

РЕЗУЛЬТАТЫ КРАСНОМОРСКИХ ЭКСПЕДИЦИЙ КАФЕДРЫ ОКЕАНОЛОГИИ ОГЭКУ

*А.Б. Капочкина, А.И. Малышев,
М.Б. Капочкина*

Одесский государственный экологический
университет,
г. Одесса, ул. Львовская, 15
E-mail: tsb1@mail.ru

*Приведены результаты семи красно-
морских экспедиций по изучению коралловых
рифов. На количественном уровне демонстри-
руется влияние флюидного режима литосферы
на развитие коралловых рифов.*

Постановка проблемы. Коралловые рифы считаются индикатором процессов глобального потепления и изменения кислотности вод Мирового океана [1, 2]. В этом аспекте, исследование иных механизмов регулирования роста коралловых рифов может быть отнесено к актуальным проблемам современности.

Анализ последних исследований. В настоящее время установлено, что развитие коралловых рифов определяется комплексом процессов, удовлетворяющих условиям симбиотического существования кораллового полипа и водоросли. В результате жизнедеятельности коралловых полипов вырабатывается углекислый газ. Повышенные концентрации углекислого газа повышают растворимость CaCO_3 , что затрудняет строительство внешнего скелета полипа. Водоросли, потребляя углекислый газ, способствуют понижению растворимости CaCO_3 . В дневное время водоросли в результате фотосинтеза продуцируют кислород, что способствует выживанию полипов в период суточного минимума концентрации кислорода в морской воде. Известно, что коралловые рифы развиваются в тропической зоне Мирового океана только в районах с достаточным содержанием биогенных веществ. Установлено, что такие условия наилучшим образом формируются в зонах проницаемых для литосферных флюидов тектонических нарушений [3].

Установлено, что коралловые отмели практически безжизненны. В то же время на внешней бровке коралловой отмели условия для развития рифа наиболее привле-

кательны. Известно, что зоны активных рельефообразующих разломов земной коры являются путями миграции кислых растворов с высокими концентрациями, биогенных элементов. Кислые растворы, содержащие ионы щелочных металлов, проходя через толщу древних коралловых построек, растворяют их, вынося живым коралловым постройкам дополнительные объемы перенасыщенных растворов карбонатов.

Тектонические нарушения, по которым выделяются аномально кислые флюиды, формируют протяженные зоны с характерными для процессов химического выветривания песчаными обвалами в виде каньонов. В условиях чрезмерно низких значений pH, даже при наличии биогенов, коралловые постройки не смогут активно увеличивать объем кораллового рифа, а мертвые коралловые постройки подвергаются растворению. Известно, что в районах выхода подземных вод с низкой соленостью коралловые рифы не развиваются. Здесь произрастают мангровые деревья.

Цели и задачи исследования. В связи с тем, что перечисленные известные закономерности часто умозрительны и не подтверждены расчетами и специальными натурными измерениями, была поставлена задача обоснования существующих выводов на количественном уровне. С этой целью и были организованы экспедиции на коралловые рифы Красного моря.

Изложение основного материала. Изучения коралловых рифов проводилось в Красном море в районе порта Сафага и в заливе Акаба в районе населенных пунктов Таба, Дахаб, Набк, Шарм-ель-Шейх, в заповеднике Рас Мохаммед. Исследования включали изучение спутниковых снимков, отбор и химический анализ проб воды, измерения температуры в районе коралловых отмелей, в придонном слое у бровки коралловых рифов и на различных горизонтах. Исследования проводились с использованием плавсредств и при погружениях. Проводилось подводное фотографирование рифов и изучение их состояния.

Доказательство связи флюидного режима разломной тектоники и кораллового рифообразования на количественном уровне выполнено на выступающих в море коралловых рифах, которые формируют линейные границы.

