

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ БИОГЕОГРАФИИ РАДИОЛЯРИЙ

М.С. Афанасьева, Э.О. Амон

В среде геологов о радиоляриях бытует довольно много стереотипных суждений и мифов, они устойчиво распространены и подпитываются общеобразовательными курсами палеонтологии в высшей школе, а также некоторыми справочными изданиями. Так, распространено недоказанное мнение о времени возникновения радиолярий в протерозое [Хабаков и др., 1959]. Стереотипно рассуждение о том, что доминирование в пробах радиолярий с вытянуто-удлиненным скелетом (элонгатный морфотип) доказывает наличие восходящих водных потоков. Иной миф, о поразительном консерватизме радиолярий, оказывает негативное влияние на мнение геологов о низкой стратиграфической значимости и ценности радиолярий. Согласно неточным данным некоторых специалистов, отдельные группы радиолярий, не изменяясь, просуществовали с докембрия до настоящего времени. В таком случае, если принять за истину, что, например, кайнозойский род *Cenosphaera* (или иные кайнозойские роды, такие как *Cromyosphaera*, *Cenellipsis* и др., см. в [Борисов, Липман, 1992, с. 55]) пребывали неизменным в течение *всего фанерозоя*, то такой род никоим образом не может быть использован в стратиграфии, поскольку окажется невозможным отличить по родовому составу комплексов радиолярий девонские от, скажем, плейстоценовых отложений.

Широко распространено среди геологов ошибочное представление о радиоляриях как о надежных показателях глубоководных фаций, свидетельствующих о наличии батимальных и абиссальных океанских глубин. Приведем в виде цитаты всего лишь один из многочисленных типичных примеров, взятый по этому поводу из текущей геологической периодики: "Океанический бассейн характеризовался значительными глубинами, превышающими линию карбонатной компенсации (отсутствие в разрезе пластовых тел известняков и карбонат-

ных пород). Органические остатки представлены планктонными организмами (конодонтами, радиоляриями и др.)" [Гутак, 2002, с. 19]. В приведенном отрывке мифология ощущается весьма отчетливо, и здесь важно то, что радиолярии привлекаются в качестве "надежного" обоснования заключения о существовании в девоне Горного Алтая (как, впрочем, и в другие геологические эпохи, и на других территориях) глубоководных зон океанов. Заметим, что, весьма вероятно, глубоководные зоны океана здесь действительно существовали, но факты находок радиолярий, также как и факты отсутствия тел карбонатов, не могут ни доказать, ни опровергнуть это предположение; с равным успехом по радиоляриям можно доказывать и шельфовое, и батимальное, и абиссальное происхождение осадков. К примеру, глинисто-кремнистый разрез меловой зайковской свиты или серовской и ирбитской свит Зауралья не содержит прослоев карбонатов и здесь в изобилии встречаются радиолярии, однако глубина палеобассейна не превышала первых десятков или сотен метров.

Г.М. Виноградов с коллегами сообщили данные о вертикальном распространении зоопланктона над абиссальной равниной Поркьюпайн в северо-восточной Атлантике [Виноградов и др., 2003]. Глубина океанского дна на полигоне наблюдений Бисмарк достигает 4700 м, радиолярии в планктоне составляют незначительную часть и представлены формами всего одного семейства *Aulacanthidae*. Максимум обилия радиолярий приходится на интервал глубин 200–400 м, составляя в среднем 0,62 экз./куб.м., ниже, в интервалах глубин 1400–3000 м и >3000 м, количество радиолярий снижается на порядки. В рассматриваемой статье приводятся и другие интересные и важные данные, характеризующие особенности распространения радиолярий в океанах, но для темы нашего сообщения важно отметить следующее. Основной продуцирующий радиолярии горизонт приходится на вер-

хнюю часть водного столба в пределах 200–400 м. Отмершие радиолярии опускаются на дно, захораниваются в донном осадке и, после литификации, получают шанс быть запечатленными в палеонтологической летописи. Глубина дна может быть ниже уровня карбонатной компенсации как в выше приведенном случае на полигоне Бисмарк, но она может быть и значительно меньше, располагаясь на уровнях 1000 м и 500 м; тем не менее процессы продукции радиолярий все равно будут происходить и в этих условиях, при наличии сравнительно незначительных глубин дна. В таком случае радиолярии равновероятно могут указывать как на значительные океанские глубины, так и на незначительные.

