на медь, цинк, золото, серебро и другие полезные элементы: рудные узлы: «Логачев» (1994 г.), «Ашадзе» (2003 г.), «Семенов» (2007 г.); рудные поля: «Краснов» (2004 г.), «Зенит-Виктория» (2008 г.), «Петербургское» (2010 г.). Кроме того, были существенно уточнены данные по рудному полю «Пюи де Фолль» (2008 г.), имеющему французский приоритет открытия. 2011 г. стал поворотным в истории отечественных исследований ГПС. С этого времени поисковые работы ПМГРЭ проводятся строго в пределах площади блоков Российского разведочного района (РРР), т.к. это связано с международным одобрением на 17-й ассамблее МОМД Заявки России на получение для исследований части Срединно-Атлантического хребта (рис. 1). Контракт на разведку полиметаллических

сульфидов между МОМД и Министерством природных ресурсов и экологии РФ был заключен в октябре 2012 г. Настоящая статья посвящена проблемам и перспективам отечественных исследований сульфидных руд в Российском разведочном районе.

Особенности природных условий. Поиск, разведка и добыча полезных ископаемых в глубоководных областях Мирового океана — весьма сложная и трудоемкая задача. Если же сравнивать природные условия залегания ГПС с условиями железомарганцевых образований, представленных железомарганцевыми конкрециями (ЖМК) и кобальто-марганцевыми корками (КМК), то можно уверенно говорить о значительно большей сложности первых.

Действительно, железомарганцевые образования при присущих им глубинах залегания 3800–5300 м (ЖМК) и 1500–3500 м (КМК) слагают практически двухмерные придонные рудные объекты с плоскостным простираемостью мощностью не более 0,5 м. Рельеф поверхности залежей ЖМК равнинный, благоприятный для картирования и подсчета запасов. Для залежей КМК в отдельных случаях характерно распространение на относительно крутых склонах подводных гор. Проявления опасных геологических процессов минимальны и связаны в основном со склоновыми процессами.

Изменчивость физико-механических свойств вмещающих конкреции донных осадков в пределах одной фациальной зоны, распространяющейся на сотни километров, ничтожно мала, что определяет однородный характер площадей распространения ЖМК. Это объясняется особенностями структурообразования осадков, когда относительно стабильный батиметрический и термобарический горизонты залежи, постоянный состав первичных структурных элементов, подверженных коагуляции, определяют малую изменчивость агрегатного состава и структуры сформировавшихся грунтов [5]. Неоднородности проявляются только в виде редких выходов скальных пород, «древних» глин, пологих склонов. Изменчивость залежей корок определяется в основном их текстурными особенностями, свойствами субстрата и



Рис. 1. Полиметаллические сульфиды, отобранные в Российском разведочном районе Атлантики (НИС «Профессор Логачев»)

углом наклона поверхности гайота [4]. Тогда как ГПС слагают залегающие на глубинах 2900–4200 м объемные рудные тела, имеющие «грибовидную» форму, с подводящим штокверком в центре гидротермального образования. Мощность таких рудных образований, обладающих сложным строением, составляет несколько десятков метров (до 100 и более).

Рельеф является крайне сложным для картирования и подсчета запасов. Часто представлен крутым (10–45°) бортом рифтовой долины, на поверхности рудных тел которого развиты возвышающиеся трубные комплексы (5–30 м), выраженные конусами активных и неактивных сульфидных образований, иногда встречаются рудные обрывы до 50–100 м. Существует гипотетическая опасность современного излияния магмы и гидротермального воздействия, возможны проявления сейсмических процессов, высока коррозионная агрессивность среды. Рудная масса, поднятая на борт судна, нестабильна — выделяет токсичные и горючие газы, способная к самовозгоранию, взрывоопасна [7].

Рудные проявления ГПС в целом имеют сложное геологическое строение, могут включать несколько рудных тел, крайне изменчивы по мощности, составу, качеству и физико-механическим свойствам руды. Встречаются массивные, прожилко-вкрапленные, брекчевидные, рыхлые и корковидные проявления руд; характерно малоизученное зональное строение. Рудные объекты могут быть приурочены к бортам, поднятиям и вулканам рифтовой долины, крупным тектоническим нарушениям. Вмещающие породы представлены в основном базальтами и базит-ультрабазитовыми комплексами.

Методология поисков и разведки. Одним из основных методов выявления перспективных районов для планирования более детальных разведочных работ является метод естественного электрического поля (ЕП) [3]. Преимущество метода ЕП по сравнению с другими поисковыми дистанционными методами (вертикальное гидрофизическое и гидрохимическое зондирование, телепрофилирование) кроме его высокой производительности состоит в том, что он позволяет фиксировать не только рудные объекты, связанные с активной гидротермальной деятельностью, но и объекты, где такая деятельность уже прекращена. При этом возникновение объемного естественного электрического поля объясняется процессами окисления сульфидных руд. Обязательным условием образования ЕП «рудной» природы служит наличие объектов с высокой электронной проводимостью, имеющих непрерывную электрическую связь разных частей тела, а также меняющиеся физико-химические свойства раствора (E_h , pH), контактирующего с проводником. Для сравнения: в пределах суши изменение свойств подземных вод, как правило, происходит с увеличением глубины, когда процессы окисления в верхних частях разреза сменяются восстановительными условиями в нижних. Наблюдаемые аномалии ЕП от рудных тел на поверхности земли в этом случае имеют отрицательный знак. Положительные значения поля фиксируются по результатам наблюдений в скважинах, вблизи нижних границ этих тел.

