

М.М. ХАМАД

Геолого-технический ин-т,
P.O.2193, Аль-Мадина, Саудовская Аравия

АЛЬГОЛОГИЧЕСКАЯ БИОСТРАТИГРАФИЯ НЕКОТОРЫХ РАННЕ-МИОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ПУСТЫНИ (ЕГИПЕТ)*

Отложения раннего миоцена в Гебель Генефе (Северо-Восточная пустыня) залегают среди олигоценовых и эоценовых отложений. Они состоят преимущественно из регрессивных и трансгрессивных смешанных кремниевых-карбонатных осадочных пород морских мелководий. Литостратиграфически раннемиоценовые отложения представлены формацией Гарра, состоящей (снизу вверх) из четырех разрезов: Агруд, Садат, Хоммат и Генефе. Были изучены и описаны два разреза: Гебель Генефе и Гебель Агруд. В разрезах Садат и Генефе кораллиновые красные водоросли часто встречались в виде фрагментов, корок и родолитов. Среди них найдены крупные и мелкие фораминиферы, кораллы, иглокожие, двустворчатые моллюски, брюхоногие мшанки. Изученные члены формации состоят из доломитизированных пород, образованных крупными и мелкими обломками биологического происхождения, включая родолиты до 3 см в диаметре. В результате исследования было выявлено 14 видов кораллиновых красных водорослей. Из родов наиболее массово развивался *Lithophyllum*, за ним следуют *Mesophyllum* spp., *Lithothamnion* spp. и *Spongites* spp. Вертикальное распределение кораллиновых красных водорослей в изученных разрезах позволило разделить раннемиоценовые отложения на две локальные кораллиновые водорослевые зоны (снизу вверх): зону *Lithophyllum ghorabi* (включает Садат) и зону *Mesophyllum iraqense* (включает Генефе).

Родолиты были исследованы по следующим параметрам: размеры, форма, массивность, симметрия, формы роста водорослей, их видовое разнообразие, наличие эпибионтов или сверлящих форм. Эти показатели отражают экологические отличия между двумя изученными разрезами. Сравнение популяций родолитов выявило как общие черты, так и значительные отличия. Популяции родолитов из Гебель Генефе формировались в низкоэнергетических условиях и характеризуются пористыми родолитами с высокой первичной пористостью, иногда встречающимися эпибионтами, просверленными и толстыми талломами кораллиновых водорослей и большей их ассиметрией. Напротив, в Гебель Агруд популяция родолитов формировалась в высокоэнергетических условиях морских мелководий, и ей присущи более мобильные симметричные родолиты с тонкими кораллиновыми талломами, покрытыми эпибионтами.

Ключевые слова: кораллиновые красные водоросли, ранний миоцен, видовое разнообразие, морфология, Египет.

Введение

Миоценовые породы широко распространены в Северо-Восточной пустыне, неравномерно переслаивая кремниевые-обломочные отложения не морского происхождения (красноватые до коричневатых пески, песчаники и гравий) возраста олигоцена (Sadek, 1959; Metwalli, 1963; Said, 1990). В виде обширных обнажений они занимают впадины, окружающие эоценовые топографические возвышенности, как, например, Гебель Атака, Гебель Овейбед, Гебель Абу Трейфия и Гебель Эль Галала

© М.М. Хамад, 2008

*Список литературы и рисунки приведены на языке оригинала.

Уд Бахария (рис. 1). Эти осадочные породы представляют собой трансгрессивно-регрессивную смену слоев от нижнего, образованного кремниевыми-обломочными отложениями морских мелководий, до верхнего, в котором залегают мелководные известняковые водорослевые ассоциации, характерные для современных умеренных платформ. Миоценовым отложениям этой области посвящены многочисленные публикации, большинство из которых касается проблем стратиграфии, а содержащиеся в них микрофоссилии лишь упоминаются (Sadek, 1959; Metwalli, 1963; Souaya, 1963a-c; Cherif, 1966; Hamam, 1966; Said & Metwalli, 1966; Ghorab & Marzouk, 1967; Abdallah & Abdel Hady, 1968; Farag & Sadek, 1968; El Gamal, 1971; Al Ahawani, 1977; Cherif & Yehia, 1977; Hermina et al., 1989; Said, 1990; Said, 1990; Nebelsick & Kroh, 2002; Abdel Ghany, 2003) (см. схему).

Схема литостратиграфической корреляции с указанием местоположения миоценовых пород в Северо-Восточной пустыне (по данным разных авторов)

Период	Sadek, 1926 & 1959	Abdallah & Abdel Hady, 1966	National Start. Sub-Committee, 1976	Said, 1990	Ismail & Abdel Ghany, 1999	Хамад, 2007
Верхне-миоценовый	Верхняя серия М3	Формация Хагул	Формация Хагул			
Средне-миоценовый	Средняя серия М2	Формация Хоммат	Формация Генефе, формация Хоммат	Формация Генефе	Формация Хоммат	Формация Хоммат
Ранне-миоценовый	Нижняя серия М1	Формация Садат	Формация Садат		Формация Садат	Формация Гарра

Первое специальное исследование кораллиновых красных водорослей Гебель Генефе было проведено Совайа (Souaya, 1963a), описавшим и проиллюстрировавшим 13 видов кораллиновых водорослей и установившим две локальные водорослевые подзоны (снизу вверх): *Archaeolithothamnium cyrenicum* Raineri и *Lithophyllum ghorabii* Souaya. Эль Гамал (El Gamal, 1971) активно изучал миоценовые насыщенные водорослями отложения в некоторых областях северного Египта, в т. ч. в районе трассы Каир-Суэц, и показал наличие в них многочисленных кораллиновых красных водорослей. Недавно (Imam & Refaat, 2000) были также изучены миоценовые отложения Вади Абур в южном Синае, в которых обнаружено 15 видов кораллиновых водорослей и описаны две локальные водорослевые зоны (снизу вверх): *Lithothamnium undulatum* и *Mesophyllum sanctidionysii*.

Литостратиграфия

Отложения раннего миоцена в Северо-Восточной пустыне, особенно в районах Гебель Генефе и Агруд, представлены чередующимися регрессивными и трансгрессивными отложениями, состоящими из обломочных кремниевых и карбонатных осадочных пород. Наше исследование было посвящено именно этим двум районам. Изучение литостратиграфии данной территории показало, что здесь представлена только формация Гарра, в которой различают четыре слоя снизу вверх: Агруд, Садат, Хоммат и Генефе (El Gamal, 1971).

Формация Гарра

Эта формация была впервые выделена Ghorab & Marzouk (1967) в Гебель Гарра на трассе Каир-Суэц для характеристики морских миоценовых отложений этой области. Эль Гамал (El Gamal, 1971) в исследовании миоценовых рифовых известняков некоторых разрезов северного Египта неформально разделил формацию Генефе на четыре составляющих. Их подробная характеристика приведена ниже.

1. Агруд. Впервые был описан и неформально установлен Эль Гамалем (El Gamal, 1971) для обозначения нижнего подраздела формации Гарра в северо-восточном Египте. Этот слой состоит преимущественно из обломочных кремниевых отложений, неравномерно перекрывающих олигоценые породы и подстилающих следующий за ним слой Садат. Литологически он образован крупнозернистым песчаником, алевроитом и известковым песчаником, перемежаемым тонкими песчанико-известняковыми пластами. Этот слой сверху завершается горизонтально слоистым алевроитом, перемежающимся тонкими прослойками песчаников и угля. Исмаил и Абдель Гани (Ismail & Abdel Ghany, 1999) изучали планктонные фораминиферы, содержащиеся в слое Агруд, и обнаружили следующие виды: *Globigerinella* sp., *Globigerinoides altiapertura*, *G. parawoodi*, *G. immaturus*, *G. primordius*, *G. trilobus* и *G. quadrilobatus*, что позволило датировать этот слой как раннемиоценовый (Бурдигалианский период). Они также подтвердили свою датировку при помощи обызвествленного нанопланктонного вида *Helicosphaera ampliapertura* (NN4 по: Martini, 1971). Исследование макрофауны этого слоя (Nebelsick & Kroh, 2002) показало значительное скопление скелетизированных остатков таких видов, как *Parascutella* spp., *Parascutella deflersi*, а также *Amphiope bioculata*, *Clypeaster acclivis* и *Echinolampas ampla*, что является убедительным аргументом в пользу датирования слоя Агруд ранним миоценом (Бурдигалианский период). Кроме того, автор настоящего сообщения изучал песчанико-известняковые и некоторые алевроитовые отложения в Гебель Генефе и обнаружил планктонные и бентосные ассоциации, состоящие преимущественно из *Catapsydrax unicavas*, *Dentoglobigerina venezuelana*, *Globigerina ciperoensis*, *Globigerinoides primordius* и *Globigerinoides trilobus* с бентосными видами *Lepidocyclina undosa*, *L. canelli*, *Elphidium* sp., *Heterostegina* sp., *Siphonina tenuicarinata*, *Miogypsina* sp., относящимися к зоне M1 в понимании Бергрена с соавт. (Berggren et al., 1995). Наличие попеременно перепластованного песчаника, алевроита и тонких слоев богатого окаменелостями песчаникового известняка свидетельствует о том, что отложения этого слоя были образованы в условиях речных – речных-морских и морских мелководий.

2. Садат (водорослевноносный слой). Впервые установлен Эль Гамалем (El Gamal, 1971) для обозначения нижней части формации Генефе на трассе Каир-Суэц. Залегает над слоем Агруд и под слоем Хоммат. Литологически он образован преимущественно белыми до желтовато-белых, твердыми, от водорослевых до рифовых известняками, богатыми окаменелостями, со значительной долей кораллиновых конкреций (составляют 30-50 % породы). Также присутствуют двустворчатые моллюски, мшанки, серпулиды, брюхоногие, морские ежи и отдельные одиночные и колониальные кораллы. Автор отметил, что этот слой состоит из нескольких родолитовых горизонтов (состоящих из скоплений родолитов,

кораллиновых корок и морских мшанок), перемежающихся тонкими пластами песчаникового известняка. Эти родолитовые горизонты более толстые в Гебель Генефе (25 м), чем в Гебель Агруд (9 м). В слое Садат также много окаменелых остатков крупных донных фораминифер, таких как *Miogypsina* spp., *Heterostegina* spp. и переработанной *Leipdocyclina* spp. Шериф (Cherif, 1963) исследовал микро- и макрофауну этого слоя. Недавно (Ismail & Abdel Ghany, 1999) была подробно изучена микрофауна Садата и обнаружены следующие крупные бентосные фораминифоры: *Operculina complanata*, *Heterostegina heterostegina*, *Miogypsina intermedia*. Этот слой был датирован как раннемиоценовый (Бурдигалианский период). Мы тщательно изучили его и обнаружили, что в нем содержатся преимущественно крупные донные фораминифоры, в т. ч. *Miosorites americanus*, *Neorotalia mexicana*, *Stillostomella caribbea*, *Heterostegian* sp., *Planostegina costata*, *P. heterostegian* и *Operculina complanata*, что свидетельствует о принадлежности этого слоя к зонам M2 – M3 по Бергрёну (Berggren et al., 1995). Из представителей макрофауны обнаружены *Ostrea plicatula*, *Ostrea verleti*, *O. frondosa*, *Clypeaster intermedius* и *C. subdecagonus*. Выявленные представители микро- и макрофауны позволяют датировать этот слой периодом раннего миоцена (Бурдигалиан). Литологический состав, микрофауна и родолитные кораллиновые ассоциации свидетельствуют о том, что данный слой формировался в условиях теплых морских местообитаний, благоприятных для образования рифов.

