УДК 550.4:551

**Т.Е.САМАРИНА**
*Санкт-Петербургский государственный горный институт* (*технический университет*)

# ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИИ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ «ИРИНА-2»

Работа посвящена исследованию геохимических и биологических показателей участка гидротермального поля Логачев. Рассмотрены основные закономерности распределения живого вещества, взаимодействие его с сульфидами минералов и роль микроорганизмов в формировании и распаде сульфидных построек. По данным съемки с глубоководного обитаемого аппарата «Алвин» были построены корреляционная матрица биологических и геохимических показателей и график распределения биоты и концентраций элементов в зависимости от расстояния до «черного курильщика». Выявлена экогеохимическая зональность вокруг очага гидротермальной разгрузки «Ирина-2». Выделены три зоны: высокотемпературной и низкотемпературной разгрузки, а также окраинная зона осажденного гидротермального материала из плюма.

The article investigates geochemical and biological features of the «Irina-2» area of the Logatchev hydrothermal field. Main regularities in bioplasm distribution and the role of microorganisms in formation and disintegration of sulfide structure are studied. A correlation matrix of biological and geochemical data was created basing on the mapping data from the DSRV «Alvin», and distribution of biota and element concentration according to the distance from the black smoker were analyzed. Ecological and geochemical zoning was established around the «Irina-2» hydrothermal discharge zone. Three zones are distingwished: the high temperature discharge zone, the low temperature discharge zone and the outer zone of hydrothermal material sedimentation from the plume.

Основные районы современной гидротермальной деятельности в Мировом океане приурочены к разломам рифтовых зон и глубоководных желобов [1].

В пределах Срединно-Атлантического хребта (САХ) наблюдаются зоны разгрузки субаквальных хлоридно-натриевых высоко- и низкотемпературных гидротерм. Гидротермальная деятельность сопровождается высокой биологической активностью [2]. Природные тела, слагающие ландшафты гидротермальных полей, можно отнести к биокосным естественным телам – закономерным структурам, состоящим из косных и живых тел одновременно. Гидротермальное рассеяние в океане является сложным многостадийным процессом, в котором превалируют отношения: вода – порода, раствор – живое вещество, взвесь – осадок. При этом формируются разнообразные геохимические барьеры, в том числе биохимические, которые являются объектом экогеохимических исследований. Вокруг гидротермальных источников в изобилии существуют бактерии и организмы, аккумулирующие металлы и соединения серы [3, 4].

Значительные площади вокруг гидротермальных построек покрыты гидротермальными корками, содержащими законсервированные бактериальные маты, обросшие сульфидными минералами. Бактериальная деятельность связана с процессами селективной садки серебра, мышьяка и меди. Биохимическое концентрирование этих элементов приводит к превышению пределов растворимости их сульфидов и осаждению [3].

По мере завершения деятельности источников сульфидные образования начинают активно выветриваться и деградируют, образуя покров осадков, расползающийся под влиянием придонных течений, вплоть до полного исчезновения фрагментов гидротермальных построек.

Микроорганизмы, принимающие участие в разрушении сульфидных минералов (ацидофильные хемолитотрофы и хемолитотрофные ацидофилы) воздействуют на металлы с помощью энзимов.

Данная работа связана с гидротермальным полем Логачев (Срединно-Атлантический хребет). Исследования основаны на результатах съемки с глубоководного обитаемого аппарата «Алвин» в районе сульфидного холма «Ирина-2». В юго-восточной части этого поля расположен высокотемпературный источник, температура которого по данным измерения датчиком с борта «Алвин» равна 348,2 °С. К северу от источника наблюдается крупное скопление сульфидных руд, в основном пирита, пирротина, халькопирита, сфалерита и др. Сросшиеся сульфидные трубы и обломки трубного комплекса в различной степени окислены с поверхности. По многочисленным зонам трещиноватости происходит разгрузка теплых гидротермальных растворов, которые маркируются бактериальными матами и скоплениями живых организмов. В процессе погружения на «Алвин» производился отбор проб гидротермальных растворов, осадков и живых организмов.

На графике распределения содержания элементов и биоты в зависимости от расстояния до высокотемпературного источника наблюдается заметное уменьшение фауны, вплоть до полного ее исчезновения на расстоянии 60 м. Заметное сокращение численности организмов и бактерий связано с уменьшением температуры придонных вод и сокращением поступления веществ, являющихся основой питания организмов.

Такая же зависимость выявлена на графике распределения концентраций элементов в зависимости от расстояния до высокотемпературного источника по данным анализа ISP-MS. По мере удаления от «черного курильщика» содержание изученных элементов резко уменьшается. Поступление химических компонентов в отдаленные точки сульфидного холма «Ирина-2» связано с плюмами, т.е. ореолами рассеяния гидротермальных растворов в океанической воде. По характеру осадков, отобранных на расстоянии 25,5 и 60 м от «черного курильщика», можно судить об изменении интенсивности гидротермальной разгрузки. На расстоянии 25,5 м колонка осадков представлена исключительно сульфидами и оксидами, пропитанными поровыми растворами гидротермального происхождения. Колонка, отобранная на расстоянии 60 м, представлена преимущественно карбонатными осадками, и лишь в верхней части колонки наблюдается гидротермальное вещество, поступающее из плюмов.