Радиолярии и фации (в самом широком смысле) – одна из сложнейших и мало разработанных проблем в радиоляриологии, палеонтологии, палеогеографии, региональной и исторической геологии. Не случайно поэтому М.Г. Петрушевская, одна из наиболее опытных и квалифицированных специалистов по радиоляриям, в своем обобщающем фундаментальном труде “Радиоляриевый анализ” коснулась данного вопроса очень осторожно, советуя избегать стереотипных выводов из наблюдаемых данных о распространении радиолярий по фациям [Петрушевская, 1986, с. 87,88]. И хотя по данной проблематике опубликовано довольно много литературы, литературные источники изобилуют либо стереотипными мифологемами, либо приводят взаимоисключающие заключения.

Существующая в настоящее время модель биогеографического распространения радиолярий, принимаемая многими специалистами и основанная на данных о распространении радиолярий в толще воды и приповерхностном слое осадка Мирового Океана [Петрушевская, 1966, 1981, 1986; Кругликова, 1966, 1990; Кругликова, Максимова, 1973 и другие работы], исходит из того, что следует выделять и различать группы океанических и неритических видов. При этом таксономическое разнообразие и биопродуктивность первой группы существенно выше второй, и максимально высокая продуктивность радиолярий отмечена в неритических и батипелагических областях Океана. Обычно считается, что радиолярии, в общем, избегают мелководные акватории, их численность резко падает по мере приближения к береговой линии. Исключение составляют, согласно модели, прибрежные акватории с ярко выраженным ап-

веллингом. Но даже в районах с интенсивным апвеллингом максимальная численность радиолярий встречается не в зоне дивергенции или апвеллинга, а мористее ее [Кругликова, 1990]. В принципе, роль апвеллинга в распространении радиолярий велика, несмотря на то, что явление апвеллинга в современном Мировом Океане встречается не очень часто.

Так, французские исследователи полагают, что температура воды в комбинации с гидрографическими структурами, и прежде всего апвеллингом, является важнейшим фактором, контролирующим распространение радиолярий и иной планктонной фауны [Venec-Peyre et al., 1995; Vernaud-Grazzini, Caulet, 1995]. Наблюдения, произведенные над фораминиферами и радиоляриями в бассейне Сомали в возрастном интервале последних 160 000 лет, убедили этих исследователей в том, что особенности гидрографии (сомалийский апвеллинг) могут оказывать такое же масштабное влияние на численность фораминифер и радиолярий, как и ледниковая-межледниковая цикличность.

Существует мнение, что фактор и роль апвеллинга в геологическом прошлом были столь же значительны, как и в современную эпоху [Вишневская, 2000 и другие работы этого автора]. В частности, параллели, проведенные между характером распространения современных радиолярий в Калифорнийском апвеллинге (значительное видовое разнообразие, составляющее 200–250 видов с доминированием 10–20% из них) и распространением радиолярий в юрских отложениях Печорского и Волжского бассейнов (доминирование циртоидных форм), привели В.С. Вишневскую к выводу о возможности существования палеоапвеллинга в платформенных эпиконтинентальных морях. Этот исследователь считает, что “значительное число циртоидных форм позволило предположить возможность существования в позднеюрское время устойчивой зоны палеоапвеллинга, простиравшегося параллельно Уральскому складчатому сооружению, вдоль которого могла происходить миграция на юг бореальных радиоляриевых фаун, что зафиксировано в разрезах юры Ульяновской области” [Вишневская, 2000, с. 29].

Согласно нашим данным, отдельные периоды геологической истории обнаруживают иную, в сравнении с модельной, картину распространения радиолярий, их таксономического разнообразия и биопродуктивности: макси-

мальная численность радиолярий приходится на прибрежные акватории крупных эпиконтинентальных бассейнов или пра-океанов, в то время как их более мористые или океанические районы содержали меньшее количество радиолярий.

Рассматривая характер распространения радиолярий в эпиплатформенных и платформенных бассейнах кайнозоя, мезозоя и палеозоя, можно сделать заключение, что современная модель распространения не во всем верна. Так, в мелу и палеогене Зауралья, в ранней перми Предуральского предгорного прогиба, в карбоне Прикаспия, в девоне Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции максимальная численность радиолярий приурочена к прибрежным частям акваторий. При этом не только явление апвеллинга, но и другие гидрографические явления можно привлекать в качестве объяснения эффекта массового развития фауны радиолярий вблизи побережий.