Для выявления азимутов морского края кораллового рифа, были применены методы аппроксимации внешних частей выступающих коралловых рифов линейными уравнениями. Анализ линейных уравнений позволил объективно, используя метод наименьших квадратов, определить азимут ориентировки в пространстве внешней бровки рифа и, путем сопоставления с известными азимутами блоковой делимости литосферы, определить приуроченность коралловых рифов к системам проницаемых зон литосферы. Были обработаны спутниковые снимки Египетского берега залива Акаба и сформированы ряды координат мористого края рифов, выступающих в море. Используя эти координаты, для каждого линейного участка рифа рассчитаны линейные регрессионные уравнения. Степень «линейности» подтверждалась значимыми значениями коэффициентов корреляции. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты объективного анализа ориентированности линейных участков коралловых рифов

Район выступающего в море кораллового рифа	Азимут
Северная часть кораллового рифа в бухте Набк	338°
Южная бровка кораллового рифа в бухте Набк	22°
Залив Ras el Masri (Таба)	345°
Бухта Ras Nasrani (Шарм эль Шейх) северная часть	0°
Бухта Ras Nasrani (Шарм эль Шейх) южная часть	45°

Результаты расчетов были сопоставлены с известными азимутами блоковой делимости земной коры. Установлено, что обследованные коралловые рифы, с допустимой точностью определения азимутов блоковой делимости литосферы, формируются геохимическими процессами вдоль систем разломов с азимутами 332° (62°); 17°(287°); 347° (77°); 0° (270°); 45° (315°).

Подтверждение тезиса о формировании коралловых рифов в зонах апвеллинга над тектоническими нарушениями получено измерениями температуры морской воды. Первые инструментальные исследования субмаринной разгрузки подземных вод были выполнены на африканском шельфе Красного моря южнее п. Сафага. Обнаруженная разгрузка холодных подземных вод

была настолько интенсивной, что сопровождалась гибелью рыб и головоногих моллюсков. Измеренная температура воды на рифовой отмели оказалась ниже 8,2 °С (при температуре прибрежных Красноморских вод 21,9 °С). Субмаринные воды менее щелочные (рН=7,91 при фоновых значениях рН>8,1), с низкими показателями Eh. Для изучения временной изменчивости субмаринной разгрузки подземных вод были проанализированы материалы измерений на гидрометстанции г. Эйлат (Израиль). Исследования показали, что в июле-августе в Эйлате среднемесячная температура воды не поднималась выше 24,8 °С. Анализ температурных изменений в июле 2007 г., в период тектонической активизации разлома Мертвого моря показал, что в летний сезон может формироваться тенденция к аномальному снижению температуры воды на 2 °С. Во время экспедиции в этот регион полученные результаты были подтверждены собственными измерениями.

Были выполнены измерения температуры воды у дна на разрезе вдоль рифа. Зоны субмаринной разгрузки флюидов выделяются по отрицательным температурным аномалиям. Примечательным оказался также факт активного заселения крабами участков побережья, согласующихся в пространстве с территорией суши, подтопленной подземными водами. Коэффициент корреляции между температурой воды кораллового рифа и численностью популяции крабов в зоне заплеска составила $R=-0,86$. Во время погружений установлено, что в зоне, где субмаринная разгрузка флюидов выражена слабее и гидрохимические условия более приближены к морским – фиксируется максимальная численность моллюсков и мурен (до 7-ми особей на 10 погонных метров).