3. Хоммат. Этот слой впервые был описан и установлен Эль Гамалем (Gamal, 1971). Он залегает над слоем Садат и, одновременно, подстилает слой Генефе формации Гарра в Северо-Восточной пустыне. Толщина этого слоя в Гебель Генефе составляет 5 м, а в Гебель Агруд она достигает 50 м. Литологически слой образован преимущественно обломками осадочных пород, включающих песчаник, алевроит и глину, переслоенные тонкими пластами богатых окаменелостями песчаниковых известняков. При изучении планктонных фораминифор данного слоя (Ismail & Abdel Ghany, 1999) выявлены следующие виды: *Globoquadrina dehiscens*, *Globigerinoides altiapertura*, *G. parawoodi* и *G. trilobus*, что позволяет отнести время возникновения данного слоя к раннему миоцену (Бурдигалианскому периоду). Этот слой лишен присутствия каких-либо кораллиновых водорослей, за исключением нескольких переработанных фрагментарных корок, встреченных в пластах песчаниковых известняков. Наличие поперечно перепластованного песчаника, биологически перепластованного алевроита и тонких слоев богатого окаменелостями песчаникового известняка свидетельствует о том, что отложения этого слоя были образованы в условиях речных – речных-морских и морских мелководий.

4. Генефе. Слой впервые был установлен и описан Горабом и Марзуком (Ghorab & Marzouk, 1967) в Гебель Генефе. Он представляет самую верхнюю часть формации Гарра в Северо-Восточной пустыне и занимает слой толщиной от 20 м в Гебель Генефе до 26 м в Гебель Агруд. Литологически слой образован преимущественно кораллиновым водорослевым известняком, переслоенным тонкими пластами песчаникового известняка и очень тонкими прослойками темно-зеленовато-серой глины. Исследование планктонных фораминифор этого слоя (Ismail & Abdel Ghany, 1999) выявило следующие виды: *Globoquadrina dehiscens*, *Globigerinoides altiapertura*, *G. parawoodi*, *G. trilobus*, *G. bisphericus*, *G. obliquus*, *G. primordius* и *Globigerina ciperoensis*, что датирует его раннемиоценовым (Бурдигалианским)

периодом. По мнению автора, находка *Globigerinoides primordius* является сомнительной, так как этот вид имеет очень малый стратиграфический ареал и никогда не встречается с *G. bisphericus* и *G. obliquus*. Литологический состав, микрофауна и родолитные кораллиновые ассоциации свидетельствуют о том, что этот слой формировался в условиях теплых морских местообитаний, благоприятных для образования рифов.

Материалы и методы

Изученные материалы относятся преимущественно к раннемиоценовым (Бурдигалианским) кораллиновым водорослевым известнякам из слоев Садат и Генефе формации Гарра, расположенной в местностях Гебель Генефе и Агруд, Северо-Восточная пустыня. Эти водорослевые кораллиновые отложения толщиной до 40 м залегают на смешанном карбонатно-кремниевом-обломочном скате. Они известны и в других частях Каиро-Суэцкого района – в областях Садат, Гебель Хомьера и Гебель Гарра. Подробное исследование палеоэкологии и фаций водорослевых известняков проводится автором в настоящее время. Изучены и проанализированы тонкие срезы. Образцы отбирали в местах поверхностных обнажений кораллиновых отложений и родолитов. Десять полированных пластин были изготовлены и затем изучены при помощи лупы или бинокля. Размеры клеток и скоплений измеряли по рисункам, представленным в работах Волькеринга с соавт. (Woelkerling et al., 1993) и Расера, Пиллера (Rasser & Piller, 1999). Измерения выполняли при помощи микроскопа (x500). В работе принята терминология Волькеринга для диагностических, анатомических, таксономических признаков (Woelkerling, 1988) и форм роста (Woelkerling et al., 1993).

Морфология и распространение кораллиновых водорослей

Кораллиновые красные водоросли (*Corallinaceae*, *Rhodophyta*) являются важными палеоэкологическими показателями. Их ассоциации и типы форм роста в сочетании с данными петрографии и седиментологии могут применяться для определения условий окружающей среды в период их образования (Bosence, 1983; Nebelsick et al., 2003). Кораллиновые водоросли – это важнейшие компоненты раннемиоценовых известняков слоев Садат и Генефе, образующие до 80 % этих фаций. В изученном материале кораллиновые красные водоросли были представлены очень разнообразно – идентифицировано 28 видов, относящихся к 10 родам. Из них наиболее заметную роль играли *Lithophyllum*, *Lithothamnion*, *Mesophyllum*, *Sporolithon*, *Spongites* и *Lithoporella*. Представители этих родов чаще всего встречались в корках, на кораллах и других скелетизированных элементах, отломанных ветках и в форме родолитов. Как крустные негеникулятные формы из подсемейства *Meloisioideae*, составляющие более 90 % выявленных форм, так и геникулятные представители кораллиновых водорослей (подсемейство *Corallinoideae*, 10 %) наиболее часто встречались и были обильны в нижней части слоя Садат формации Генефе.

Изредка встречалась зеленая водоросль *Halimeda* sp. из семейства *Codiaceae* (*Chlorophyta*). Разнообразие кораллиновых водорослей в изученном материале довольно высоко – определено и описано 23 таксона. В водорослевом сообществе

преобладали мелководные кораллиновые водоросли из группы литофиллоидов (*Lithophyllum*), перемежающиеся интервалами доминирования мелобезоидов (*Mesophyllum* и *Lithothamnion*) с небольшой примесью споролитциев (*Sporolithon*), и далее – мастопороиды (*Spongites* и *Neogoniolithon*), доминирующие в водорослевой ассоциации из более глубоких отложений. *Lithophyllum prelichenioides* и *L. ghorabi* составляют более 30 % выявленных кораллиновых водорослей. Виды родов *Lithophyllum* и *Mesophyllum* выступают в качестве доминантов в большинстве водорослевых ассоциаций. Представители родов *Lithothamnion* и *Sporolithon* встречаются довольно редко в виде отдельных экземпляров. *Lithoporella* spp. встречается в виде моностромных корок, обильно инкрустированных фрагментами кораллов, крупными донными фораминифорами и другими видами кораллиновых водорослей, которые обычно встречаются в виде измельченных фрагментированных зерен, образованных из прикрепленных корок и, нередко, видоизмененных, что не позволяет их идентифицировать. Они обычно формируют свободные корки, но довольно редко и в основном в ассоциации с отдельными колониями кораллов, или образуют водорослевый слой, устилающий твердые субстраты. Другая форма существования кораллиновых водорослей – это ветвящийся таллом, встречающийся в виде слабо сжатых ветвей.

Основные формы роста, встречающиеся в изученных образцах, приведены ниже.

1. Ветви кораллиновых водорослей. Ветви кораллиновых водорослей включают два типа форм роста. Первая форма роста представлена отдельными ветвящимися нефрагментированными талломами, вторая – нефрагментированными многослойными образованиями, состоящими преимущественно из кораллиновых водорослей. Этот тип ветвей кораллиновых водорослей отличается от большинства родолитов (самая распространенная форма роста) двумя четкими признаками: меньшими размерами (менее 2 см) и однонаправленным характером роста. Эта форма роста значительно распространена в верхней части слоя Генефе формации Гарра (биокластическая зернистая фация) и менее распространена в нижней части слоя Садат той же формации.

2. Прикрепленные кораллиновые коркообразные формы. Прикрепленные кораллиновые коркообразные формы описывают как нефрагментированные дорзовентрально организованные слои, состоящие из кораллиновых водорослей (Rasser, 2000). Прикрепленные кораллиновые коркообразные формы разделяют на два типа на основе числа образующих их видов. Первый тип представлен однослойными корками, напрямую образующимися поверх биокластических фрагментов; в исследованных материалах наиболее распространены в них были представители родов *Lithophyllum* и *Lithoporella*. Однослойные водорослевые корки состояли главным образом из *Lithophyllum prelichenioides* (наиболее обильный вид, количественно превышающий любой другой вид из рода *Lithophyllum*) и *L. ghorabi* (второй наиболее обильный вид, который преимущественно развивался в ассоциации с мшанками и колонизировал кораллы), а также *L. pseudoamphiroa*. Второй тип представлен многослойными корками, растущими поверх кораллов, мшанок или крупных фораминифор. Этот тип корок, образованных кораллиновыми красными водорослями, чаще всего встречается в виде переслоенных волнистых корок толщиной 30-500 мкм и обычно чередуется с обызвествленными фораминифорами,

образующими короткие протуберанцы и короткие нити (табл. I, 1). Они также встречаются в виде включений на крупных бентических фораминифорах, таких как *Amphistegina* spp. и *Heterostegina* spp., покрывают тела мшанок и иглокожих, а также кораллы.

3. Родолиты. Это неприкрепленные образования, более 2 см в диаметре, наполовину состоящие из негеникулятных обызвествленных кораллиновых водорослей (Bosence, 1983). Иногда их описывают на основании выявления разнонаправленного роста для того, чтобы отделить от однонаправленных ветвей кораллиновых водорослей. Родолиты часто находят в прибрежных водах (Wehrmann et al., 1995) на глубине более 200 м (Adey & Macintyre, 1973; Bosence, 1983; Littler et al., 1991) Энергия воды выступает важным экологическим фактором распространения родолитов, поскольку контролирует распространение травоядных животных (Steneck, 1985) и влияет на формы роста и таксономическую сукцессию (Braga & Martin, 1988). Родолиты очень распространены в отложениях раннего миоцена в Габаль Генефе в виде неприкрепленных водорослевых узелков диаметром от 2 до 6 см, преимущественно состоящих из негеникулятных обызвествленных кораллиновых красных водорослей. Для этих родолитов также характерны различные типы форм роста (рис. 2).

Большинство родолитов округлые до дисковидных и слоисто-концентрические со значительным количеством отложений или скрепляющих веществ между слоями. Для одних из них характерно преобладание родов *Lithophyllum*, *Lithothamnion*, *Mesophyllum*, *Sporolithon*, с небольшими примесью *Spongites* и, изредка, *Lithoporella*. Иногда внутри родолитов наряду с упомянутыми выше кораллиновыми водорослями встречаются серпулиды, мшанки, верметиды, а также фораминифоры. Ядро этой формы роста состоит преимущественно из биокластических элементов в форме фрагментов кораллов или раковин моллюсков. Другой тип родолитов образован исключительно корками *Lithophyllum* и *Lithoporella*. Внутри родолита можно различить несколько фаз роста, разделенных интраэрозийными поверхностями, проходящими через бывшие пластинки. Между пластинками находятся биокластические включения в виде неприкрепленных узелков негеникулярных пластинчатых инкрустированных талломов и форалгалитов, в которых тонкий инкрустированный кораллиновый таллом рос вместе с более крупной фораминифорой.

