

УДК 550.42+ 552(5)

© Член-корреспондент АН СССР А.П. ЛИСИЦЫН, А.М. САГАЛЕВИЧ, Г.А. ЧЕРКАШЕВ,  
Н.Л. ШАШКОВИЗУЧЕНИЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА В АТЛАНТИЧЕСКОМ  
ОКЕАНЕ ИЗ АППАРАТОВ «МИР»Институт океанологии им. П.П. Ширшова Академии наук СССР, Москва  
ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург

В феврале-мае 1988 г. состоялся 15-й рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш». Главной научной задачей этой экспедиции являлось изучение гидротермальной активности в рифтовой зоне Срединно-Атлантического хребта в районе 23-26°с.ш. Перед экспедицией стояли не только научно-методические задачи, поскольку это был первый рейс, в котором с помощью глубоководных аппаратов «Мир», рассчитанных на глубину 6000 м, решались научные задачи. Аппараты и установленное на них научное оборудование необходимо было проверить при работах в режиме длительного пребывания у дна. Глубоководные обитаемые аппараты «Мир-1» и «Мир-2» (рис. 1) построены финской фирмой «Раума-Репола ошеаникс» (Финляндия) в тесном сотрудничестве с Академией наук СССР и по ее техническому заданию. За время экспедиции было сделано 16 погружений аппаратов в диапазоне глубин 3200-4940 м. Каждое погружение продолжалось в среднем 14,5 ч, аппараты находились на дне от 6 до 11 ч и проходили расстояние над дном с его детальным изучением более 2 миль.

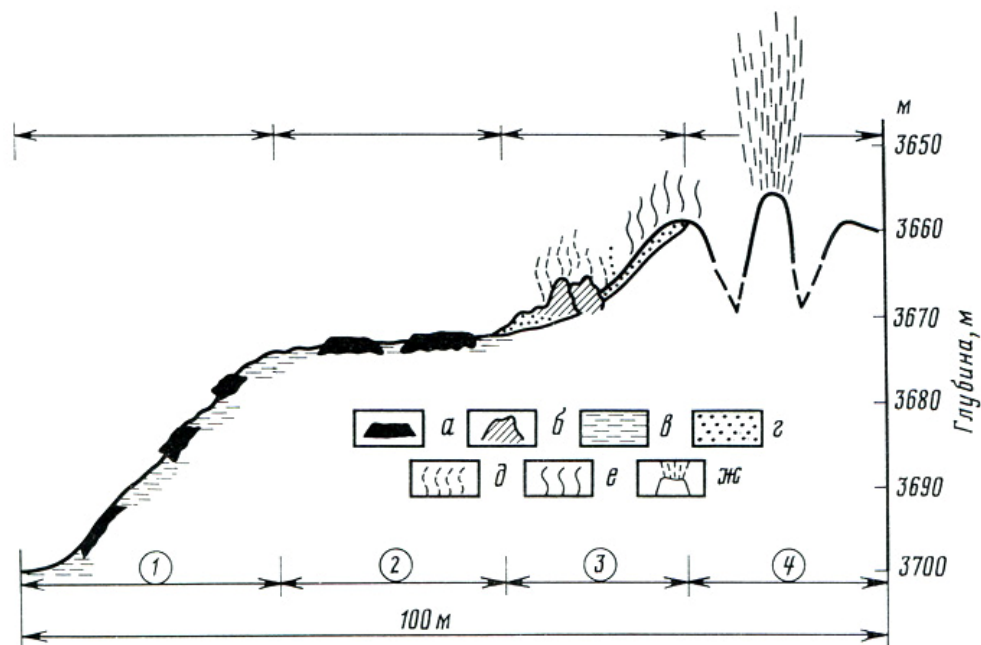


Рис. 1. Схема гидротермального холма. Морфологические зоны: 1 – внешний склон; 2 – промежуточная площадка; 3 – внутренний склон; 4 – верхняя площадка (вершина), типы рудных отложений: 1 – окисленные сульфиды (гидроокислы Fe, атакамит), 2 – Zn-Fe- и Cu-Zn-Fe-сульфиды, 3 – Cu-Fe-сульфиды, 4 – Fe- и Cu-Fe-сульфиды. а – блоки массивных сульфидов; б – ангидритовые постройки; в – охры; г – ангидрито-сульфидные пески; д – муар; е – холодные черные дымы; ж – «черный курильщик»