Процесс образования естественного электрического поля на месторождениях глубоководных полиметалли-

ческих сульфидов весьма разнообразен. В окислительной среде находится та часть рудного тела, которая контактирует с богатой кислородом морской водой, тогда как восстановительная обстановка приурочена как к нижним частям рудных тел, так и к местам выхода гидротермальных растворов, насыщенных восстановителями: водородом, сероводородом, метаном и др. Локализация положительных и отрицательных областей поля ЕП обусловлена характером диффузионного и инфильтрационного проникновения гидротермальных растворов в пределах рудного тела и может принимать различные очертания.

Электроразведочные работы методом ЕП при поисках ГПС проводятся в рейсах НИС «Профессор Логачев», начиная с 1993 г. До 2010 г. эти работы выполнялись с использованием аппаратурно-методического комплекса (АМК) «РИФТ», разработанного в Севморгео (г. Санкт-Петербург), технические характеристики которого освещены в ряде публикаций [2, 6]. Уже первый опыт применения метода ЕП-РИФТ показал его высокую эффективность и способствовал открытию гидротермального рудного поля «Логачев» (1994 г.). В дальнейшем с использованием этого метода с АМК «РИФТ» были изучены рудные поля «Ашадзе» (2003 г.), «Краснов» (2004 г.), а в 2007 и 2009 гг. — рудный узел «Семенов». Недостатком работ с АМК «РИФТ» являлось (из-за конструкции кос) его низкое отстояние от дна (около 20 м), что не позволяло использовать комплекс при резко пересеченном рельефе на больших площадях, а также наличие большого количества аномалий неясной природы. Проведенные в ПМГРЭ исследовательские работы позволили разработать конструкцию косы, с помощью которой измеряется не градиент, а потенциал ЕП, что дает возможность проводить работы с отстоянием глубоководного аппарата около 100 м от дна, а значит — существенно увеличить уровень сигнала, а также безаварийно проводить поисковые работы на больших площадях. Кроме того, такое отстояние от дна позволило совместить электроразведочные работы с гидроакустическими исследованиями. В результате было также выявлено значительное влияние факторов негеологической природы на интенсивность измеряемых значений электрического поля. К таким факторам относятся процессы, влияющие на изменение собственной поляризации электродов, и токи, обусловленные электромагнитной индукцией, возникающей при движении аппарата с разной скоростью в магнитном поле земли. Разработанная методика обработки полученных данных позволила учесть влияние собственной поляризации электродов и электромагнитной индукции на измеряемое значение разности потенциалов ЕП.

В ходе исследований удалось разработать аппаратуру с совмещением гидроакустических и электрических измерений путем установки на подводный аппарат гидроакустического комплекса МАК-1М, разработанного в Южморгеологии (г. Геленджик), электроразведочной косы для измерения потенциала естественного поля (ЕП). Это позволило регистрировать в реальном времени, наряду с изображением на сонограмме ГБО донной поверхности, одновременно и значение потенциала ЕП

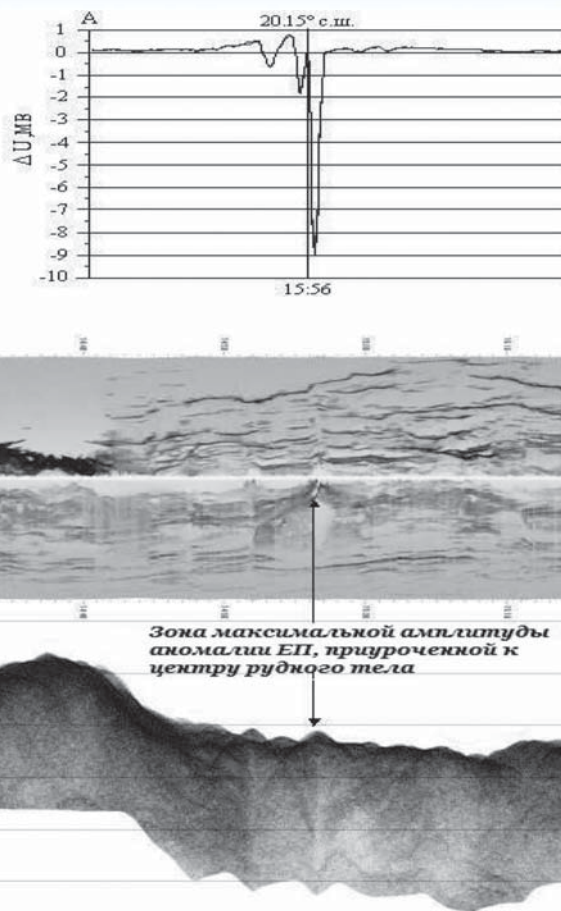


Рис. 2. Комплексное использование методов ЕП, гидролокации и акустического профилирования на рудном теле гидротермального поля «Юбилейное»

(рис. 2). Для этой цели сотрудниками ПМГРЭ была разработана и изготовлена новая плата измерения ЕП (измеритель ЕП) на базе нового микропроцессора ATMEGA8535, а также выполнены программные преобразования по стыковке канала ЕП с комплексом МАК-1М. Измеритель ЕП был установлен в блок электроники подводного аппарата МАК-1М. В 2012 г. на разработанный комплекс был получен патент как на полезную модель (И.В. Антипова, Г.В. Антипов).

Для выявления перспективных зон осуществляется профильная придонная съемка буксируемым аппаратным комплексом на расстоянии 70–90 м от дна, с обтеканием сложного рельефа и скоростью не более 1 узла. Межпрофильное расстояние при этом составляет около 500 м, что позволяет не пропускать крупных рудных объектов. При дальнейшей модернизации глубоководного комплекса необходимо предусмотреть возможность подключения к нему дополнительной аппаратуры (магнитометра, гидрофизических и ионоселективных датчиков и т. д.).