В зависимости от наличия или отсутствия ядра родолиты делят на безъядерные и ядерные. Первый тип представлен негеникулятными родолитами, предположительно образованными путем свертывания кораллиновых корок. Этот тип менее распространен в изученных материалах и редко встречался в слое Сагат формации Генефе в Гебель Гарра. Второй тип, ядерные родолиты, мы разделяем в данной работе на два подтипа в зависимости от того, что формирует их ядро. К первому подтипу относятся типичные родолиты с ядром, образованным фрагментами кораллов или раковин моллюсков (табл. I, 2), в них доминируют преимущественно представители мелобезоид из родов *Lithophyllum* и *Lithothamnion* с примесью видов *Lithoporella* sp., *Mesophyllum* sp. и, изредка, *Sporolithon* spp. Серпулиды, мшанки, верметиды и инкрустированные фораминиферы также могут находиться внутри этих родолитов вперемешку с красными водорослями. Такой тип биокластической ассоциации характерен для мелководий морских платформ умеренной зоны (Bosence,

1990). Второй тип родолитов – серпулидовые узелки, образованные исключительно червячными трубками серпулид (табл. I, 1) с включениями видов рода *Mesophyllum* spp. (преимущественно *Mesophyllum sanctidionysi* и *Mesophyllum laffitei* с небольшими примесями *Lithophyllum* spp. и, изредка, *Lithoporella* sp.). Иногда водоросли встречаются в виде отдельных водорослевых узелков крупных родолитов (3-5 см), состоящих из свернутых кораллин, но этот тип очень редок. Наличие родолитов характерно для слоев, залегающих на глубине от 70 до 90 м (Adey & MacIntyres, 1973).

Основные черты родолитов

Родолиты изучали с учетом нескольких критериев, обычно обуславливающих их окончательный внешний вид. Эти критерии в первую очередь связаны с условиями окружающей среды. К ним относятся форма и размеры родолитов, их внутренняя структура, видовое разнообразие, массивность, сопутствующая микробиота (эпифиты и сверлящие формы) и толщина таллома водоросли. Исследованные родолиты из двух местообитаний (Гебель Генефе и Гебель Агруд) имеют ряд существенных отличий, свидетельствующих о том, что популяции родолитов в них формировались в различных экологических условиях.

Форма и размеры родолитов. Эти признаки имели важное значение в изученных раннемиоценовых образцах. Обнаружены родолиты трех основных форм (округлая, эллипсоидная и дисковидная). Первая и вторая формы намного легче перемещаются, чем дисковидная (Bosence, 1983). Некоторые родолиты внешне восприимчивы к перекачиванию и ясно демонстрируют однонаправленный рост, свидетельствующий об их стабильности. Форма родолита в значительной степени зависит также от размера ядра, которое может быть очень крупным по сравнению с водорослевым покрытием. Bosence (1983) заметил, что водорослевое покрытие и ядро, а также сложность родолитов возрастают с увеличением глубины. По нашим наблюдениям, родолиты небольших размеров (2-4 см) и дисковидной формы (плоской формы) часто встречались в слое Сагат района Агруд, свидетельствуя о низкой энергии и меньших глубинах. В то же время более крупные родолиты (4-6 см) округлые до эллипсоидной формы встречались преимущественно в предыдущем, более глубоком слое в Гебель Генефе, свидетельствуя о более высокоэнергетических местообитаниях на большей глубине.

Структура родолитов. В зависимости от структуры в изученных материалах можно выделить три типа родолитов: (1) пористые родолиты с большим количеством первичного пористого материала между крустозными и ветвящимися кораллиновыми водорослями; (2) массивные родолиты, плотные, с низкой первичной пористостью; (3) плохо сохранившиеся родолиты с вторичной пористостью, перемещенной из других ранее существовавших пород, особенно эоценовых. В нашем исследовании мы преимущественно обращали внимание на два первых типа, поскольку именно они образуют основную часть изученных образцов. Кроме того, между ними существуют четкие различия во встречаемости и распространении в изученных местообитаниях. Первый тип часто встречается в нижней части слоя

Садат и лежащем выше слое Генефе в Гебель Генефе, тогда как второй тип распространен в слое Садат в районе Гебель Агруд.

Видовое разнообразие водорослей в родолитах. Этот признак связан с общим числом видов кораллиновых водорослей, идентифицированных в изученных образцах. Около 28 видов кораллиновых красных водорослей было выявлено в Гебель Генефе и около 22 видов в Гебель Агруд. Можно выделить два типа родолитов на основании видового разнообразия кораллин. К первому типу относятся одновидовые родолиты, в формировании которых часто принимают участие такие виды, как *Lithophyllum ghorabi*, *Mesophyllum lemoineae* или *Lithophyllum prelichenoides*. Одновидовые родолиты представляют собой редкие образцы в изученных разрезах, и этот тип доминирует в слое Садат в районе Гебель Агруд. Ко второму типу относятся многовидовые родолиты, в которых доминируют четырех-пять видов кораллин. В них обычно видны последовательности различных форм роста (пластинчатая/ столбчатая до ветвящейся) разных видов водорослей. Этот тип обычно доминирует в слое Садат формации Генефе в районе Гебель Генефе.

Внутренняя структура родолитов. Этот признак очень важен для всего периода роста родолитов. Так, степень асимметричности родолита обычно отражает его неподвижность. Наблюдались два типа внутренней структуры родолитов: первый тип имели асимметричные родолиты, образованные преимущественно путем однонаправленного роста пластинчатых кораллиновых водорослей. Этот тип отражал стабильную позицию родолита на протяжении всего периода его роста. Несколько образцов данного типа обнаружено в Гебель Агруд. Ко второму типу относятся симметричные родолиты, состоящие преимущественно из многих зон роста (от пластинчатых до ветвисто-пластинчатых, от столбчатых до ветвящихся). Этот тип свидетельствует о низкоэнергетических условиях, где ряд видов образует водорослевое покрытие, превышающее размер ядра, а также свидетельствует о нестабильном положении родолита на протяжении всего периода его роста. Родолиты этого типа преимущественно находили в слое Садат формации Генефе в Гебель Генефе (рис. 3).

Толщина таллома. Иногда внутри родолитов видно, что в процессе роста водоросли имели таллом разной толщины, и толстые талломы чередуются с тонкими в пределах одной и той же структуры. В других случаях родолиты образованы только толстыми талломами. Они часто встречались в слоях Садат и Генефе формации Генефе в Гебель Генефе, в то время как в Гебель Агруд преобладали тонкоталломные родолиты. Этот признак (толщина таллома) довольно важен, так как имеет большое значение при формировании родолитов. Доказано, что существует связь между экологическими условиями местообитания и толщиной таллома, а тонкие талломы обычно растут и развиваются быстрее, чем толстые (Steneck, 1985; Nebelsick et al., 2003) (рис. 4).

Эпибионты и сверлящие формы. Большинство изученных родолитов снаружи покрыты эпибионтами (сепулидами, мшанками – *Chielostomata* и *Cyclostomata*) и инкрустированными крупными фораминифорами (*Amphistegina* sp., *Miogyopsina* sp. и *Heterostegina* sp.). Этот признак не имеет большого значения для понимания генезиса родолитов, но свидетельствует о тесных взаимоотношениях между растущими родолитами и связанной с ними микрофауной. Родолиты более интенсивно покрыты эпибионтами в слое Садат формации Генефе в Гебель Агруде,

чем в Гебель Генефе. Другой яркий признак родолитов – это сверлящие организмы вроде двустворчатой *Lithophaga* sp., обнаруженной в некоторых родолитах в Гебель Генефе. Данный признак предполагает существование периодов отсутствия роста у родолитов. Некоторые авторы предполагают, что степень перфорированности является функцией продолжительности воздействия (Bosence, 1985, Rasser, 1999).

Биостратиграфия кораллиновых водорослей

Вопросам биостратиграфии кораллиновых водорослей изучаемой территории, и Египта в целом, посвящено очень мало публикаций, что связано с трудностями изучения водорослей в тонких срезах и их извлечения из исходного материала. Совайя (Souaya, 1963c) первым описал и проиллюстрировал 13 видов кораллиновых водорослей из Гебель Гарра на трассе Каир-Суэц, среди которых было два новых для науки вида: *Mesophyllum lemoineae* и *Lithophyllum ghorabi*. Он также описал две локальные водорослевые подзоны в Гебель Генефе (снизу вверх): *Lithophyllum ghorabi* Souaya и *Archaeolithothamnium cyrenicum* Raineri, обозначив их как Виндобониан (Vindobonian, средний миоцен). Эль Гамал (El Gamal, 1971) изучал кораллиновые красные водоросли в некоторых других разрезах северного Египта, но его работа не затрагивала вопросы их биостратиграфического значения. Имам и Рафаат (Imam & Refaat, 2000) обращались к этой проблеме, пытаясь выделить в миоценовых горных породах Хамам Фарун формации Белайум в Вади Абура на юге Синая две локальные водорослевые зоны (снизу вверх): *Lithothamnium undulatum* и *Mesophyllum sanctidionysii*. По нашему мнению, биостратиграфическое значение этих типов кораллиновых водорослей требует комплексных исследований. Тщательное изучение распространения кораллиновых красных водорослей в исследованных разрезах позволило разделить раннемиоценовые отложения на две локальные кораллиновые водорослевые зоны. Для каждой зоны характерен свой набор видов кораллиновых водорослей. Ниже мы приводим подробное описание каждой из зон.

Зона *Lithophyllum ghorabi*. Для этой зоны характерно тотальное доминирование *L. ghorabi*. Этот вид обнаружен в раннемиоценовой секвенции, составляющей весь слой Садат формации Генефе Formation, охватывающий стратиграфический интервал от образца 90 до 103 в Гебель Генефе и от образца 24 до 31 в Гебель Агруд. В этой зоне отмечены сообщества кораллиновых водорослей, в состав которых входят такие виды, как *L. ghorabi* (зональный маркер), *L. prelichenoides*, *L. simplex*, *Spongites albanense*, *Lithothamnium saxorum*, *Mesophyllum sanctidionysii* и *M. vaughani*. Распространение этих видов обычно ограничено именно этой зоной, некоторые из них известны как космополиты (это *L. prelichenoides*, *M. sanctidionysii*), другие же являются эндемиками, которые часто указывают для стран Ближнего Востока (восточные части Тетиса). Это такие виды, как *L. ghorabi* и *S. albanense* (рис. 5, 6).

Зона *Mesophyllum iraqense*. Эта зона характеризуется повсеместным распространением *M. iraqense*, покрывающим раннемиоценовый слой Генефе формации Генефе в разрезах Гебель Генефе и Гебель Агруд. Охватывает интервал, в который входят образцы 104-118 в Гебель Генефе, также наблюдалась в Гебель Агруд (образцы 32-40). К наиболее часто встречаемым видам кораллиновых

водорослей в этой зоне относятся *Lithothamnion disarmonicum*, *L. aggregatum*, *L. undulatum*, *Mesophyllum iraqense*, *M. lemoineae*, *M. vughanii*, *M. sanctidionysii*, *Lithoporella melabesioidea*, *Lithophyllum prelichenioides*, *L. simplex*, *L. pseudoamphiora*, *Corallina* sp. (см. рис. 5, 6).

Описание основных таксонов кораллиновых водорослей

Мы следуем терминологии Волькеринга (Woelkerling, 1988), использующего термин «сердцевинные нити» вместо «гипоталлом» и «периферические нити» вместо «периталлом». Кроме того, при определении и описании ископаемых материалов мы использовали таксономические признаки, установленные Брагом с соавт. (Braga et al., 1993) и термины для обозначения форм роста по: Woelkerling et al., 1993. Далее будут описаны основные признаки кораллиновых водорослей, характерные для каждого морфологического типа – расположение и строение сердцевинных и периферических нитей (форма клеток и их расположение), форма репродуктивных органов (концептакулы и спорангии) и различные формы роста таллома водоросли.