В шестом погружении аппарата «Мир-2» с экипажем в составе А.М. Сагалевича, А.Г. Благодарева и Г.А. Черкашева был изучен действующий гидротермальный источник. Этот источник обнаружен в 1985 г. американскими исследователями [Rona et al., 1986], однако детального его изучения не проводилось. В процессе погружения была детально исследована активная гидротермальная постройка, отобраны геологические и биологические образцы, изучен факел «черного курильщика», произведены гидрофизические измерения гидротермального поля вокруг источника. В течение 3 ч аппарат трижды пересек основные морфологические элементы в северо-западной части гидротермального холма.

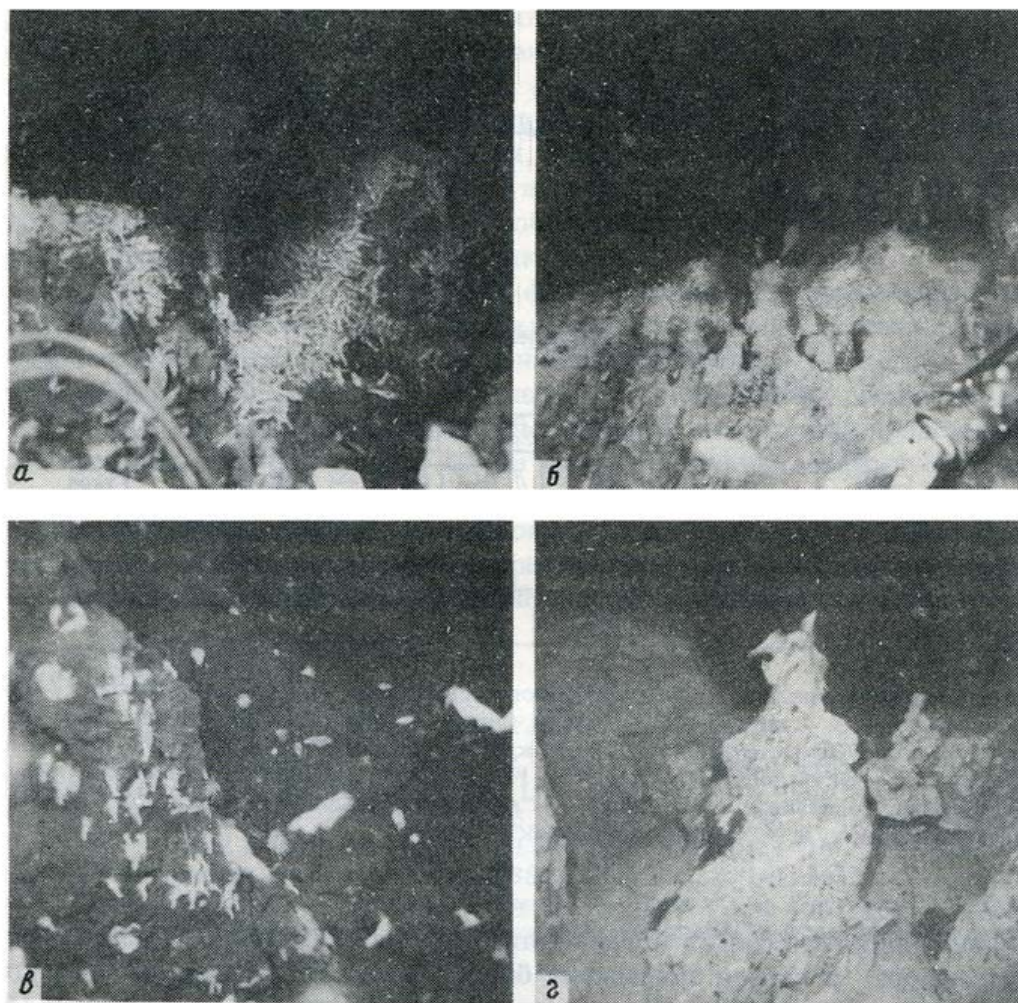


Рис. 2. а – креветки *Rimicaris* на сульфидной постройке около «черного курильщика»; б – высачивание черных дымов сквозь осадки на вершине гидротермального холма; в – креветки, крабы и актинии на сульфидной постройке вблизи «курильщика»; г – фигурные постройки, сложенные сульфитгидратами на склоне гидротермального холма

Аппарат опустился вначале на вулканическую постройку, сложенную свежими обломками базальтов. Далее аппарат двигался в сторону холма курсом 130°. По ходу маршрута было пересечено несколько меридианально ориентированных линейных поднятий, сложенных обломками базальтовых труб, слегка припорошенных осадками. В непосредственной близости от холма (последние 50 м) дно полностью покрыто осадками, что не совпадает с наблюдениями из американского аппарата «ALVIN», по которым у основания холма отмечались многочисленные выходы базальтов [Scott et al., 1974]. На рис. 1 показаны основные морфологические элементы холма: внешний склон, промежуточная площадка, внутренний склон и центральная площадка (вершина).

В пределах постройки наблюдаются существенные изменения морфологии и типов геологических образований, характера гидротермальной активности и комплексов фауны.