Методика обработки результатов измерения поля ЕП заключается в выявлении и исключении из полученных данных составляющих, обусловленных влиянием факторов негеологической природы. Для учета влияния этих факторов применяется многофакторный корреляционный анализ, использование которого позволило исключить из исходных данных такую составляющую,

резко снизить дисперсию ΔU и привести все измеренные значения к единому (нулевому) уровню. Окончательно данные ЕП обрабатываются с помощью пакета «Surfer» и представляются в виде карт изолиний ΔU .

Эффективность метода ЕП доказана в ходе работ по Контракту с МОМД открытием в 2011–2015 гг. рудных объектов «Ириновское» (13°20' с.ш., 2011 г.), «Юбилейное» (20°09' с.ш., 2012 г.), «Сюрприз» (20°45' с.ш., 2012 г.), «Холмистое» (17°58' с.ш., 2014 г.), «Победа» (17°09' с.ш., 2015 г.) и нескольких перспективных аномальных зон, ожидающих своей заверки.

До получения качественных поисковых признаков при электроразведке долгие годы в качестве основных инструментальных методов выявления перспективных районов применялись следующие:

гидрофизическое зондирование с отбором геохимических проб;

отбор донных проб с использованием коробчатых пробоотборников (КП) и скальных драг на основе регионального геолого-геофизического изучения океанского дна посредством эхолотного промера, батиметрической съемки и гидролокации бокового обзора.

В настоящее время оба этих метода несколько изменили свою функциональность и значение, став в большей степени не поисковыми, а заверочными. Так, гидрофизическое зондирование теперь направлено в основном на оценку экологических фоновых условий водной среды, в меньшей степени — на локальные поиски активных гидротермальных проявлений (где добыча руды невозможна по техническим причинам), как косвенный признак наличия пассивности проявлений. Донный пробоотбор, наряду с телепрофилированием, стал в настоящее время основным заверочным методом для количественного и качественно подтверждения наличия руды, уточнения горизонтальных границ рудных объектов. Для целевого получения крупнообъемной пробы рудной массы используется телегрейфер.

Результаты исследований. Во время первых опытно-методических работ по отработке методики использования морского акустического комплекса «МАК-1М» для одновременного выполнения сонарной съемки и измерения ЕП на рудных полях «Ириновское» и «Семенов» было зафиксировано 57 аномалий ЕП с интенсивностью не менее 0,2 мВ, из них 9 аномалий имели интенсивность более 1 мВ (рис. 3). По своей интенсивности и форме выделенные аномалии ЕП предварительно были разделены на четыре группы:

интенсивные (не менее 0,4 мВ) локальные отрицательные или положительные аномалии с четко выраженным одним экстремумом;

интенсивные локальные знакопеременные аномалии с двумя или несколькими экстремумами;

слабоинтенсивные локальные отрицательные и положительные аномалии;

слабоинтенсивные продолжительные положительные и отрицательные аномалии.

Наибольший интерес представляют аномалии первого и второго типа. Восемь из наиболее высокоинтенсивных аномалий (амплитудой более 1 мВ) первого и второго типов зафиксированы в пределах рудного узла «Семенов» и только одна на юго-западе участка.

В районе горы 13°20' с.ш. в интервале глубин 2700–2850 м обнаружены три аномалии первого типа и одна аномалия второго типа с амплитудами значений — 0,45–0,70 мВ. При последующей заверке этих аномалий геологическими работами в районе трех из них были обнаружены массивные сульфидные руды. В районе аномалии ЕП, зафиксированной в юго-восточной части склона горы 13°20' с.ш., было открыто и изучено на рекгносцировочной стадии гидротермальное рудное поле «Ириновское». При заверке двух аномалий ЕП, зафиксированных в 1,8 км к северо-западу от открытого поля, при геологическом опробовании также были подняты сульфидные руды. Современной гидротермальной деятельности в пределах поля не установлено.

Гидротермальные образования поля «Ириновское» представлены сульфидными рудами с прожилково-

вкрапленной рудной минерализацией во вмещающих породах, корками оксигидроксидов железа, что свидетельствует о существовании в районе горы 13°20' с.ш. развитой гидротермальной системы, неактивной в настоящее время.

Рудный материал, поднятый на рудном теле 1, представлен относительно свежими трубами «черных» и «белых» курильщиков и массивными медными и медно-цинково-колчеданными рудами, характерными для центральных частей сульфидных холмов. На рудном теле 2 сульфидные руды сложены сильно окисленными сросшимися трубами «черных курильщиков», которые, по-видимому, образовались существенно раньше, чем подобные трубы на рудном теле 1.

В 2012 г. открыты новые гидротермальные объекты: гидротермальное рудное поле «Юбилейное» (блок 10) и рудопроявление «Сюрприз» (блок 4), изучено строение рудных объектов, проведена оценка прогнозных ресурсов сульфидных руд.

Гидротермальное рудное поле «Юбилейное» состоит из трех рудных тел на глубине 2250–2550 м, локальных участков гидротермальных рудных корок, рудоносных и металлоносных осадков. Площадь рудного поля составляет 1,4 км², а его контуры открыты на юг и юго-запад. Встречены массивные, массивно-пористые сульфидные руды, оксигидроксидные рудные корки, рудные брекчии, прожилково-вкрапленное оруденение. Геохимические типы руд представлены серно-колчеданными рудами марказит-пиритового состава, медно-колчеданными рудами пирит-халькопиритового (изокубанитового) состава и цинково-колчеданными рудами сфалерит-пиритового состава. Все типы руд осложнены средне-низкотемпературными ассоциациями рудных минералов. Наиболее распространенными на рудном поле являются серно-колчеданные руды.