Так, появляются данные о влиянии на биопродуктивность планктона такой особой динамики водных масс вблизи побережий, как динамика явлений типа Эль-Ниньо [Anderson et al., 1990]. Р. Андерсон с коллегами показали, что условия Эль-Ниньо в районе побережья Калифорнии в плейстоцене характеризуются отсутствием или очень низким “апвеллингом”, низкой биопродуктивностью, высокой концентрацией растворенного кислорода. Условия Анти-Эль-Ниньо характеризуются увеличением “апвеллинга” и биопродуктивности, низким содержанием растворенного кислорода. Эль-Ниньо и Анти-Эль-Ниньо образуют естественный цикл 3-7 летней периодичности. Вполне вероятно, что цикл Эль-Ниньо – Анти-Эль-Ниньо оказывал и оказывает такое же влияние на колебания численности радиолярий, как и собственно апвеллинг.

В одном из крупнейших меловых эпиконтинентальных бассейнов, в бассейне Западной Сибири, принадлежавшем к Палеоарктическому океану, распространение радиолярий по палеоакваториям характеризуется следующими особенностями. Глубина позднемелового Западносибирского моря была относительно небольшой, вряд ли превышая нескольких сотен метров, при этом максимальные видовое разнообразие, общая численность, плотность популяций наблюдается в полосе шириной примерно 200–500 км вдоль восточного склона Урала, в Зауралье и в западных районах Западной Сибири [Амон, 2000, 2001]. В Зауралье в некоторых

интервалах верхнемелового разреза количество скелетов радиолярий в стандартной пробе может достигать десятков тысяч экземпляров (кузнецовская свита), порода в отдельных случаях может быть названа радиоляритом (зайковская свита). В тех же интервалах разреза в центральных районах Западной Сибири, т.е. на значительном удалении от береговой линии, количество экземпляров падает в десятки раз, составляя тысячи и сотни единиц.

Примерно таким же распространением характеризуются позднекаменноугольные-раннепермские радиолярии Прикаспия и Западного склона Южного Урала. Здесь радиолярии встречаются по всей гамме фаций от грубого флиша до типично платформенных осадков, при этом их максимально высокая численность отмечена для фации тонкого флиша Предуральского предгорного прогиба (расстояние 100–150 км от береговой линии), и минимальная отмечена на краевой части Восточно-Европейской платформы (200–250 км от береговой линии) [Чувашов и др., 1999; Амон, 1999; Афанасьева и др., 2002]. При этом глубина Приуральского бассейна в самой глубокой его части не превышала 1000 м. Обращает на себя особое внимание то обстоятельство, что скелеты радиолярий присутствуют в крупнообломочных породах грубого флиша, что свидетельствует о том, что биотоп этих форм находился практически рядом с береговой линией. Кроме того, заслуживают внимания данные о распространении радиолярий в фациях каменноугольного рифа Карачаганак в Северном Прикаспии [Афанасьева, 1987; 2000; Афанасьева и др., 1986, 2002], где радиолярии встречены на мелководье рифа, в том числе в зарифовой зоне и лагуне.

Исключительно обильны радиолярии в доманиковых отложениях позднего девона Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, где во франское время они образовывали невероятно большие по плотности и численности популяции, биомасса которых была настолько велика, что органический материал погибших радиолярий стал одним из источников жидких и газообразных углеводородов, образующих промышленные скопления. Надо иметь в виду, что глубина франских акваторий этой территории также была незначительной (максимально до 400 м), и они являли собой западную неглубокую периферию зрелого Уральского палеоокеана.