1. На внешнем склоне и промежуточной площадке гидротермальные источники не зафиксированы. Внешний склон довольно крутой (до 40°), засыпан рыхлыми отложениями с яркой охристой окраской. «Охрами» присыпаны также многочисленные глыбы окисленных с поверхности сульфидных руд. Глыбы достигают нескольких метров в поперечнике. Встречены и почти вертикальные участки склона, представляющие собой коренные выходы массивных руд. Цвет их красно-бурый с белыми выцветами (налет), на отдельных участках - серый. В пробах, отобранных с внешнего склона, определены сульфиды Fe и Cu и продукты их окисления; отобраны ярко-зеленый минерал, близкий к атакамиту -  $\text{CuCl}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ , вулканическое стекло, а также мелкие обломки породы, сложенные кварцем, хлоритом и пиритом (продукты гидротермального изменения вулканитов). На видеозаписи (глубина 3680 м) отмечены покрытые слоем охры с поверхности породы, напоминающие по форме фрагменты базальтовых труб с секториальной отдельностью.

2. Характер гидротермально-осадочных отложений на промежуточной площадке изменяется. Здесь много светлого сахаровидного сульфата (ангидрит), уменьшается относительное количество охр, степень окисления блоков сульфидных руд также ослаблена. Растворение ангидрита приводит к формированию своеобразного ландшафта растворения с образованием каверн, пиков, борозд. Из-под окисленных с поверхности пластин с неровными, корродированными краями проглядывает основная сульфидная масса серого цвета. Руды на промежуточной площадке имеют Zn-Fe- и Cu-Zn-Fe-состав. Текстура руд массивная, сливная. Фауна этих участков холма представлена главным образом крабоидами (род *Munidopsis*) и актиниями (актинии преобладают). На одном из вертикально стоящих блоков отмечено около 20 экземпляров этих животных.