Рудопроявление «Сюрприз» расположено в восточном борту рифтовой долины на склоне вулканического поднятия в интервале глубин 2800–2850 м. Гидротермальные рудопроявления представлены серно-колчеданными рудами марказит-пиритового состава и железо-марганцевыми корками.

В ходе работ 2014 г. в результате заверки аномалии естественного поля (ЕП) было открыто новое рудное поле «Холмистое». В результате проведенного геологического опробования массивных сульфидных руд не поднято. Сульфидсодержащие фрагменты представлены сульфидно-арагонит-оксигидроксидными (железо) образованиями, где сульфидная часть существенно марказитовая с незначительным количеством реликтов ангидрита, пирротина, халькопирита, борнита, ковеллина, сфалерита, пирита, а нерудная — арагонит-оксигидроксидная (железо) с реликтами сульфатов. Сульфидсодержащие образования и гидротермальные корки обогащены никелем и кобальтом. В них не установлены фазы благородных металлов — золота и серебра.

По результатам изучения поднятого материала не удалось определить принадлежность сульфидсодержащих образований к каким-либо частям рудных сульфидных построек, подтверждая тем самым их наличие. Сульфидсодержащие образования, корки, прожилково-вкрапленная сульфидная минерализация

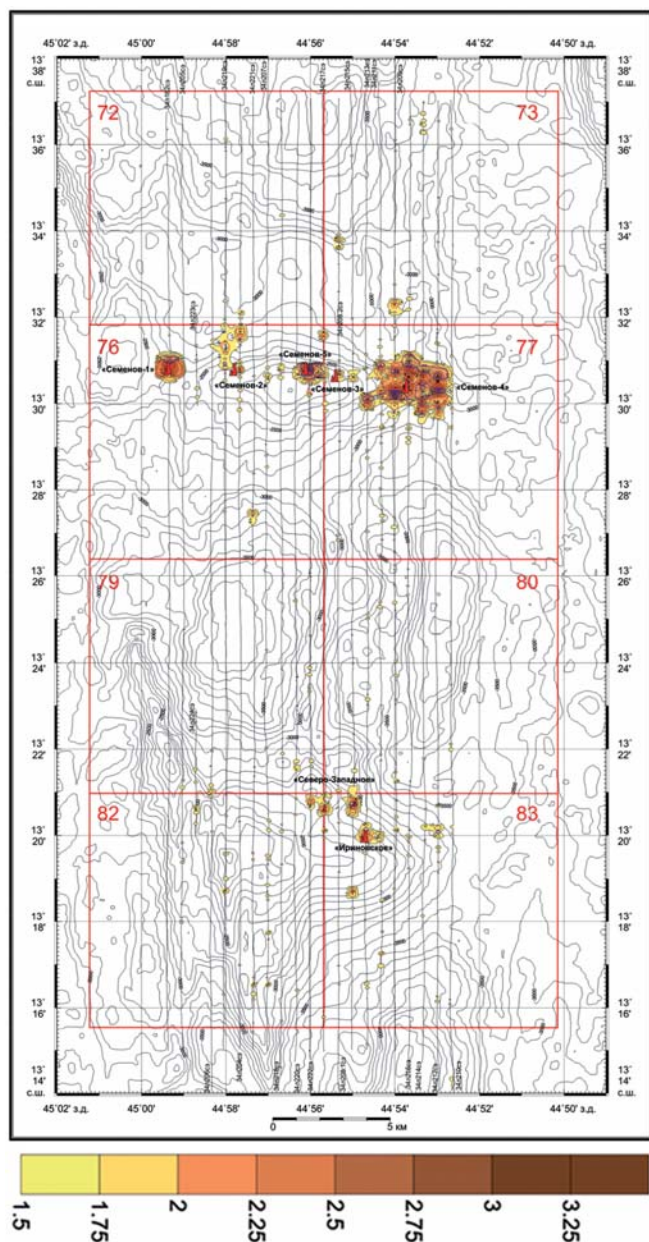


Рис. 3. Схема аномалий ЕП на рудных полях «Семенов» и «Ириновское» со шкалой значений логарифма градиента потенциала естественного электрического поля ($Lg (\text{grad } \Delta U)$)

свидетельствуют лишь о наличии гидротермальной деятельности.

В результате исследований 2015 г. получены данные о геологическом строении разведочных блоков и открыты новые гидротермальные объекты «Победа»: гидротермальные рудные поля «Победа-1» (блок 37) и «Победа-2» (блок 39); рудопроявление «Победа-3» (блок 37).

Гидротермальное рудное поле «Победа-1» расположено в восточном борту рифтовой долины на склоне горы 17°09' с.ш. в интервале глубин 2100–2450 м. По данным подводных теленаблюдений рудное поле включает в себя четыре рудных тела, поля развития гидротермальных рудных корок и металлоносных осадков. Рудные тела представляют собой холмы высотой до 10 м и продукты их разрушения, представляющие собой развалы сульфидных руд. На многих рудных телах отмечаются трубные комплексы.

Рудный материал представлен сульфидными рудами, арагонитовыми корками с сульфидами, оруденелыми породами, железистыми и железомарганцевыми образованиями. Сульфидные руды представлены преимущественно серно-колчеданными и медно-колчеданными типами, в небольшом количестве существенно-медными, богатыми медными типами. Гидротермальное рудное поле «Победа-1» исследовано только на рекогносцировочном уровне и требует дальнейшего детального изучения.