Отдел: *Rhodophyta* Wettstein, 1901

Класс: *Rhodophyceae* Rabenhorst, 1863

Порядок: *Corallinales* Silva & Johansen, 1986

Семейство: *Corallinaceae* Lamouroux, 1816

Подсемейство: *Lithophylloideae* Setchell, 1943

Род *Lithophyllum* Philippi, 1837

Негеникулятные кораллины, в которых клетки в нитях соприкасаются и нормально соединены лишь вторичными связками. Клеточные деления очень редки или отсутствуют. Тетра / биспорангиальные концептакулы однопоровые, без апикальных пробок (Woelkerling, 1988). В ископаемых *Lithophylloideae* нити имеют вид непрерывных выравненных рядов клеток, ясно разграниченных между собой. Такой тип организации нитей легко отличить от представленных в подсемействах *Mastrophoroideae* и *Melobesioideae* и на тонких срезах и при помощи сканирующей электронной микроскопии (Bassi, 1995, 1998). В упомянутых подсемействах наблюдаются деления клеток, связывающие сопредельные нити, и разрастание имеет вид губки с неправильными по форме и размерам клетками. В исследованном материале обнаружены следующие представители рода *Lithophyllum*:

***L. ghorabi* Souaya, 1963 (табл. I, 1)**

L. ghorabi – Souaya, 1963a, с. 1211, 1212, табл. 163, рис. 1, табл. 164, рис. 1-4, Souaya, 1963b, с. 247, табл. 6, рис. 7 – Edgell & Basson, 1975, с. 173, табл. 2, рис. 5 – Youssef et al., с. 240, рис. 14A – Imam, 1991, с. 153, 154, табл. 22, рис. 1, 4, табл. 24, рис. 3 – Imam, 1996, с. 8, рис. 3 – Imam & Refaat, 2000, с. 392, рис. 5.

Ветвящаяся форма, 580-770 мкм толщ. Сердцевинные нити толстые (180-320 мкм толщ.), состоят из правильных коаксиальных прямоугольных клеток

11-27 мкм диам. и 20-44 мкм дл., уменьшающихся в направлении периферических частей нитей. Периферические нити (300-430 мкм) также образованы прямоугольными клетками 25-32 мкм дл. и 10-19 мкм диам. Рассматриваемый экземпляр до некоторой степени напоминал таллом, описанный ранее (Souaya, 1963a), но отличался от него отсутствием репродуктивных органов (концептакул).

***Lithophyllum pseudoamphiora* Johnson, 1964** (табл. I, 2)

L. pseudoamphiora – Johnson, 1964, с. 22, табл. 7, рис. 1 и 4 – Johnson, 1964b, с. 482, табл. 3, рис. 4, 6 – Edgell & Basson, 1975, с. 173, табл. 2, рис. 6 – Imam, 1991, с. 153-154, табл. 22, рис. 2 – Imam, 1996, с. 8, рис. 3 – Imam & Refaat, 2000, с. 398, рис. 7.

Единичный фрагмент, представляющий собой очень толстое корковидное разрастание. Таллом часто инкрустирован другими биологическими объектами. Сердцевинные нити (260-580 мкм толщ.) хорошо развиты, толстостенные, состоят из концентрических коаксиальных изогнутых слоев клеток 24-41 мкм дл. и 15-21 мкм диам. Клетки утолщаются в средней части нити и утончаются к периферии. Периферические нити относительно толстые (180-430 мкм). Периферические клетки также толстостенные, образуют ряды решетчатого вида. Концептакулы сохранились очень плохо, поэтому измерения не проводили.

***L. prelichenioides* Lemoine, 1917** (табл. I, 7)

L. prelichenioides – Lemoine, 1917, с. 262-267, рис. 8-9; Lemoine, 1939, с. 99, рис. 65, 66; Johnson & Ferris, 1949, с. 195, табл. 38, рис. 3; Edgell & Basson, 1975, с. 172, табл. 2, рис. 1-5; Bosence, 1983, с. 165, табл. 18, рис. 2; Imam, 1996, с. 8, рис. 3; Imam & Refaat, 2000, с. 396, рис. 5.

Крустовые до длинноветвистых формы, образованные однородными сердцевинными нитями и периферическими нитями разной толщины. Сердцевинные нити образованы правильными рядами коаксиальных клеток 10-13 мкм дл., 15-19 мкм диам. Периферические нити состоят из прямоугольных клеток 15-23 мкм дл., 13-17 мкм диам. В исследованных материалах концептакулы не наблюдали.

***L. simplex* Johnson, 1964** (табл. II, 3)

L. simplex – Johnson, 1964, с. 480, табл. 1, рис. 6 – Edgell, 1978, с. 176, табл. 2, рис. 4-6 – Imam, 1996, с. 10, рис. 4 – Imam & Refaat, 2000, с. 396, рис. 4.

Два фрагмента таллома состояли исключительно из периферических нитей (300 мкм толщ.). Клетки толстостенные, 19-23 мкм дл. и 10-13 мкм диам., образуют правильные ряды в виде веера. Сердцевинные нити неразвиты, встречаются в виде внешнего слоя малких клеток, которые можно интерпретировать как эмбриональные периферические нити. Концептакулы в изученных материалах не встречались.

***Lithophyllum* sp.**

Крустовый таллом с сосочками, 300-500 мкм толщ., обычно инкрустирован фрагментами кораллов и мшанок. Сердцевинные нити тонкие (150-220 мкм), состоят из концентрических коаксиальных изогнутых слоев, где в средней части клетки утолщаются, а к периферии утончаются. Клетки 15-23 мкм дл. и 9-13 мкм диам.

Периферические нити относительно толстые (350-460 мкм) с прямоугольными клетками 12-16 мкм дл. и 10-14 мкм диам. В некоторых тонких срезах наблюдали концептакулы 240-410 мкм диам. и 120-180 мкм выс.

Подсемейство *Mastrophoroideae* Setchell, 1943

Род *Lithoporella* (Foslie) Foslie, 1909

Некоторые авторы (Woelkerling, 1988; Rasser & Piller, 1994) описывают этот род как неэндофитный, состоящий из двух частей талломом, который не имеет гаусторий, примигенные нити состоят из палисадных клеток, таллом толщиной в 2-3 (5) клетки, тетра/биспорангиальные концептакулы без колумеллы, кровля концептакул образована нитями, проникающими между спорангиями, пстигенные нити приурочены к зонам ветвления и концептакулам. Другие авторы (Braga et al., 1993) описывают род *Lithoporella* как имеющий тонкий таллом и множественные наросты из крупных примигенных клеток. Этот род хорошо представлен в изученных материалах обычно в обрастаниях фрагментов кораллов, мшанок и различных раковин. Его легко узнать по однослойному таллому с крупными клетками.

L. melobesioides (Foslie) Foslie, 1909 (табл. I, 8)

L. melobesioides – Johnson & Ferris, 1949, с. 196, табл. 37, рис. 4-6, табл. 39, рис. 2-9; Johnson, 1954, с. 542, табл. 197, рис. 2, 3; Edgell & Basson, 1975, с. 176, табл. 5, рис. 2, 3; Imam, 1991, с. 154, табл. 21, рис. 1, 2 и 5; Rasser, 1994, с. 198, табл. 3, рис. 3; Imam, 1996, с.10, рис. 2; Imam & Refaat, 2000, с. 393, рис. 4.

Толстый однослойный таллом с множественными наростами, представляющими собой базальные первичные нити. Корки налагаются друг на друга, каждый отдельный слой состоит из крупных прямоугольных палисадных клеток, за исключением области вокруг концептакул, где таллом толстый. Клетки 42-58 мкм дл. и 14-23 мкм диам. Концептакулы округлые, 80-120 мкм выс. и 70-130 мкм диам.

Род *Spongites* Kützing, 1841

Этот род характеризуется неэндофитными талломами, которые часто встречаются в мономерном виде и редко в димерном (состоящем из двух частей); у димерного таллома обычно нет палисадных клеток; нити вокруг поровых каналов концептакулы субпараллельны поверхности. Также показано (Braga & Martini, 1988) наличие некоаксиальных сердцевинных нитей, чем род *Spongites* отличается от рода *Neogoniolithon*.

S. albanensis Lemoine, 1924 (табл. II, 3)

S. albanensis – Lemoine, 1924, с. 281, рис. 8, 9; Bosence, 1983, с. 160, табл. 17, рис. 1-4; Braga & Martin, 1988, с. 295, рис. 9; Imam, 1991, с. 153-154, табл. 22, рис. 1, 4, табл. 24, рис. 3; Imam, 1996, с. 8, рис. 3; Imam & Refaat, 2000, с. 392, рис. 5.

Неправильный корковидный таллом (0,5-1,9 мм толщ.), образован неправильными периферическими нитями с прямоугольными клетками 10-19 мкм дл. и 9-12 мкм диам., а также неясными базальными сердцевинными нитями с клетками 13-25 мкм дл. и 12-17 мкм диам. Концептакулы 290-430 мкм диам. и 160-180 мкм

выс., с одиночным коротким толстым отверстием. Этот вид приписывали ранее к роду *Lithophyllum*, но в материалах по этому таксону ясно видны многочисленные клеточные деления, поэтому он относится к подсемейству *Mastrophoroideae*, а не к *Lithophylloideae*.

***Spongites* sp.** (табл. II, 5)

Коркообразный таллом, инкрустированный беспозвоночными и другими кораллиновыми водорослями. Сердцевинная нить однослойная, с клетками 15-35 мкм дл. и 11-22 мкм диам. В периферических нитях клетки с неправильными клеточными стенками. Клетки 10-21 мкм дл. и 10-17 мкм диам. Концептакулы тетра- или биспорангиевые, однопоровые с цилиндрической порой. Концептакулы 250-360 мкм диам. и 140-150 мкм выс.

Подсемейство *Melobesioideae* Bizzozzero, 1897

Род *Lithothamnion* Heydrich, 1897 (= *Lithothamnium* Rhilippi, 1837)

Таллом мономерный, перистый, сердцевинные нити всегда развиты и искривлены наружу, обнаружены периферические нити, концептакулы многопоровые.

***L. aggregatum* Lemoine, 1939** (табл. I, 3)

L. aggregatum – Lemoine, 1939, с. 66, 67, табл. 1, рис. 12, табл. 3, рис. 4; Johnson, 1955, с. 71, табл. 7, рис. 1; Beckmann & Beckmann, 1966, с. 16, табл. 2, рис. 26; Imam, 1991, с. 155-156, табл. 22, рис. 3, 4, табл. 24, рис. 6; Imam, 1996, с. 8, рис. 7; Imam & Refaat, 2000, с. 396, рис. 8.

Бородавчатые до плодовидных растения. Выступы до 13 мм дл. и 4 мм диам. Сердцевинные нити перистые с мономерным талломом. Клетки слегка искривленные, прямоугольные, 7-14 мкм диам. и 9-22 мкм дл. Периферические нити хорошо развиты и зонированы, состоят из неправильных линзообразных зон роста. Клетки 7-10 мкм диам. и 9-12 мкм дл.

***L. operculatum* Conti** (табл. I, 5)

L. operculatum – Edgell & Basson, 1975, с. 173, табл. 2, рис. 5; Imam, 1991, с. 153, 154, табл. 22, рис. 1, 4, табл. 24, рис. 3; Imam, 1996, с. 8, рис. 3; Imam & Refaat, 2000, с. 392, рис. 5.