Особого рассмотрения заслуживают спокойные прибрежные акватории типа лагун рифовых массивов, а также закрытых бухт и фьордов. Западный склон Южного и Среднего Урала в пермское время, по-видимому, изобиловал подобными образованиями. То же самое, но несколько в меньшей степени, видимо, было свойственно береговой линии восточного Зауралья в поздне меловое время. Особенности заселения радиоляриями лагун были освещены М.С.Афанасьевой [Афанасьева, 1987, 2000, Афанасьева и др., 1986, 2002], а об особенностях заселения радиоляриями вод фьордов имеются данные С.Б. Кругликовой и К.Р. Бьорклунда [Kruglikova, Bjorklund, 1995; Cortese, Bjorklund, 1995]. Популяции радиолярий, обитающие внутри акваторий крупных фьордов Норвегии (Согнефьорд, Хардангерфьорд, район Тромсо), довольно значительно отличаются по таксономическому составу и внешнему облику от популяций, обитающих на тех же широтах в неритической области Северной Атлантики. Происходит снижение общего таксономического разнообразия. Так, комплексы из осадков фьордов представлены среди *Nassellaria* на 70–95% представителями *Astrosphaeridae*, *Plagiacanthidae*, *Eucyrtidae*, ряд групп количественно доминирует над другими (например, *Spumellaria* над *Nassellaria*), некоторые группы резко сокращают свою численность (*Spyrida*), раковины отдельных видов становятся очень крупными (*Actinommidae*). Упомянутые исследователи проводят некоторые параллели между популяциями радиолярий из фьордов и популяциями из зон апвеллинга (в частности, апвеллинга Южной Африки) [Kruglikova, Bjorklund, 1995], предполагая, что среди прочих факторов среды, обусловивших особенности заселения радиоляриями акваторий фьордов, одним из самых важных был фактор обилия пищевых элементов в водах фьордов [Cortese, Bjorklund, 1995]. Приведенные здесь данные по рецентным радиоляриям позволяют предположить, что в отдельных случаях, когда береговая линия интенсивно изрезана закрытыми и полузакрытыми бухтами и фьордами, осадки непосредственно прибрежной зоны могут сохранять своеобразные* ориктоценозы радиолярий.

Можно привести еще примеры, однако из уже сказанного явствует, что в отдельные периоды геологической истории прибрежные мелководные акватории морей и океанов были более благоприятны, нежели более глубокие центральные их зоны. Как это наглядно видно на примере поздне мелового прибрежного моря Зауралья, где глубины вряд ли превышали 100 м, процветание радиолярий обуславливалось несколькими факторами. Среди которых два были ведущими – близость береговой линии и наличие постоянно действующей системы течений. Поскольку берег располагался близко, воды прибрежных акваторий были хорошо аэрированы и насыщены питательными веществами, доставлявшимися поверхностным и подповерхностным стоком с континента, необходимыми для жизнедеятельности радиолярий и симбиотирующих с ними водорослей. Кроме того, сравнительно мягкий, теплый и ровный климат, властвовавший в позднем мелу над всей Уральской сушей, поддерживал благоприятные для развития радиолярий температуры в прибрежных водах моря. Нечто похожее наблюдается в современных условиях, когда было обнаружено, что на колебания численности радиолярий, обитающих в акваториях, расположенных вблизи огромных континентальных массивов, оказывают влияние сезонные и широтные изменения температуры на континентальной суше. Наблюдения, проводившиеся за радиоляриями, обитающими в Тихом океане в системе течений, омывающих Северо-Американский континент (Калифорния – Орегон), показали снижение численности на севере, где сезонные колебания температуры на континенте выражены сильнее, чем на юге. Это явление продолжалось, по крайней мере, последние 30 000 лет [Prahl et al., 1995].

Второй фактор – наличие системы течений, оказывает свое влияние двояким образом. Западносибирский поздне меловой бассейн был открыт на севере в сторону Палео-Арктики и связан несколькими проливами на юге с морями Русской платформы и Туранской плиты. Через проливы во время бореальных или тетических трансгрессий в западносибирскую котловину вливались массы океанических вод, прино-

* С преобладанием дискоидных и сферических форм, с крупными размерами скелетов

ся с собой питательные вещества и переселенцев из других климатических областей. Чередование трансгрессивно-регрессивных циклов и воздействие сил Кориолиса обуславливало постоянное движение водных масс внутри западносибирской чаши, которое происходило преимущественно по периферии бассейна. Одно из течений, регулярно менявшее свой вектор с юга на север и обратно, проходило вдоль восточного склона Урала по территории современного Зауралья, и это течение самым непосредственным образом сказывалось на расселении радиолярий. В отдельные века позднемеловой истории рассматриваемого бассейна иммигранты из иных климатических зон, прибывшие во время трансгрессий, расселялись по его периферии благодаря течениям, двигавшимся вдоль берегов, и, найдя новые места обитания, не встретив серьезной пищевой конкуренции со стороны видов-аборигенов, давали вспышку обилия [Амон, 2000, 2001].