Рудное поле «Победа-2» расположено на расстоянии около 4 км к юго-западу от поля «Победа-1» в интервале глубин 3100–2800 м. Детализационные работы в пределах поля не проводились, контуры не установлены. Гидротермальные образования представлены сульфидными рудами, арагонитовыми корками с сульфидами, оруденелыми породами, железистыми и железомарганцевыми образованиями. Сульфидные руды представлены медно-колчеданными, цинково-медно-колчеданными и серно-колчеданными типами руд. Гидротермальное рудное поле «Победа-2» также требует дальнейшего детального изучения.

Рудопроявление «Победа-3» расположено на расстоянии около 2 км к юго-западу от поля «Победа-1» в интервале глубин 2500–2700 м. На всех станциях КП и ТВГ подняты металлоносные осадки коричневого и коричневатого-бежевого цвета, пропитанные гидроксидами железа, с включениями зерен пирита, барита, иногда Fe-Mn корок, тонких прослоев рудных осадков. Рудный материал поднят только на одной станции в виде обломка слаболитифицированных карбонатных осадков с прослоем рудных осадков.

Наряду с распространенными в гидротермальных полях САХ массивными рудами в исследованном районе установлены не описанные ранее морфогенетические типы сульфидных руд: 1) рыхлые руды; 2) «купольные» рудные образования. Руды представлены в основном рыхлыми, землистыми сульфидными образованиями псаммитовой структуры, аналогичные рудным и рудоносным осадкам.

Текущее состояние и перспективы. Объект нашего изучения по Контракту России с МОМД — Российский разведочный район (РРР), расположенный в центральной части Атлантического океана, в осевой зоне САХ,

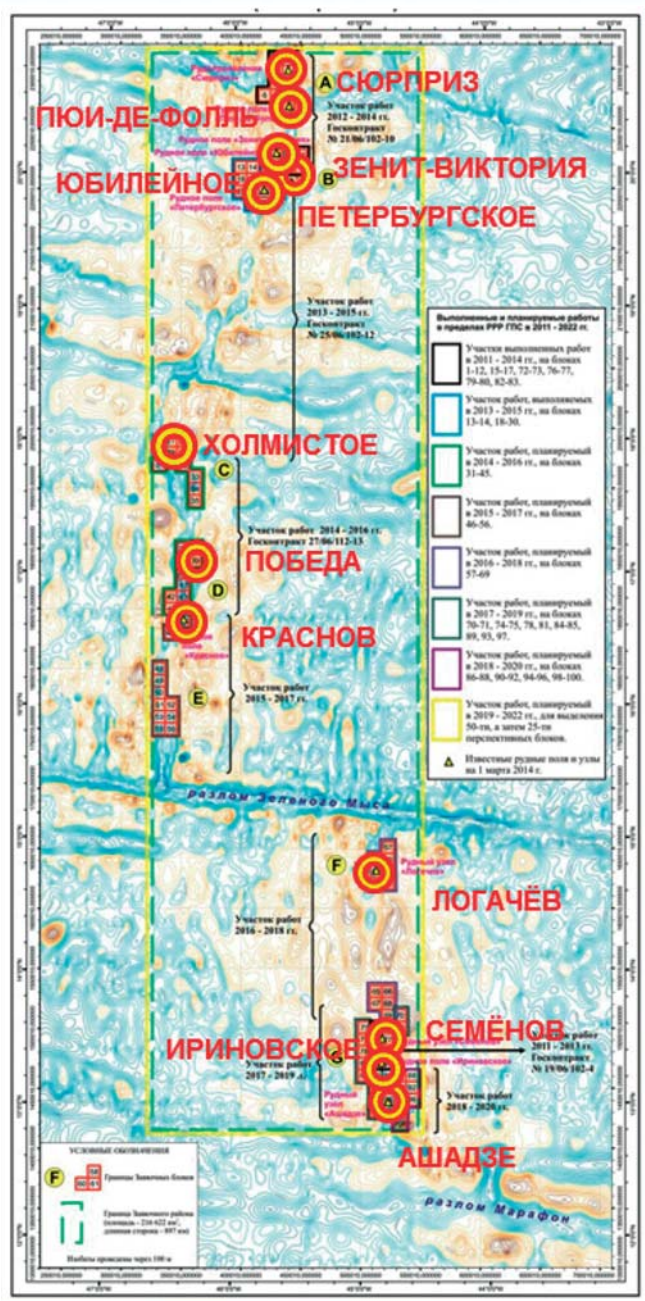


Рис. 4. Схема расположения рудных объектов Российского разведочного района

в интервале широт 12°48'36"—20°54'36" N. Он включает 100 блоков размером приблизительно 10×10 км и площадью около 100 км² каждый. Заявочные блоки скомпонованы в 7 групп, в состав которых входит от 9 до 36 блоков. Положение и размеры разведочного района (900 км по длинной стороне) выбраны таким образом, чтобы в него вошли все уже выявленные или обследованные российскими специалистами до 2011 г. рудные объекты: от узла «Ашадзе» на 12° с.ш. до поля «Пюи де Фоль» на 20° с.ш.