3. Резкое изменение ландшафта происходит на внутреннем склоне холма. Это связано с проявлениями гидротермальной активности сначала в виде выхода мерцающих горячих вод (муар), а затем и в виде «черных дымов». Муар образуется при смешении высачивающихся горячих или теплых терм с холодной придонной водой в пределах около 0,5 м от выхода вод. В зоне муара показания термометра не превышали +3,30 °С (при фоновых значениях +2,7 °С). Породы представлены здесь светло-серыми рыхлыми ангидрито-сульфидными отложениями, на которых рельефно возвышаются постройки высотой до 1 м, сложенные преимущественно ангидритом. Рудная фаза этих пород представлена железисто-медными сульфидами. Высачивание «муара» происходит непосредственно из рыхлых отложений. Та же ситуация фиксируется при постепенном переходе в зону черных дымов: постройки в виде труб, служащие «дымоходами», отсутствуют. Струй дыма множество, но они невелики и в первых метрах придонного слоя воды рассеиваются. Скорость истечения менее 1 м/с.

В ходе работы в этой части холма аппарат неоднократно входил в дымы; максимальная температура при этом составила около +6,57 °С. Экстраполяция на точку разгрузки показывает, что эти источники имеют температуру, значительно более низкую, чем флюиды, извергающиеся из жерл тихоокеанских черных курильщиков (более +300 °С). В процессе отбора образцов неожиданно было отмечено начало излияния «черного дыма» на одном из участков дна. Этот факт подтверждает предположение об импульсном характере работы гидротермального источника, основанное на гидрофизических и гидрохимических данных. Руды из зоны «черных дымов» сложены в основном железисто-медными сульфидами. В пробе, отобранной непосредственно на участке термального выхода, среди сульфидных минералов был определен не отмеченный ранее в этом районе пирротин. Руды термальных зон (в отличие от нижележащих) менее плотные, рыхлые, кавернозные, при отборе манипулятором рассыпаются. Яркой особенностью зоны низкотемпературных источников («муара» и «черных дымов») является наличие огромного количества слепых креветок (в основном, рода *Rimicaris*),

находящихся в постоянном движении непосредственно на участках разгрузки гидротерм (рис. 2а). Они питаются бактериями-хемотрофами.