Крустовый мамиллярный таллом. Сердцевинные нити от тонких до умеренно развитых, обычно отсутствуют, состоят из округлых до прямоугольных клеток 11-16 мкм дл. и 8-11 мкм диам. Периферические нити состоят из неправильных зон роста. Клетки собраны в довольно правильные вертикальные ряды, 8-18 мкм диам., 9-15 мкм дл. Концептакулы широкие и плоские, встречаются обильно, 190-500 мкм диам. и 110-140 мкм выс.

***Lithothamnion saxorum* Capeder, 1900** (табл. II, 6)

L. saxorum – Maslov, 1956, с. 143, табл. 45, рис. 2; Souaya, 1963, с. 1209, табл. 161, рис. 1; Imam, 1991, с. 136-137, табл. 28, рис. 8; Imam & Refaat, 2000, с. 392, рис. 5.

Корковидный таллом, образованный перистыми базальными сердцевинными нитями и хорошо развитыми периферическими нитями. Сердцевинные нити состоят из искривленных сверху рядов прямоугольных клеток 12-27 мкм дл. и 10-15 мкм диам. Периферические нити состоят из правильного переплетения с четкими вертикальными нитями клеток и зонами роста. Клетки 10-18 мкм дл. и 7-11 мкм диам. Концептакулы встречаются редко, 260-320 мкм диам. и 110-140 мкм выс.

***L. undulatum* Capeder, 1900** (табл. II, 7)

L. undulatum – Capeder, 1900, с. 187, табл. 6; Lemoine, 1926, с. 246, табл. 48, рис. 2; Edgell & Basson, 1975, с. 176, табл. 5, рис. 1; Imam, 1996, с. 8, рис. 9; Imam & Refaat, 2000, с. 392, рис. 7.

Таллом в виде корок с бородавчатым выступом и волнообразными ветвями. Базальные сердцевинные нити преимущественно искривлены в дорзальном направлении. Сердцевинная часть относительно тонкая, 50-90 мкм. Клетки 7-12 мкм диам. и 10-15 мкм дл. Периферические нити образуют хорошо развитое сплетение с линзообразными зонами роста. Концептакулы обильные, очень изменчивые по форме и размерам, но чаще всего эллипсоидные, 290-420 мкм диам. и 140-170 мкм выс.

Род *Mesophyllum* Lemoine, 1928

***M. iraqense* Johnson, 1964** (табл. II, 8)

M. iraqense – Johnson, 1964, с. 480, табл. 1-5; Edgell & Basson, 1975, с. 176, табл. 5, рис. 4-6; Buchbinder, 1987, с. 433, табл. 4, рис. 6, табл. 5, рис. 1, 2; Imam, 1996, с. 10, рис. 4; Imam & Refaat, 2000, с. 396, рис. 4.

Простые корки с короткими мамиллами или короткими массивными колонками, или длинными тонкими ветвями. Сердцевинные нити состоят из клеток 7-11 мкм диам. и 15-22 мкм дл. Краевые периферические нити иногда истертые с редкими мелкими концептакулами. Клетки периферических нитей 9-13 мкм диам. и 15-20 мкм дл. Этот вид часто встречался в изученных материалах и участвовал в формировании родолитов.

***M. lemoinae* Souaya, 1963** (табл. II, 4)

M. lemoinae – Souaya, 1963, с. 1209, табл. 165, рис. 1-4; El Gamal, 1971, с. 167, табл. 26, рис. 1, 2; Edgell & Basson, 1975, с. 173, табл. 3, рис. 6; Buchbinder, 1990, с. 420, табл. 3, рис. 1; Imam & Refaat, 2000, с. 396, рис. 3.

Таллом корковидный, относительно тонкий, обычно 300-500 мкм толщ. Сердцевинные нити слабо развиты, с клетками, не образующими правильные ряды и

постепенно переходящими в периферические нити. Неправильные периферические нити часто линзообразные благодаря наличию концептакул. Их клетки 7-11 мкм диам. и 15-22 мкм дл. Концептакулы располагаются в периферической части зоны роста периферических нитей, 240-430 мкм диам. и 130-190 мкм выс. Этот вид часто свободно растет поверх других кораллиновых водорослей, перемежаясь слоями, образованными *Lithoporella* spp. и мшанками.

***Mesophyllum sanctidionysii* Lemoine, 1939** (табл. II, 2)

M. sanctidionysii – Lemoine, 1939, с. 84, табл. 3, рис. 5, 6; El Gamal, 1977, с. 168, табл. 24, рис. 5; Edgell & Basson, 1975, с. 178, табл. 6, рис. 5, 6; Imam, 1991, с. 153, 154, табл. 22, рис. 1, 4, табл. 24, рис. 3; Imam, 1996, с. 8, рис. 3; Imam & Refaat, 2000, с. 393, рис. 6.

Несколько мамиллярных корок состоят из частично развитых сердцевинных нитей и сильно зонированных периферических нитей с многочисленными концептакулами. Клетки сердцевинных нитей 8-10 мкм диам. и 15-18 мкм дл. Периферические нити состоят из сильно линзообразных зон роста с клетками 8-12 мкм диам. и 17-21 мкм дл. Концептакулы находятся в центре каждой зоны роста, 220-400 мкм диам. и 140-180 мкм выс.

***M. rigidum* Mastrorilli, 1967** (табл. I, 6)

M. rigidum – Mastrorilli, 1967, с. 309-311, табл. 18, рис. 3, 4; Imam & Refaat, 2000, с. 393, рис. 4.

Таллом образует мамиллярные корки с короткими коренастыми ветвями. Сердцевинные нити базальные, образованы рядами прямоугольных клеток 23-38 мкм дл. и 10-12 мкм диам. Периферические нити с сильными линзообразными зонами роста, состоящими из почти квадратных клеток 8-12 мкм дл. и 10-12 мкм диам. Концептакулы крупные, многопоровые, обычно овальные в сечении, 340-580 мкм диам. и 160-240 мкм выс.

***M. vauhani* (Howe), Lemoine, 1928** (табл. II, 1)

M. vauhani – Lemoine, 1928, с. 89-92, табл. 1, рис. 11, 15; Johnson, 1965, с. 268, табл. 4, рис. 5; Mastrorilli, 1966, с. 284-286, табл. 12, рис. 4; Buchbinder, 1987, с. 434, табл. 6, рис. 8, табл. 5, рис. 1, 2; Imam, 1991, с. 153, 154, табл. 22, рис. 1, 4, табл. 24, рис. 3; Imam & Refaat, 2000, с. 392, рис. 6.

Правильная веретеновидная ветвь полностью состоит из периферических нитей с сильными неправильными зонами роста. Границы этих зон почти никогда не бывают параллельными друг другу. Периферические нити состоят из почти квадратных клеток без концептакул. Клетки обычно 8-12 мкм диам. и 15-19 мкм дл.

Семейство *Sporolithaceae* Verheij, 1993

Это семейство характеризуется мономерными, перистыми, безъядерными, почти полностью кальцифицированными талломами (Verheij, 1993; Rasser & Piller, 1994). Наблюдается также деление клеток, вторичные соединения, тетра- и биспорангии образуются между нитями на одной или более клетке стебля. Верей (Verheij, 1993) рассматривает *Sporolithaceae* как отдельное семейство, которое отличается от семейства *Corallinoideae* благодаря сохранности кальцифицированных сорусов и парафизов, поэтому его легко идентифицировать в ископаемых материалах.

Род *Sporolithon* Heydrich, 1897

(= *Archaeolithothamnium* Rothpletz, 1891)

Характерной чертой этого рода в ископаемых образцах является наличие сплюсненной и расклевенной эпиталломной клетки. Также характерны тетра- и биспорангиевые концептакулы, разделенные кальцифицированными нитями (Woelkerling, 1988) и собранные в сорусы.

Sporolithon sp.

Крустозный дорзовентральный и мономерный таллом с округлым выступом 180 мкм выс. Вентральные сердцевинные нити обычно тонкие, перистые с клетками 14-23 мкм дл. и 10-12 мкм диам. Периферические нити обычно правильные, 15-27 мкм дл. и 10-13 мкм диам., деление клеток редко. Тетра- и биспорангиевые концептакулы располагаются в сорусах, сорусы состоят из 14-35 тетра- или биспорангиев, которые иногда вырастают из слоя удлинённых клеток. Концептакулы удлинённо-эллипсоидные, 100-120 мкм выс. и 50-75 мкм диам.

Подсемейство *Corallinoideae* Foslie, 1898

Род *Corallina* Linnaeus, 1759

Corallina sp.

Наблюдались несколько фрагментов сегментированных стеблей толщиной 300 мкм, состоящих исключительно из сердцевинных нитей, клетки 40-55 мкм дл. и 8-14 мкм диам. Периферические нити слабо развиты на краях сегментов. Концептакулы в наличных экземплярах не наблюдались.

Отдел: *Chlorophyta* Pasher, 1914

Класс: *Chlorophyceae* Kutzing, 1843

Порядок: *Siphonales* Wille, In Warming, 1884

Семейство: *Codiaceae* Zanardini, 1843

Род: *Halimeda* Lamouroux, 1812

***Halimeda* sp.** (табл. I, 4)

Таллом сильно разветвлен и кальцифицирован с эллипсоидно-удлиненными сегментами от 0,5 до 1,9 мм диам. и 1,5-2,6 мм дл. Нити слегка наклонные, с неразличимыми слоями.

Заключение

Исследование кораллиновых красных водорослей из отложений раннего миоцена двух участков формации Гарра (Садат и Генефе) и двух стратиграфических разрезов (Гебель Генефе и Гебель Агруд) в Северо-Восточной пустыне позволило выявить 24 вида из девяти родов и двух подсемейств *Rhodophyta*. Проведено таксономическое изучение выявленных видов с учетом их местонахождений. Раннемиоценовые родолиты из Гебель Генефе и Гебель Агруд формировались в условиях открытых платформ, подвергавшихся периодическому воздействию штормов. Внутри родолиты состоят из тонких ламинарных кораллиновых разрастаний, которым сопутствуют серпулиды, мшанки и фораминифоры. Водорослевые ассоциации образуют представители родов *Lithophyllum*, *Lithothamnion*, *Mesophyllum* и, изредка, *Sporolithon*, *Spongites* и *Lithoporella*.

Доминировали представители рода *Lithophyllum*, преимущественно *L. ghorabi*, *L. prelichenoides*, *L. pseudoamphiora* и *L. sp.* Эти виды встречались с инкрустациями из различных скелетообразных фрагментов – крупных фораминифор, кусков кораллов и других кораллиновых красных водорослей. Что касается относительного обилия других таксонов, можно отметить *Lithothamnion* spp. и *Mesophyllum* spp., которые встречались довольно часто. Эти роды были представлены преимущественно видами *Lithothamnion saxorum*, *L. saipanense*, *Mesophyllum lemoineae*, *M. laffittei* и *M. sanctidyonesii*. Представители рода *Sporolithons* довольно редко встречались в изученных материалах, в основном это были виды *Sporolithon cyrenicum* и *Sporolithon sp.* Часто встречались экземпляры моностромной *Lithoporella sp.* Геникулятные кораллиновые водоросли были представлены только одним видом *Corallina sp.*, с которой изредка встречались зеленые водоросли из сем. *Codiaceae* (*Halimeda sp.*). Стратиграфическое распределение идентифицированных видов позволило разделить раннемиоценовый разрез на две базовые локальные кораллиновые водорослевые зоны (снизу вверх): зона *Lithophyllum ghorabi* охватывает участок Садат, а зона *Mesophyllum iraqense* включает область Генефе.