Полярной экспедицией обследовано 53 блока; открыто 11 крупных рудных объектов бесспорного российского приоритета, в разной степени изученных. Все они располагаются в пределах 100 блоков РРР (рис. 4). Суммарные прогнозные ресурсы всех открытых на се-

Таблица 1
Прогнозные ресурсы ГПС в пределах Российского разведочного района

Рудные объекты					Прогнозные ресурсы рудной массы, млн. т		
№ п/п	Название объекта	Положение на САХ	Блоки ГРП	Год открытия	P ₂	P ₃	P ₂ +P ₃
1	Узел «Ашадзе»	12°58' с.ш.	94	2003	6,0	1,5	7,5
2	Поле «Ириновское»	13°20' с.ш.	82, 83	2011	0,3		0,3
3	Узел «Семенов»	13°31' с.ш.	76, 77	2007		39,0	39,0
4	Узел «Логачев»	14°45' с.ш.	61	1994	2,0		2,0
5	Поле «Краснов»	16°38' с.ш.	46	2004	9,7	4,2	13,9
6	Поле Петербургское»	19°52' с.ш.	23	2010	1,8		1,8
7	Поле «Зенит-Виктория»	20°08' с.ш.	11, 12	2008	15,2		15,2
8	Поле «Юбилейное»	20°09' с.ш.	10	2012	2,8		2,8
9	Поле «Пюи де Фолль»	20°30' с.ш.	8	2008		11,9	11,9
10	Поле «Сюрприз»	20°45' с.ш.	4	2012		0,3	0,3
11	Поле «Холмистое»	17°57' с.ш.	28	2014	2,0		2,0
12	Узел «Победа»	17°09' с.ш.	37, 39	2015		5,0	5,0
Всего					39,8	61,9	101,7

Таблица 2
Химический состав и рудно-геохимическая специализация некоторых объектов РРР-ГПС по [1]

№ п/п	Наименование объекта РРР-ГПС	Химический состав руд					Рудно-геохимическая специализация	Прогнозные ресурсы (P ₂₊₃ , сухие руды), млн. т
		Cu, %	Zn, %	Pb, %	Au, г/т	Ag, г/т		
1	Рудное поле «Пюи-де-Фолль»	6,43	2,52	0,03	0,49	36,20	Cu-Zn	11,888
2	Рудное поле «Зенит-Виктория»	2,35	0,72	0,02	0,24	22,70	Cu-колчеданная	15,179
3	Рудное поле «Краснов»	0,35	0,36	0,05	0,53	8,25	Серно-колчеданная	12,792
4	«Рудный узел Логачев»	30,87	4,06	0,05	17,86	51,42	Cu-Zn, атакамитовая	1,874
5	«Рудный узел Семенов»	0,49	0,17	0,06	1,13	14,52	Серно-колчеданная	38,971
6	«Рудный узел Ашадзе»	9,69	1,11	0,05	4,23	15,28	Cu-колчеданная	5,229

годня рудных объектов, расположенных в пределах РРР, приведены в табл. 1. Как следует из нее, прогнозные ресурсы (P₂+P₃) по всем рудным объектам составляют на сегодня 101,7 млн. т рудной массы. В ходе работ 2017–2020 гг. они могут быть существенно увеличены.

По предварительной оценке для наиболее изученных рудных проявлений РРР характерна Cu-Zn и Cu-колчеданная специализация руды. Выделяются Cu-Zn руды с атакамитом узла «Логачев» с «ураганным» содержанием меди (> 30 %), наиболее богатые золотом и серебром (табл. 2).

Поисковые работы первого этапа исследований (2012–2018 гг.) ориентированы на выполнение задач, сформулированных в «Плане работы по разведке полиметаллических сульфидов» (Приложение 1 к Контракту с МОМД). В результате работ первого этапа должны быть выявлены первоочередные перспективные районы для проведения более детальных разведочных работ, для чего требуется комплексное геолого-геофизиче-

ское и экологическое изучение блоков РРР с использованием указанных в Контракте методов. Не позднее середины 2020 г. предстоит подготовить обоснованный отказ от 50 (неперспективных) блоков из 100, входящих в РРР. Контрактом не предусмотрены возможность увеличения продолжительности первого этапа и переноса срока отказа от 50 блоков. Оценивая уровень выполнения этого этапа работ по Контракту с МОМД, следует отметить:

1. Задачей этапа является последовательное геолого-геофизическое изучение всех 100 блоков с выявлением рудных тел. Геолого-геоморфологические предпосылки, которые помогли бы назвать какой-либо блок перспективным или неперспективным были задействованы еще при подготовке Контракта с МОМД при выборе 100 блоков для изучения. На настоящий момент любой из еще неизученных блоков обладает равной степенью перспективности и должен заверяться инструментальными методами поиска.

2. Основным поисковым критерием является наличие аномалий естественного электрического поля (ЕП). Аномалии заверяются и

окоптриваются пробоотбором и телевизионным профилированием. Выявляются участки активной гидротермальной деятельности. Телегрейфером и драгой отбираются представительные пробы руды для определения химического состава и рудно-химической специализации объектов. Рудные тела окоптриваются только горизонтально, вертикальная мощность принимается условно (5–10 м) с учетом геолого-геоморфологического строения.

3. По имеющимся предварительным данным только шесть рудных объектов содержат богатые сульфидные руды (от 8 до 40 % меди), ресурсы которых составляют суммарно не более 25 млн. т. При продолжении поисково-оценочных работ по блокам имеются все основания к открытию новых, в том числе богатых рудных объектов.

4. Многие аномалии и даже группы аномалий потенциала ЕП на уже изученных блоках остались по разным причинам незаверенными. Требуются дополнительные

заверочные работы перед завершением первого этапа после предварительного изучения 100 блоков.

5. Геолого-геофизические работы сопровождаются изучением горно-геологических (инженерно-геологических) условий разработки океанографическими и фоновыми экологическими исследованиями, проводится обучение иностранных стажеров.