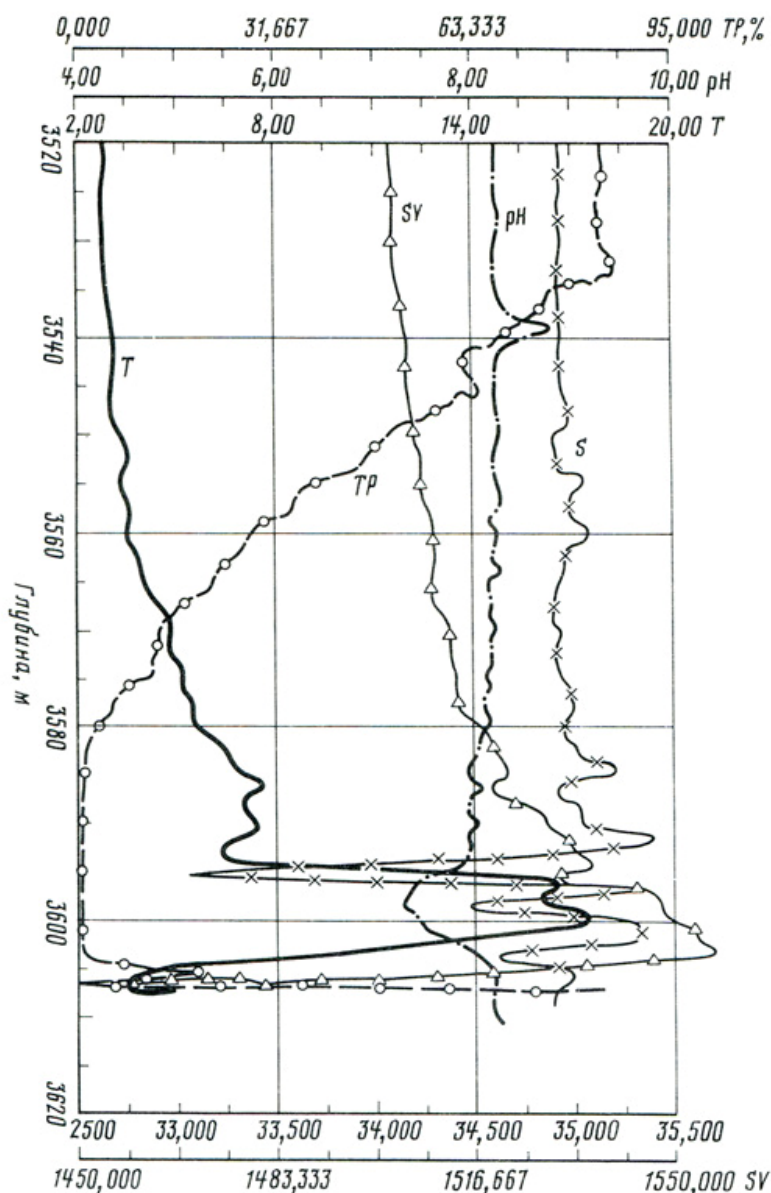


Рис. 3. Графики изменения температуры ( $T$ , °C), прозрачности (% TP), скорости распространения звука в воде ( $SV$ , м/с), солености ( $S$ , ‰), pH при всплытии аппарата "Мир-2" в факеле "черного курильщика" с вершины гидротермального холма (измерения производились системой, установленной на борту аппарата "Мир"). Данные предварительные

По ходу маршрута неоднократно повторялась ситуация, когда аппарат, достигая бровки внутреннего склона, терял дно и вновь опускался на нижнюю часть холма. Непосредственно перед окончательным всплытием при движении вверх по внутреннему склону аппарат оказался на краю депрессии неопределенной глубины с почти вертикальными склонами и после ее пересечения, на глубине 3659 м попал в струю горячего дыма, выходящего из постройки высотой около 10 м и шириной 5 м. Образцы руды из тела курильщика отобраны не были, но по литературным данным он сложен сульфидами Fe- и Cu-Fe-специализации [Rona et al., 1986]. Скорость и интенсивность выхода здесь была значительно выше, чем в ранее наблюдаемых дымах: по мере всплытия аппарата в потоке (по крайней мере на протяжении 5 м) видимость была близкой к нулю, несмотря на включенные наружные светильники. На глубине 3654 м температура

достигала +18,6 °С (рис. 3). Учитывая, что в этот момент аппарат находился примерно в 6-8 м от жерла, температура на выходе составляла около +300 °С.

В зоне действия высокотемпературного «черного курильщика» удалось записать физико-химические параметры, которые резко изменились: рН упал до 7,28 (фон 8,3), соленость - до 33‰ (при 34,9‰ фоновых), прозрачность - до -0,24 усл. ед (фон 85), скорость звука увеличилась до 1558 м/с (при фоне 1502 м/с).

Запись параметров проводилась до глубины 3062 м. Фоновых значений температура достигла на глубине 3586 м (там же, где и мутность), но затем наблюдались локальные ее повышения, связанные с траекторией аппарата при подъеме относительно факела.

В данном погружении, так же как и в остальных 15 проведенных в рейсе, глубоководные обитаемые аппараты «Мир-1» и «Мир-2» показали себя как надежные в эксплуатационном плане и весьма эффективные в плане проведения научных исследований океана.

Поступило

3·V·1989

### ЛИТЕРАТУРА

1. Scott R.B., Rona P.A., McGregor B.A., Scott M.R. // Nature, 1974, vol. 251, № 5473, p. 301-302.
2. Rona P.A., Klinkhammev G., Nelaen T.A. et al. // Nature, 1986, vol. 321, № 6065, p. 33-37.

*Ссылка на статью:*



*Лисицын А.П., Сагалевич А.М., Черкашев Г.А., Шашков Н.Л. Изучение гидротермального источника в Атлантическом океане из аппаратов «Мир» // Доклады АН СССР. 1990. Т. 311. № 6. С. 1462-1467.*