Установлено пять факторов, влияющих на образование родолитов и талломов коралиновых водорослей. Среди них форма, размеры, массивность и внутренняя структура родолитов, видовое разнообразие водорослей, толщина талломов, а также преобладание эпибионтов или сверлящих форм. Сравнение популяций родолитов из двух изученных раннемиоценовых разрезов выявило как общие черты, так и значительные отличия между ними. К наиболее ярким отличиям можно отнести тот факт, что популяции из Гебель Генефе формировались в низкоэнергетических условиях (стоячие водоемы) и характеризуются пористыми

родолитами с высокой первичной пористостью, менее часто встречающимися эпибионтами, более просверленными и толстыми талломами кораллиновых водорослей и большей их асимметрией. Напротив, в Гебель Агруд популяция родолитов формировалась в высокоэнергетических условиях морских мелководий и ей присущи более мобильные симметричные родолиты с тонкими кораллиновыми талломами и эпибионтами.

М.М. Hamad

Geological and Techniquial Institute,
P.O. 2193, Al Madinah, Saudi Arabia

ALGAL BIOSTRATIGRAPHY OF SOME EARLY MIOCENE SEQUENCES,
NORTH EASTERN DESERT (EGYPT)

The Early Miocene deposits in Gebel Genefe, North Eastern Desert, unconformably overlies the Oligocene and Eocene deposits. They consist predominantly of regressive and transgressive mixed siliciclastic / carbonate sediments of shallow marine environments. The Early Miocene deposits are represented lithostratigraphically by the Gharra Formation that comprises four members, from base to top: Agrud, Sadat, Hommath and Genefe Members. Two measured sections were described and investigated: Gebel Genefe section and Gebel Agrud section. The coralline red algae are highly abundant in Sadat and Genefe members as fragments, crusts and rhodoliths. Large foraminifera, corals, echinoids, bivalves, gastropods, bryozoans, benthic and planktonic foraminifers, dasyclades are also present. These two members consist of dolomitized bioclastic packstone, grainstone to floatstones / rudstone with rhodoliths (up to 3 cm in size). The systematic study led to the recognition of 14 coralline algal species. *Lithophyllum* sp. dominates the coralline associations at the generic level, followed by *Mesophyllum* spp., *Lithothamnion* spp. and *Spongites* spp. The vertical distribution of the coralline red algae in the two concerned sections allowed to subdivide the Early Miocene sequence into two local coralline algal zones, from base to top: *Lithophyllum ghorabi* zone (including the Sadat Member) and *Mesophyllum iraqense* (covering the Genefe Member). The rhodoliths populations in the two sections were analyzed in terms of their size, shape, massiveness, symmetry, algal growth forms, algal species diversity, epibionts and borings. These parameters reflect environmental differences between the two studied sections. A comparison of the two the analyzed rhodoliths populations show common features, but also significant differences are recorded. The rhodoliths populations of Gebel Genefe were formed under low energy conditions characterized by porous rhodoliths with higher primary porosity, less frequent epibionts, more boring and thick coralline algal thalli as well as greater asymmetry. On the contrary, in Gebel Agrud the analyzed rhodoliths population were formed in high energy conditions of more shallower water marine environments and characterized by more mobile, symmetrical rhodoliths, more frequent of epibiont, thin coralline thalli.

Keywords: coralline red algae, Early Miocene, species diversity, morphology, Egypt.

Abdallah, A.M. & F.M. Abdel Hady. 1968. Geology of Sadat area, Gulf of Suez. *J. Geol. Unit. Arab Rep.* **10**(1): 1-22.

Abdel Ghany, O. 2003. Lower Miocene stratigraphy of the Gebel Shabrawet area, North Eastern Desert, Egypt. *J. Afric. Earth Sci.*

Adey, W.H. & I.G. Macintyre. 1973. Crustose coralline algae: A re-evaluation in the geologic sciences. *Geol. Soc. Amer. Bull.* **84**: 883-904.

- Al Ahawani, M.M. 1977.** Geology and sedimentology of the eastern part of Cairo – Suez district (Aground area). M. Sci. Thesis, Faculty of Sci., Cairo Univ.
- Bassi, D. 1995.** Curstose Coralline algal pavement from Late Eocene, Colli Berici of Northern Italy. *Riv. Ital. Paleontol. Strat.* **101**: 81-92.
- Bassi, D. 1998.** Coralline algal facies and their paleoenvironments in the Late Eocene of Northern Italy. *Facies* **39**: 179-202.
- Berggren, W.A., D.V. Kent, C.C. Swisher & M.P. Aubry. 1995.** A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In: *Geochronology, time scales and Golbal stratigraphic correlation: SEPM*. Spec. Publ. **54**: 129-212.
- Bosence, D.W.J. 1983.** Coralline algae from the Miocene of Malta. *Paleontology* **26**(1): 147-173.
- Bosence, D.W.J. 1990.** Coralline algae: mineralization, taxonomy and paleoecology. In: *Calcareous Algae and Stromatolites*. Springer Verlag, Heidelberg.
- Braga, J.C. & J.M. Martin. 1988.** Neogene coralline red algal growth forms and their paleoenvironments in the Almanzora river valley (Almeria, Spain). *Paleogeogr., Paleoclimatol., Paleoecol.* **67**: 285-305.
- Braga, J.C., D.W. Bosence & R.S. Steneck. 1993.** New anatomical character in fossil coralline algae and their taxonomic implications. *Palaeontology* **36**(3): 535-547.
- Buchbinder, B. 1987.** Systematic and paleoenvironments of the calcareous algae from the Miocene deposits of Israel. *Mar. Micropaleontol.* **42**(2): 321-342.
- Cherif, O.H. 1966.** *Geology of the Sadat area, southwest of Suez, Egypt*. M. Sci. Thesis, Ain Shams Univ., Cairo.
- Cherif, O.H. & M.A. Yehia. 1977.** Stratigraphy of the area between Wadi Gimal and Wadi Hommath, Gulf of Suez, Egypt. *Egypt. J. Geol.* **21**(2): 185-202.
- Edgell, H.S. 1978.** Coralline algae from the Tertiary of Lebanon. *Micropaleontology* **23**(2): 165-184.
- Edgell, H.S. & P.W. Basson. 1975.** Calcareous algae from the Miocene of Lebanon. *Micropaleontology* **21**(2): 165-184.
- El Gamal, M.M. 1971.** *Paleontoloical and Stratigraphical studies on some Miocene reefal facies in Egypt with special emphasis on the calcareous algae*. Abstr. Ph.D. (Biol.) Thesis. Cairo.
- Farag, I.A.M. & A. Sadek. 1968.** Stratigraphy of Gebel Homeira area, Cairo – Suez district. *J. Geol. Unit. Arab Rep.* **10**(2): 107-124.
- Ghorab, M.A. & I.M. Marzouk. 1967.** *A summary report on the rock stratigraphic classification of the Miocene non-marine and coastal facies in the Gulf of Suez and Red sea coast*. General Petroleum Comp., Cairo.
- Hamam, K.A. 1966.** *Stratigraphy and Paleontology of the area south west of Suez*. M. Sci. Thesis. Ain Shams Univ., Cairo.
- Hermina, M., E. Klitzsch & F.K. List. 1989.** Stratigraphic Lexicon and Explanatory Notes on the Geologic map of Egypt 1 : 500.000. Conco Inc.
- Imam, M.M. 1991.** *Geological studies on the Miocene sequence in the area between Wadi El Tayiba and Wadi Sidri, West – central Sinai, Egypt*. Abstr. Ph.D. (Biol.) Thesis. Cairo.
- Imam, M.M. 1996.** Coralline red algae from the Middle Miocene deposits of Gebel Gushia, West – central Sinai, Egypt. *N. Jb. Geol. Paleontol. Abh.* **199**(1): 1-15.
- Imam, M.M. & A.A. Refaat. 2000.** Stratigraphy and Microfacies analysis of the Miocene Sequence in the area between Gebel Hammam Sayidna Musa and Wadi Abura, southern Sinai, Egypt. *N. Jb. Geol. Paleontol. Abh.* **7**: 385-409.

- Ismail, A. & Abdel Ghany. 1999.** Lower Miocene foraminifera from some exposures in the Cairo – Suez district, Eastern Desert, Egypt. *J. Afr. Earth Sci.* **28**(3): 507-526.
- Johnson, J.H. 1964.** Miocene coralline algae from northern Iraq. *Micropaleontology* **10**(4): 477-485.
- Johnson, J.H. 1965.** Tertiary red algae from Borneo. *Bull. Brit. Mus (Natur. Hist.), Geol.* **11**(6): 257-280.
- Johnson, J.H. & B.J. Ferris. 1949.** Tertiary coralline algae from the Dutch East Indies. *J. Paleontol.* **23**: 193-198.
- Littler, M.M., D.S. Littler & M.D. Hanisak. 1991.** Deep water rhodoliths distribution, productivity, and growth form history at sites of formation and subsequent degradation. *J. Mar. Biol. and Ecol.* **150**: 163-182.
- Metwalli, M.H. 1963.** *The study of some Miocene sediments in the Cairo – Suez district.* M. Sci. Thesis. Ain Shams Univ., Cairo.
- Nebelsick, J. & A. Kroh. 2002.** The stormy path from life to death assemblages: The Formation and preservation of Mass accumulations of fossil sand dollars. *Palaios* **17**: 378-393.
- Nebelsick, J., M.W. Rasser & D. Bassi. 2003.** The Development of Facies Patterns of Middle Eocene to Lower Oligocene Circum-Alpine, Shallow Water Carbonate Environments. In: *Greenhouse to Icehouse: The Marine Eocene-Oligocene Transition.* Columbia Univ. Press.
- Rasser, M. & W.E. Piller. 1994.** Re-documentation of Paleocene coralline red algae of Austria, described by Lemoine (1930). *Beitr. Paleontol.* **19**: 219-225.
- Sadek, H. 1959.** *The Miocene in the Gulf of Suez region, Egypt.* Geol. Survey of Egypt.
- Said, R., 1990.** Cenozoic. Pp. 451-486 in: *The Geology of Egypt.* Rotterdam.
- Said, R. & H. Metwalli. 1966.** Foraminifera of some Miocene sediments of the Cairo – Suez Road. *J. Egypt. Geol.* **7**(1): 29-65.
- Souaya, F.J. 1963a.** On the Foraminifera of Gebel Genefe (Cairo – Suez road) and some other Miocene samples. *J. Paleontol.* **37**(2): 433-457.
- Souaya, F.J. 1963b.** Micropaleontology of four sections south of Qusier, Egypt. *Micropaleontology* **9**(3): 233-266.
- Souaya, F.J. 1963c.** On the calcareous algae (*Melobesoideae*) of Gebel Genefe (Cairo – Suez road) with local zonation and some possible correlations. *J. Paleontol.* **37**(6): 1204-1216.
- Steneck, R.S. 1985.** Adapation of crustose coralline algae to herbivory: patterns in space and time. Pp. 352-366 in: *Paleoalgology contemporary research and applications.* Springer Verlag, Berlin.
- Verheij, E. 1993.** The genus *Sporolithon* (*Sporolithaceae* fam. nov., *Corallinales*, *Rhodophyta*) from the Spermonde Archipelago, Indonesia. *Phycologia* **32**: 148-196.
- Wehrmann, A., A. Freiwals & H. Zanki. 1995.** Formation of cold – temperature water multispecies rhodoliths in intertidal gravel pools from Northern Brittany, France. *Senckenberg. Marit.* **26**(1-2): 51-71.
- Woelkerling, W.J. 1988.** *The Coralline Red Algae: An Analysis of the Genera and subfamilies of the Nongeniculate Corallinaceae.* Oxford Univ. Press, Oxford.
- Woelkerling, W.J., L.M. Irvine & A.S. Harvey. 1993.** Growth forms in non-geniculate coralline red algae (*Corallinales*, *Rhodophyta*). *Austral. Syst. Bot.* **6**: 277-293.