6. Сроки отказа от блоков, согласно «Правилам поиска и разведки полиметаллических сульфидов в Районе», могут быть продлены лишь в исключительных случаях и по сложной процедуре, поэтому их можно считать практически окончательными. К 2020 г. должны быть комплексно изучены все 100 блоков PPP, с вынесением обоснованного решения по каждому из них на основе следующих критериев: условный объем руды; качество руды и содержание полезных компонентов; горно-геологические условия разработки; экологические условия.

Следует учитывать, что в соответствии с положениями Конвенции ООН по морскому праву 1982 г. юридические лица и поручившиеся за них государства, прошедшие по линии МОМД процедуру утверждения планов работ на разведку определенных видов минеральных ресурсов в Районе и заключившие с МОМД соответствующие контракты, сохраняют права на доступ к этим ресурсам только при безусловном выполнении контрактных обязательств.

На **2019–2023 гг.** запланирован второй этап работ по Контракту с МОМД, который предъявляет дополнительные (помимо уже выполняемых) требования к документации и качеству работ. Основными из них являются:

1. Изучение выбранных 50 блоков с использованием площадной придонной батиметрической съемки морского дна масштаба 1:25 000 с применением придонных многолучевых эхолотов; площадной фотосъемки морского дна с необитаемого управляемого подводного аппарата и телевизионное профилирование на детальных участках: задачи, частично решаемые в ходе проходящей модернизации НИС «Профессор Логачев».

2. Бурение отдельных скважин глубиной до 15 м для предварительного изучения пространственного распределения сульфидных руд на глубину: очень важная проблема, связанная с необходимостью оценки мощности и качества руды.

Рудное тело ТАГ-Рона, находящееся за пределами PPP, было детально изучено с помощью бурового судна «Джойдес Резолюшн» до глубин 120–130 м 17 глубоководными скважинами [9]. Вариант надежный, но дорогой, требуется расчет его рентабельности.

Придонная буровая установка ТК-15, долгие годы разрабатываемая и испытываемая Севморгео (г. Санкт-Петербург), должна была проходить коренные сульфиды на поддонную глубину 15 м. К сожалению, позитивный результат не был достигнут. Возможно, для бурения потребуются привлечение импортных установок придонного базирования.

3. Придонная магнитометрия для выявления на дне океана зон интенсивной гидротермальной проработки коренных пород и последующего поиска в

пределах выявленных зон новых рудных объектов: на настоящий момент магнитометры, адаптированные к придонному использованию в глубоководных областях океана, существуют только в импортном исполнении.

Приведенные Б.Д. Угловым теоретические модели определения формы рудных тел с помощью магниторазведки [8] содержат ряд неучтенных автором моментов (отсутствие в геологической модели гидротермально измененных пород подводящего канала, сведений об остаточной намагниченности элементов этой модели), что ставит под сомнение полученные выводы.

Для выработки комплекса геофизических методов, способных определять форму и объем рудных тел, предлагается провести исследования, направленные на создание физико-геологических моделей уже известных рудных объектов, и на их основе провести моделирование различных геофизических методов с целью выбора наиболее подходящего метода (или комплекса методов), решающего эту задачу. По предварительным данным наиболее перспективными в этом отношении являются методы электрического зондирования (ВЭЗ-ВП, электромагнитное зондирование, МПП и др.). Метод ВЭЗ, использовавшийся на рудном поле «Логачев-1», не показал однозначно интерпретируемых результатов, поэтому требует доработки. В качестве дополнительного поискового признака планируется использовать аномалии окислительно-восстановительного потенциала (Eh), которые должны позволить фиксировать области проявления гидротермальной деятельности различной степени активности (как активных «курильщиков», так и диффузионного проникновения растворов) [3].

4. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке методов и созданию технических комплексов разведки полиметаллических сульфидов, созданию средств для исследования «in situ» данных о геотехнических параметрах морского дна, донных образований, о водной толще и полиметаллических сульфидах: очень важные задачи, не находящие необходимого финансового обеспечения.

5. К 2022 г. для отказа от 25 блоков должны быть доизучены 50 блоков PPP с вынесением обоснованного решения по каждому из них на основе следующих критериев:

достовверный объем руды (на основе инструментальных исследований поддонной глубины залегания рудного тела и с использованием теоретически обоснованных аналогий);

качество руды и содержание полезных компонентов (статистически обоснованных);

горно-геологические условия разработки (для различных вариантов агрегата сбора полезных ископаемых);

экологические условия.

Третий этап работ по Контракту с МОМД (**2024–2027 гг.**) — разведочный. Здесь потребуются погружные буровые установки, обеспечивающие разбуривание рудных залежей ГПС на поддонную глубину до 50 м. Площадная придонная батиметрическая съемка мор-

ского дна с применением придонных многолучевых эхолотов проводится в масштабе 1:10 000. На третьем этапе изучаются промышленно значимые рудные объекты на оставшихся 25 блоках, подсчитываются их запасы. К 2027 г. должен быть подготовлен план дальнейшей разведки и добычи сульфидных руд.

Заключение. По результатам геолого-геофизических исследований части блоков РРР-ГПС выявлены множественные аномалии естественного электрического поля, заверка части которых во многих случаях привела к открытию рудных объектов ГПС различной сложности, значимости и перспективности. Изучение геолого-геоморфологических условий залегания руд проводится в основном на эмпирическом уровне путем сбора и обработки фактических данных.

Сложность горно-геологических условий залегания руд, уровень технико-технологического и методического обеспечения первой стадии работ по Контракту с МОМД позволяют проводить поблочное изучение района с горизонтальным оконтуриванием рудных тел, заверенным прямыми или косвенными методами; без вывода блоков из рассмотрения по результатам теоретических построений.