Для выявления связи между геологическими, геохимическими и биологическими составляющими гидротермального поля был проведен корреляционный анализ (см. таблицу). По полученным показателям можно судить о взаимосвязи между живым и косным веществом. Самые высокие положительные коэффициенты корреляции наблюдаются между количеством бактериальных матов и содержанием серы. Это доказывает,

**Матрица коэффициентов парной корреляции геохимических и биологических показателей**

| Показатель | Бактериальные маты | Креветки | Мидии | Расстояние | S сум | $SiO_2$ | Fe | MnO | Au |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Бактериальные маты | 1,00 | | | | | | | | |
| Креветки | 0,00 | 1,00 | | | | | | | |
| Мидии | 0,06 | **1,00** | 1,00 | | | | | | |
| Расстояние | −0,78 | −0,63 | −0,67 | 1,00 | | | | | |
| S сум | **0,96** | −0,27 | −0,21 | −0,58 | 1,00 | | | | |
| $SiO_2$ | **0,94** | 0,33 | 0,39 | **−0,94** | 0,81 | 1,00 | | | |
| Fe | **0,88** | 0,47 | 0,52 | **−0,98** | 0,73 | **0,98** | 1,00 | | |
| MnO | −0,74 | −0,36 | −0,40 | 0,80 | −0,59 | **−0,82** | −0,81 | 1,00 | |
| Au | 0,43 | **0,90** | **0,92** | **−0,90** | 0,17 | 0,69 | 0,80 | −0,65 | 1,00 |

что бактериальные маты, представляющие собой сросшиеся нитевидные хемолитотрофные бактерии (бактерии, существующие за счет энергии хемосинтеза), получают питание за счет выходящего из гидротермального источника сероводорода.

Тесная отрицательная линейная связь наблюдается между распределением железа и расстоянием от источника. Высокие значимые коэффициенты корреляции получены для следующих пар изученных параметров: бактериальные маты – $SiO_2$; $SiO_2$ – Fe; креветки, мидии – Cu. Наблюдается отрицательная корреляция концентраций $SiO_2$ и MnO. Это связано с тем, что Si поступает непосредственно из гидротермальных растворов и осаждается вблизи источников, а Mn переносится в плюмах и образует взвесь на некотором удалении от источника, главным образом под влиянием деятельности бактерий.

По данным химического анализа отобранных проб, фотографиям поверхности океанического дна была выявлена экогеохимическая зональность в зоне гидротермальной разгрузки «Ирина-2». В соответствии с изменением геохимических и биологических показателей выделено три зоны:

- зона высокотемпературной разгрузки;
- зона низкотемпературной разгрузки;
- окраинная зона осажденного гидротермального материала из плюма.

Зона высокотемпературной разгрузки – 0-5 м от «черного курильщика». Непосредственно у выхода термальных вод не наблюдается фауны вследствии высокой температуры восходящего источника. На небольшом удалении встречаются двустворчатые, креветки, крабоиды. Преобладающими гидротермальными компонентами в осадках являются железо и оксид кремния.

Зона низкотемпературной разгрузки – 5-30 м от выхода высокотемпературных гидротермальных растворов. Здесь наблюдается разнообразие организмов и бактерий, среди которых широко представлены двустворчатые, креветки, рачки, рыбы, гастроподы, бактериальные маты, морские звезды. Среди гидротермальных компонентов в осадке здесь можно отметить высокие содержания железа и оксида кремния, а также суммарной серы.

Окраинная зона – более 30-50 м от «черного курильщика». Значительно уменьшается деятельность организмов, вплоть до полного их исчезновения. Встречаются скопления мертвых организмов. Резко снижается концентрация всех микрокомпонентов.

Дальнейшее направление проводимых исследований будет связано с анализом состава и температуры разгружающихся растворов в соответствии с выявленной экогеохимической зональностью.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Гидротермальные сульфидные руды и металлоносные осадки океана / Под ред. И.С.Грамберга и А.Т.Айнемера. СПб: Недра, 1992.

2. *Судариков С.М.* Особенности геохимии экосистем Атлантики // Литосфера океана: состав, строение, развитие, прогноз и оценка. СПб, 1995.

3. *Arquit A.M.* Geological and Hydrothermal Controls on the Distribution of Megafauna in Ashes Vent Field, Juan de Fuka Ridge // J.Geophus. Res. B.,1990.

4. *Sudarikov S.M. and Galkin S.V.* Geochemical Features of the Snake Pit Vent Field and Implications for the Vent and Non-vent Fauna // Hydrothermal Vent and Progresses, Geological Society Special Publication, 1995.

Научный руководитель д.г.-м.н. проф. *С.М.Судариков*