Во время экспедиции, выполненной в первую декаду августа 2009 г. были получены косвенные подтверждения формирования эффекта даунвеллинга в периоды раскрытия рифовых зон. Известно, что в августе каждого года происходит расширение южного полушария и сжатие северного. Этот тип геодеформаций в северном полушарии активизирует Калифорнийскую, Красноморскую и Исландскую рифтовые зоны. По данным измерений быстропотекающих изменений гравитационного поля, в Калифорнийском и Красноморском риф-

тах фиксировались положительные гравитационные аномалии. Кроме этого время выполнения экспедиции было приурочено к аномальным геодформациям земноприливного генезиса, на пике которого 3–5 августа произошли сильные землетрясения именно в Калифорнийском рифте. 5–7 августа фиксировался рост температуры воздуха, снижение влажности воздуха и соответствующее падение атмосферного давления. Наиболее яркими особенностями этого периода были систематические повышения влажности воздуха в дневные часы 5–7 августа. Спутниковая съемка показывает 5 августа развитие необычных процессов увеличения туманов в ночные часы, а 6 августа падение температуры воздуха на 20 градусов и образование тумана. Измерения показали, что в этот период, в отличие от предыдущих экспедиций, появлений холодных вод вдоль коралловых отмелей не фиксировалось. Температура воды у подножия рифа и на горизонтах 0, 5, 10, 15, 20 м была не ниже 29 °С, что на 2–3 градуса выше климатической нормы.

Выводы. Расчетами подтверждено согласование линейных зон коралловых рифов с проницаемыми зонами в земной коре. Эффекты разгрузки подземных вод вдоль коралловых рифов подтверждены измерениями температуры и анализом отобранных проб морской воды.

Перспективы дальнейших исследований. В рамках планирования дальнейших исследований изучено строение Большого Барьерного рифа в Австралии. Установлено, что Большой Барьерный риф, на всем протяжении делится проливами с четко фиксированной шириной. Было высказано предположение о том, что эти проливы отражают блоковую делимость литосферы и формируются в результате химического выветривания, визуализируя границы тектонических блоков, проницаемые для кислых флюидов литосферы. Учитывая, что блоки имеют размеры кратные и дольные 140 км с соответственной шириной разломных зон, рассчитано, что для масштаба разломных зон менее 1 км – масштаб блоков должен соответствовать размерам 8,5 км, 4,25 км, 2,125 км и соответственно ширина разломных зон должна быть 625 м, 310 м, 156 м.

Были выполнены измерения характерных значений ширины проливов Большого

Барьерного рифа показанные на рисунке 1, и установлено, что действительно фиксируются 3–4 моды ширины проливов с наиболее вероятными значениями, примерно, 790 м; 450 м; 200 м (рисунок 2). Полученные размеры несколько шире самих разломных зон, что может быть объяснено естественной диффузией кислых растворов за пределы разломной зоны.



Рисунок 1 – Спутниковое изображение рифа

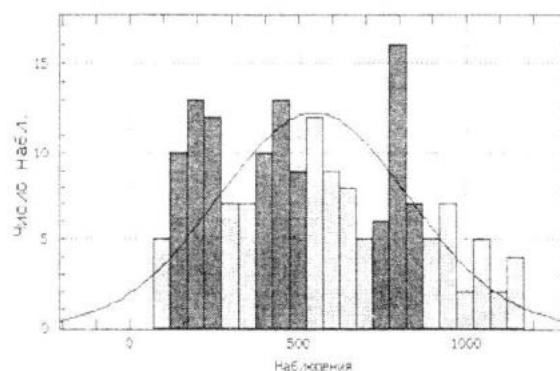


Рисунок 2 – Гистограмма значений ширины проливов Большого барьерного рифа

Литература

1. Капочкин Б.Б., Михайлов В.И., Кучеренко Н.В. Изменение гидрохимического климата Мирового океана – одна из причин глобального потепления, *Экологія і суспільство* вип. 3. – Одеса. 2008. – С. 92–96.
2. Михайлов В.И., Капочкина А.Б. Увеличение кислотности вод Мирового океана – глобальная экологическая катастрофа, *Экологія і суспільство* вип. 3. – Одеса. 2008. – С. 110–114.
3. Kapochkin B.B., Pashkina M.V., Kucherenko N.V., Kapochkina A.B. Tectonic conditions of development and degradation of coral reefs, Sixth International Symposium on eastern mediterranean geology April 2–5, 2007 Amman-Jordan.