Получена 20.10.07

Подписал в печать С.П. Вассер

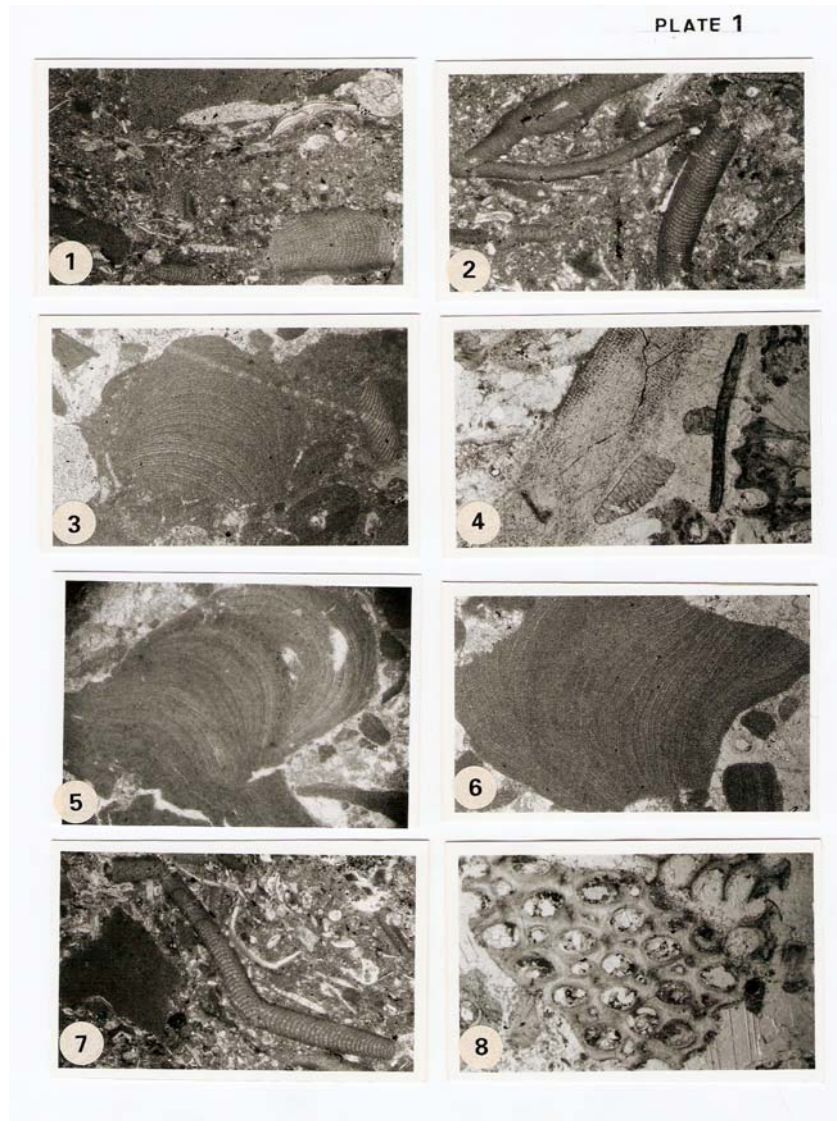


Табл. I. 1 – *Lithophyllum ghorabi* Souaya. Одиночная нить, состоящая из коаксиальных сердцевинных нитей, заключенных в микривую основу, образец 103, слой Садат, формация Генефе, Гебель Генефе, х80; 2 – *L. pseudoamphiora* Johnson. Коаксиальные сердцевинные нити, образец 95, слой Садат, формация Гарра, Гебель Генефе, х60; 3 – *Lithothamnium aggregatum* Lemoine. Бородавчатый выступ периферической нити, образец 40, слой Садат, формация Гарра, Гебель Генефе, х80; 4 – *Halimeda* sp. Слои палисадных клеток с округлой концептакулой, образец 83, Садат, формация Гарра, Гебель Генефе, х50; 5 – *L. operculatum* Conti. Бородавчатый выступ периферической нити с концептакулой, образец 40, Садат, формация Гарра, Гебель Генефе, х80; 6 – *Mesophyllum rigidum* Mastrorilli. Периферические нити с концептакулами овальной формы в неправильно решетчатом периферическом талломе, образец 28, Садат, формация Гарра, Гебель Агруд, х50; 7 – *Lithophyllum prelichenoides* Lemoine. Ветвь из коаксиальных сердцевинных нитей, образец 95, Садат, формация Гарра, Гебель Генефе, х60; 8 – *Lithoporella melobesioideae* (Foslie) Foslie. Инкрустированные двучастные слои палисадных клеток с округлой концептакулой, образец 83, Садат, формация Гарра, Гебель Генефе, х50.

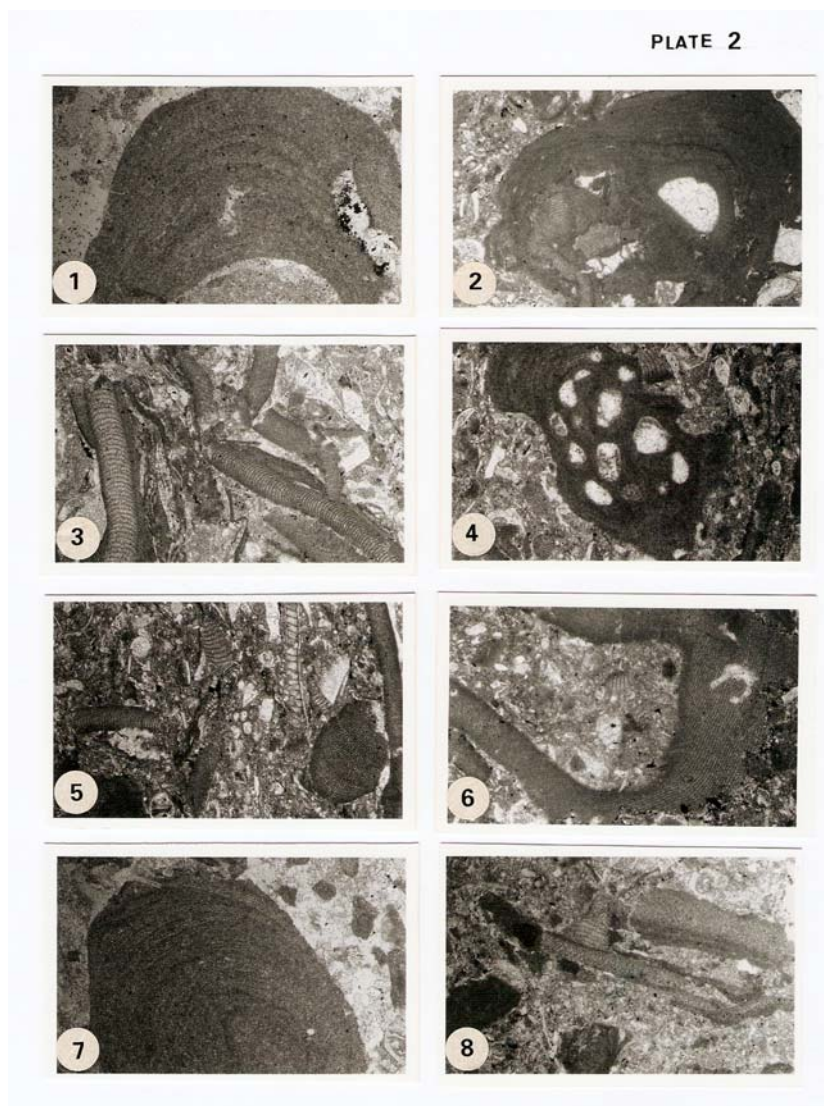


Табл. II. 1 – *Mesophyllum vaughani* (Howe) Lemoine. Бородавчатый выступ слабо развитых сердцевинных нитей с периферическими нитями при основе, образец 98, слой Садат, формация Гарра, Гебель Генефе, х50; 2 – *M. sanctidionysii* Lemoine. Выступающая длинная нить с крупными концептакулами, образец 98, Садат, формация Гарра, Гебель Генефе, х50; 3 – *Spongites albanensis* Lemoine. Раздвоенно-слоенные до слоистых корки периферических нитей с концептакулами бобовидной формы в неправильной решетке, образец 103, Садат, формация Гарра, Гебель Генефе, х50; 4 – *Mesophyllum lemoinae* Sonaya. Выступающая длинная нить с крупными концептакулами, образец 98, Садат, формация Гарра, Гебель Генефе, х50; 5 – *Spongites* sp. Периферические нити с концептакулами бобовидной формы в неправильной решетке, образец 103, слой Садат, формация Гарра, Гебель Генефе, х50; 6 – *Lithothamnion saxorum* Capeder. Постигенные нити с концептакулой, образец 69, слой Садат, формация Гарра, Гебель Агруд, х60; 7 – *Lithothamnion undulatum* Capeder. Фрагмент ветвящегося таллома, видно выступ с концептакулой, образец 69, слой Садат, формация Гарра, Гебель Агруд, х60; 8 – *Mesophyllum iraqense* Johnson. Бородавчатый выступ коаксиальных сердцевинных нитей и внешних периферических нитей, образец 103, слой Садат, формация Гарра, Гебель Генефе, х50.

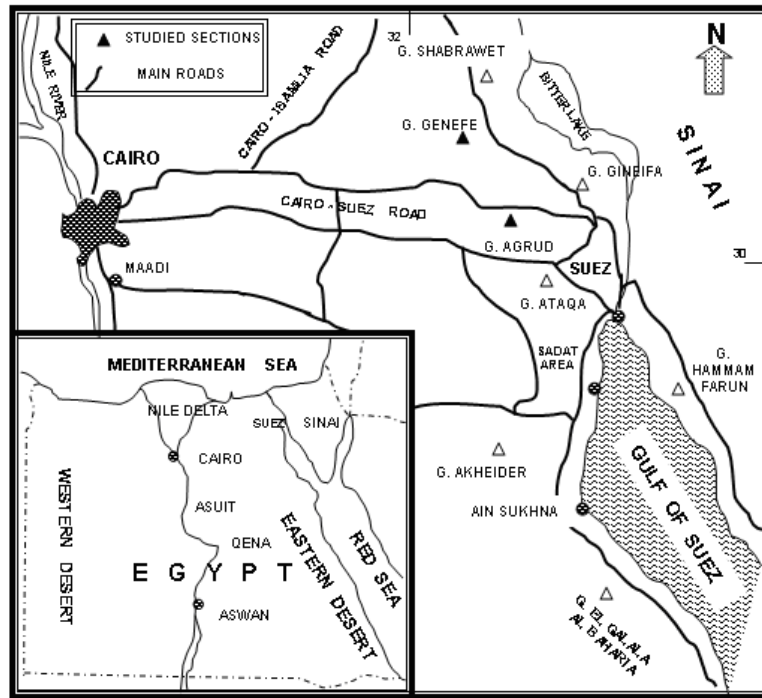


Figure 1. Location map showing the studied sections.