Уровень работ, выполняемых ПМГРЭ, обеспечивает своевременную подготовку обоснованного отказа от 50 из 100 блоков в случае стабильного обеспечения работ по изучению оставшихся 47 блоков. Дальнейшее изучение полиметаллических сульфидов РРР основано на использовании уже проверенных и новых геолого-геофизических подходов к оценке распространения и качества руд.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев, С.И. Сульфидные руды Мирового океана: состав, генезис, перспективы освоения / С.И. Андреев, В.И. Казакова, Л.Н. Романова // Горный журнал. — 2012. — № 3. — С. 7–17.
2. Гиршберг, М.Л. Аппаратурно-методический комплекс «РИФТ-3» для поисков глубоководных полиметаллических сульфидов / М.Л. Гиршберг, М.М. Гиршберг, В.Э. Кяспер // Разведка и охрана недр. — 2001 — № 10. — С. 22–25.
3. Каулио, В.М. Применение метода естественного электрического поля при поиске залежей глубоководных сульфидных руд в Атлантике / В.М. Каулио, А.А. Шагин // Разведка и охрана недр. — 2012. — № 8. — С. 55–58.
4. Козлов, С.А. Инженерно-геологические свойства кобальтомарганцевых корок и их субстратов, особенности их формирования / С.А. Козлов / Инженерно-геологические условия разработки полезных ископаемых морского дна. — СПб.: ВНИИОкеангеология, 1996. — С. 15–29.
5. Козлов, С.А. Основы инженерно-геологического районирования площадей распространения железомарганцевых руд в Тихом океане / С.А. Козлов // Горный журнал. — 2012 — № 3. — С. 29–37.
6. Лисицын, Е. Д. Вчера, сегодня и завтра морской электроразведки в ГНПП «Севморгео» / Е.Д. Лисицын, Л.Ф. Московская, А.А. Петров // Разведка и охрана недр. — 2001. — № 10. — С. 19–22.
7. Неизвестнов, Я.В. Горно-геологические условия промышленного освоения глубоководных полиметаллических сульфидов Северной Атлантики / Я.В. Неизвестнов, В.А. Кошелева, Н.А. Куринный, М.Л. Самоваров, Е.В. Поляков // Горный журнал. — 2012. — № 3. — С. 23–28.
8. Углов, Б.Д. Об определении формы рудных тел глубоководных сульфидных месторождений для оценки их ресурсного потенциала / Б.Д. Углов // Руды и металлы. — 2013 — № 6. — С. 19–29.
9. TAG: drilling an active hydrothermal system on a sediment free- slow-spreading ridge. Ocean Drilling Programm, LEG 158, Preliminary report, 1994.

© Коллектив авторов, 2016

Козлов Сергей Александрович // kozlov.polar@rambler.ru
Бельтенёв Виктор Ефимович // ocean@polarex.spb.ru
Иванов Виктор Николаевич // ocean@polarex.spb.ru
Каулио Валерий Матвеевич // kaulio@polarex.spb.ru
Самоваров Михаил Леонидович // ocean@polarex.spb.ru

ГЕОФИЗИКА

УДК: 550.834.5(268.52)

Образцов И.В., Русак И.А., Жесткова М.М., Кот О.Н.,
Зобнина Н.И. (ОАО «СЕВМОРНЕФТЕГЕОФИЗИКА»
АО «Росгеология»)

НЕАНТИКЛИНАЛЬНЫЕ ЛОВУШКИ УГЛЕВОДОРОДОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОБЪЕКТЫ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ШЕЛЬФА КАРСКОГО МОРЯ

Основные перспективы нефтегазоносности на шельфе Карского моря традиционно связаны с крупными локальными структурами по аналогии с известными уникальными по запасам Русановским и Ленинградским месторождениями и открытым в 2014 г. в пределах Университетской структуры месторождением Победа. В данной статье освещены результаты геофизических исследований на Припайхойской моноклинали, позволившие выделить и оценить по степени перспективности крупные неантиклинальные ловушки углеводородов (УВ). **Ключевые слова:** сейсморазведка МОВ ОГТ 2Д, временной разрез, отражающий горизонт, изогипсы, изопакиты, осадочный чехол, аномалии сейсмической записи, АВО-анализ.

Obraztsov I.V., Rusak I.A., Zhestkova M.M., Kot O.N.,
Zobnina N.I. (SEVMORNEFTEGEOfIZIKA, Rosgeologiya)

NONANTICLINAL TRAPS HYDROCARBONS AS-WIDE
PROSPECTS OF OBJECTS IN SOUTH-WESTERN KARA SEA
SHELF

*Traditionally, the main petroleum potential of the Kara Sea shelf is confined to large local structures by analogy with the Rusanovskoye and Leningradskoye fields known and unique in terms of reserves and the Pobeda field discovered in 2014 within the Universitetskaya structure. This paper covers the results of geophysical studies carried out within the Pripaikhoiskaya monocline which has enabled to identify and estimate large nonanticlinal hydrocarbon (HC) traps in terms of their prospectivity levels. **Keywords:** 2D CMP survey, time section, reflector, contours, isopaches, sedimentary cover, seismic anomalies, AVO analysis.*

Изучение Карского шельфа началось в 1970-х годах и проводилось такими организациями, как ВНИИ-Моргео, Комплексная морская арктическая геолого-геофизическая экспедиция (КМАГЭ) в составе Северного морского научно-производственного геолого-геофизического объединения (Севморгео), в настоящее