Не все явления подвержены описанным закономерностям, имеются противоположные данные. А. Нишимура с коллегами привели хорошо документированные свидетельства о том, что в прибрежной зоне Антарктики самые мелководные комплексы существенно беднее по количеству видов, нежели неритические [Nishimura et al., 1997]. Анализу были подвергнуты позднеплейстоценовые радиолярии из донных осадков, собранные по 60-й параллели в районах Южных Оркнейских, Южных Шетландских островов, в акваториях морей Росса, Дюмон-Дюрвилля и др. Было установлено, что ассоциации радиолярий в самой прибрежной мелководной зоне намного, в десятки раз, беднее неритических ассоциаций. Прибрежная ассоциация представлена всего двумя видами (*Rhizoplegma boreale* (Cleve), *Phormacantha hystrix* (Jorgensen) group), в то время как неритическая ассоциация состоит из более чем 70 видов. Авторы объясняют это явление тем, что на прибрежном мелководье более значительно сказывались условия сезонного летнего образования ледового щита, поэтому здесь могли выжить только наиболее устойчивые к низким температурам виды.

Правда, в отдельных случаях, снижение среднегодовой температуры воды в определенной акватории может и не вызывать снижения численности и продуктивности радиоляриевой биоты. Например, А.Г. Матуль [1994 а,б] приводит интересные, и в чем-то парадоксальные,

данные о том, что в одном из районов Северной Атлантики в интервале позднеюрмского стадиала отмечается несколько уровней повышения абсолютной концентрации скелетов радиолярий в осадках, при этом максимумы абсолютной концентрации приурочены, в основном, к минимумам температуры (данные по колонкам скважин МК-316 и Л-254, проект "Осадки" программы "Мировой Океан"). Это явление А.Г. Матуль объясняет расположением изученного участка с наибольшей концентрацией радиолярий в позднеюрмских осадках вблизи зоны влияния течения Прагольфстрим.

Опишем несколько более подробно эффект Эль-Ниньо. У латиноамериканских побережий океана во время Эль-Ниньо наблюдается "красный прилив" – бурное развитие одноклеточных водорослей – динофлагеллят [Сывороткин, 1994, 1998].

В период "красного цветения" в приповерхностном слое воды северо-западной части Черного моря резко возрастает биомасса диатомовых водорослей: их концентрация достигает 10 грамм на 1 м³. Эти одноклеточные водоросли воспроизводятся с такой быстротой, что равновесие кремния, растворенного в морской воде, не имеет времени восстановиться. Образуются скопления диатомей бедных кремнеземом, которые покрывают поверхность моря слоем в несколько метров толщины [Бородкин, 1995; Волков, 1995; Агарков, 2000]. Создаются бескислородные неблагоприятные для фотосинтеза условия, и процессы деления клеток приостанавливаются. При этом объемы выбрасываемого внеклеточного органического материала в этой ситуации возрастают до 100%. Происходит образование нитчатых скоплений органики, обогащенной серой; при агрегации нитей размеры взвешенного органического вещества в виде хлопьев могут составлять в поперечнике до 10 см² [Alldredge, Gotschalk, 1990; Бородкин, 1995; Волков, 1995], и в это время идет "морской снег" [Агарков, 2000]. Скопления водорослей оседают на дно в виде студнеобразных масс, быстро поедаемых или разлагающихся. Нарушенное равновесие природы вновь восстанавливается.

Для объяснения явления массового скопления ископаемой фауны, сменяющегося периодами ее полного отсутствия во вмещающих породах, в частности в отложениях доманикового типа, может быть использована модель В.Л. Сывороткина [Сывороткин, 1994, 1998].

Модель разработана при анализе современного феномена Эль-Ниньо и помогает объяснить аномальную продуктивность локальных участков моря и периодическую, быструю и массовую гибель биоты.