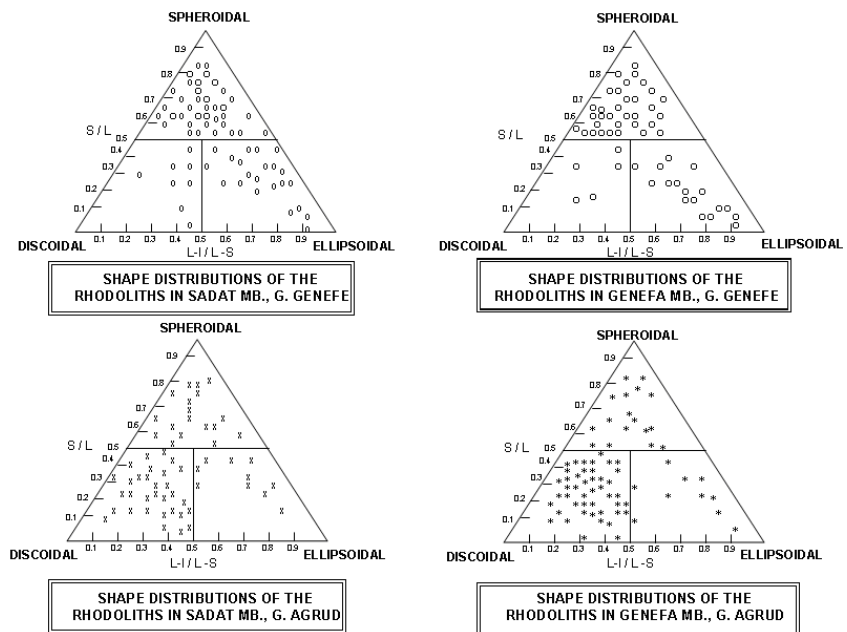


Figure 2. Shape distribution of the rhodoliths populations in Gebel Geneffe and Gebel Agrud, North Eastern Desrt, Egypt.

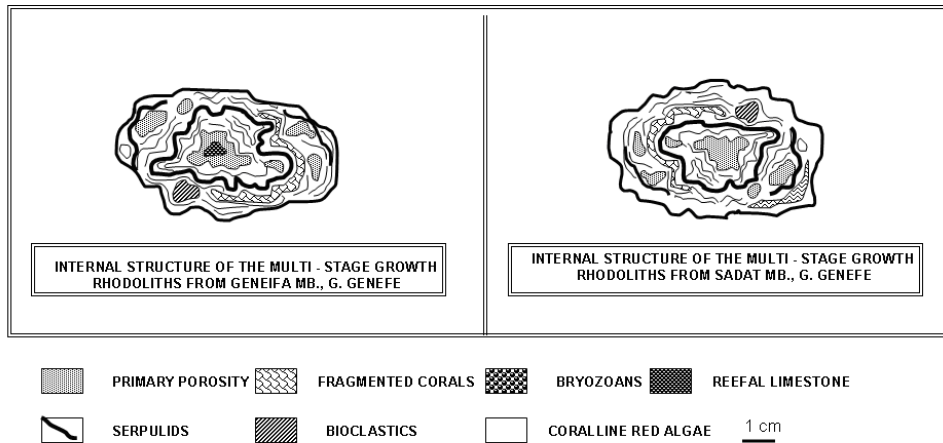


Figure 3. Schematic diagrams showing the internal structure of multi- staged growth rhodoliths , Sadat Member, Gharra Formation, Gebel Genefe.

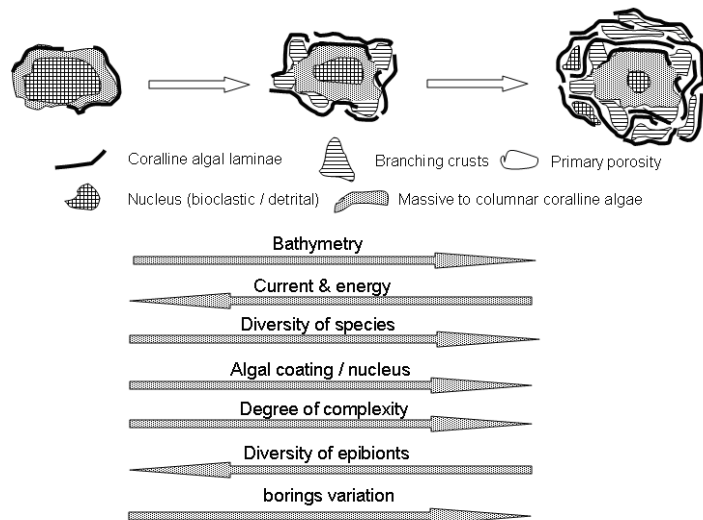


Figure 4. Conceptual model for rhodolith development in both Gebel Genefe and Gebel Agroud, North Eastern Desert, Egypt.
Modified from Braga & Martin (1989)

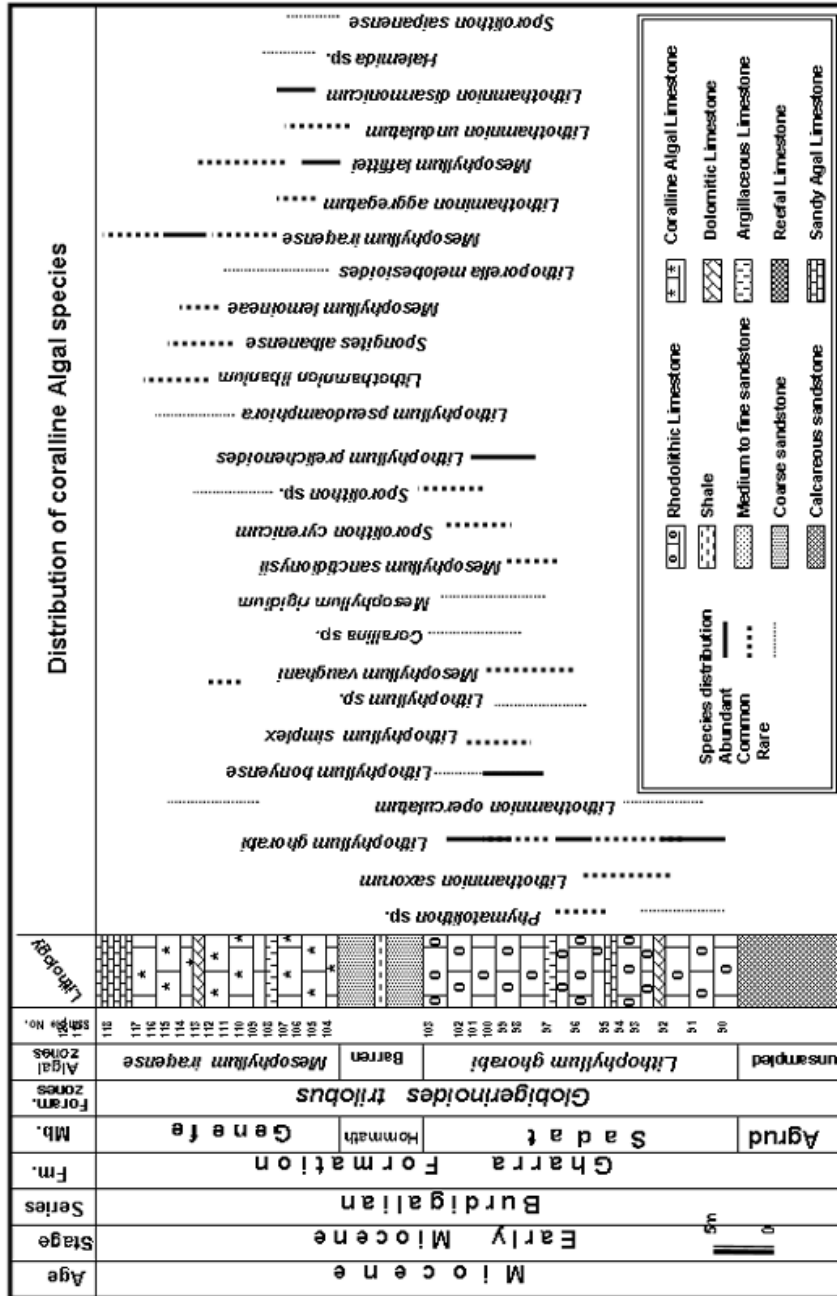


Figure 5. Stratigraphic distribution of the Early Miocene coralline red algae in Gebel Genefe, North Eastern Desert, Egypt

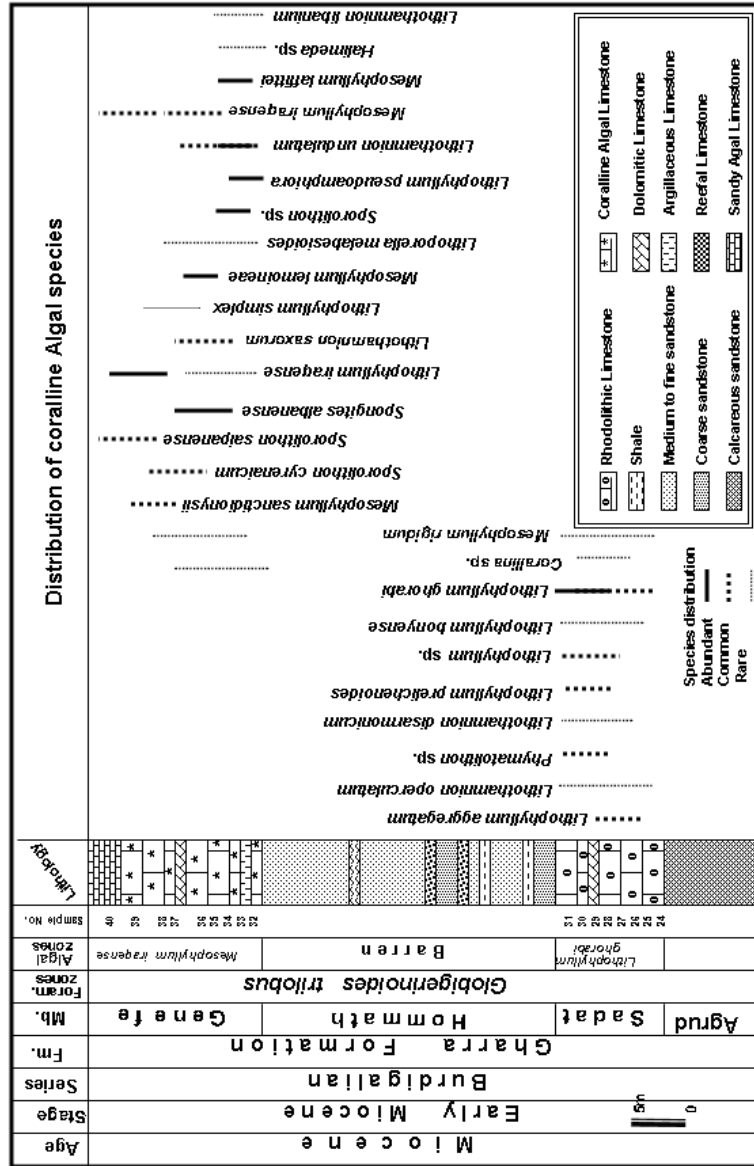


Figure 6. Stratigraphic distribution of the Early Miocene coralline red algae in Gebel Agrud, North Eastern Desert, Egypt .