Эль-Ниньо представляет собой теплос течение, которое возникает иногда по неизвестным причинам у берегов Перу и Чили, а так же у Калифорнии. При этом в обычной, нормальной климатической обстановке у перуано-чилийских берегов обращает на себя внимание колоссальная биологическая продуктивность прибрежных вод. Но во время Эль-Ниньо ситуация резко меняется. Происходит усиление дегазации, температура воды повышается на несколько градусов, кислород исчезает. Зловонный запах сероводорода наполняет окрестности, начинается массовая гибель биоты. Однако и после массовой гибели аэробной биоты удивительное буйство жизни не прекращается. В лишенных кислорода, продуваемых ядовитыми газами водах начинается бурное развитие одноклеточных водорослей – динофлагеллят. Это явление известно под названием “красный прилив”. Океан как бы возвращается в геологическое, “докислородное” прошлое. Само название “красный прилив” возникло из-за того, что в этих условиях хорошо себя чувствуют только интенсивно окрашенные водоросли, которые при массовом развитии изменяют цвет морской воды. Окраска водорослей хроматинами выполняет защитную функцию, защищая организм водоросли от избыточной ультрафиолетовой части спектра солнечного света. Эту функцию водоросли приобрели еще в протерозое, когда не было озонового слоя и поверхность водоемов подвергалась интенсивному ультрафиолетовому облучению.

Заключительной фазой стихийного бедствия Эль-Ниньо является Ла Нинья: резкое похолодание воды в Восточной части Тихого океана, когда в течение нескольких месяцев ее температура опускается ниже нормы. Дело в том, что одновременно с развитием озоновой аномалии над экватором, которая вызывает разогрев воды, понижается концентрация озона и над Антарктидой. Здесь же избыточное тепло приводит к усилению таяния льда и увеличению притока холодной воды в приантарктические воды, что приводит к появлению холодного Перуанского течения. Оно и переохлаждает экваториальные воды после ослабления де-

газации и восстановления озонового слоя [Сывороткин, 1994, 1998].

Таким образом, биологический аспект Эль-Ниньо имеет две стороны: 1) массовая гибель морских организмов и 2) аномально высокая биопродуктивность. Традиционное объяснение этому феномену – апвеллинг, который поднимает с глубины холодную и обогащенную питательными компонентами воду. Но в годы Эль-Ниньо апвеллинг прерывается, поступление питательной глубинной воды прекращается, и продуктивность наверху резко падает. Ключ к разгадке точек аномальной биологической продуктивности океана кроется в приуроченности “пятен” максимальной продуктивности к зонам дегазации, по которым на дно океана и в толщу океанской воды поступает огромное количество химических соединений, в том числе азота и фосфора. Эль-Ниньо развивается над одним из наиболее активных участков Мировой рифтовой системы. Таким образом, развитие зон повышенной биопродуктивности контролируется тектоническими факторами: над разломными зонами, источниками питательных веществ эндогенной природы, создаются уникальные условия для жизни.

Возможно, что и Тимано-Печорский доманиковский бассейн с аномальным режимом сероводородного заражения развивался над одним из наиболее активных участков древних авлакогенов [Афанасьева, 2000]. И здесь так же, как и в случае Эль-Ниньо, имели место дегазация и разрушение озонового слоя. И, вероятно, тоже шел “морской снег”, только вместо диатомей были широко распространены акритархи и тасманитесы.

Таким образом, в вышеописанных случаях мы встречаемся с явлением, напоминающим эффект современного апвеллинга, но не являющимся апвеллингом в полном смысле этого термина. Для эффекта апвеллинга необходимы два условия – наличие вблизи берега огромных океанских глубин и подтока к поверхности глубинных вод, насыщенных питательными веществами. Ни в одном из рассмотренных случаев эти условия не выполняются, и повышенная биопродуктивность радиолярий в прибрежных зонах палеоморей обусловлена иными факторами. Радиолярии не следует привлекать в качестве “веского” аргумента при обосновании океанских глубин палеобассейнов – с равной долей достоверности факты их находок во вмещающих отложениях могут свидетельствовать

и об океанических и о прибрежно-морских условиях осадконакопления.

Работа выполнена при поддержке РФФИ гранты 04-05-64103 и 03-05-64766.

Список литературы

- Агарков Ю.В. Радиоларии, диатомовые водоросли и углеводородный потенциал нефтематеринских пород // Радиолариология на рубеже тысячелетий: итоги и перспективы. СПб.—М., 2000. С. 10-11.
- Амон Э.О. Зональная радиолариевая шкала карбона и нижней перми Урала и Предуралья // Материалы по стратиграфии и палеонтологии Урала. Вып. 2. Екатеринбург: УрО РАН, 1999. С. 85-124.
- Амон Э.О. Верхнемеловые радиоларии Урала. Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2000. 209 с. (Материалы по стратиграфии и палеонтологии Урала. Вып. 5).
- Амон Э.О. Морские акватории Уральского региона в средне- и поздне меловое время // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 3. С. 471-483.
- Афанасьева М.С. Позднепалеозойские радиоларии месторождения Карачаганак и их фациальная приуроченность // Стратиграфия и палеонтология палеозоя Прикаспийской впадины. М.: ВНИГНИ, 1987. С. 26-46.
- Афанасьева М.С. Атлас радиоларий палеозоя Русской платформы. М.: Научный мир, 2000. 480 с.
- Афанасьева М.С., Замлацкая Т.К., Рукина Г.А. Радиоларии и фораминиферы верхнего палеозоя северной части Прикаспийской впадины // Известия АН СССР. Серия геол. 1986. № 9. С. 127-131.
- Афанасьева М.С., Амон Э.О., Чувашов Б.И. Радиоларии в стратиграфии и палеогеографии карбона на востоке Европы (Прикаспий и Южное Предуралье) // Литосфера. 2002. № 4. С. 22-62.
- Борисов Б.А., Липман Р.Х. О первых находках палеозойских и мезозойских радиоларий в гальках мелового аллювия Зайсанской впадины (Восточный Казахстан) и их палеогеографическое значение // Материалы по палеонтологии и стратиграфии Западной Сибири. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1992. С. 53-57.
- Бородкин С.О. Экологические особенности химического состава морского планктона // Химия морей и океанов. М.: Наука, 1995. С. 223-240.
- Виноградов Г.М., Вережца А.Л., Мусаева Э.И., Дьяконов В.Ю. Вертикальное распределение зоопланктона над абиссальной равниной Поркьюпайн (северо-восточная Атлантика) летом 2002 г. // Океанология. 2003. Т. 43. № 4. С. 543-554.
- Вишневская В.С. Характер распределения радиоларий высоких таксонов мезозоя в Тетической и Бореальной провинциях // Радиолариология на рубеже тысячелетий: итоги и перспективы. СПб.—М., 2000. С. 28-29.
- Волков И.И. Серводород и восстановленные соединения серы в Черном море: сравнительный анализ // Химия морей и океанов. М.: Наука, 1995. С. 266-289.
- Гутак Я.М. Эволюция девонских бассейнов седиментации в Горном Алтае // Геология девонской системы: Материалы Международного симпозиума. Сыктывкар: Геопринт, 2002. С. 18-20.
- Кругликова С.Б. Количественное распределение радиоларий в поверхностном слое донных осадков северной половины Тихого океана // Геохимия кремнезема. М.: Наука, 1966. С. 246-261.
- Кругликова С.Б. Радиоларии как показатели некоторых факторов палеосреды // Радиоларии в биостратиграфии. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. С. 92-106.
- Кругликова С.Б., Максимова С.В. Радиоларии // Атлас породообразующих организмов (известковых и кремневых). М.: Наука, 1973. С. 94-97.
- Матуль А.Г. О позднечетвертичной палеоокеанологии Северной Атлантики по данным радиолариевого анализа // Океанология. 1994а. Т. 34 № 4. С. 607-613.
- Матуль А.Г. К проблеме палеоокеанологической эволюции района хребта Рейкьянесс (Северная Атлантика) во время последней дегляциации по данным изучения радиоларий // Океанология. 1994 б. Т. 34. № 6. С. 881-889.
- Петрушевская М.Г. Радиоларии в планктоне и в донных осадках // Геохимия кремнезема. М.: Наука, 1966. С. 219-245.
- Петрушевская М.Г. Радиоларии отряда Nassellaria Мирового океана. Л.: Наука, 1981. 406 с.
- Петрушевская М.Г. Радиолариевый анализ. Л.: Наука, 1986. 200 с.
- Сывороткин В.Л. Озоновый слой, дегазация Земли, рифтогенез и глобальные катастрофы. М.: Геоинформмарк, 1994. 68 с.
- Сывороткин В.Л. Экологические аспекты дегазации Земли. М.: Геоинформмарк, 1998. 57 с.
- Хабаров А.В., Стрелков А.А., Липман Р.Х. Подкласс Radiolaria. Радиоларии или лучевики // Основы палеонтологии. Справочник для палеонтологов и геологов СССР. Т. 1. Общая часть, простейшие. М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 369-467.
- Чувашов Б.И., Амон Э.О., Пруст Ж.Н., Каридруа М. Радиоларии в полифациальных позднепалеозойских образованиях Предуральяского краевого прогиба // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1999. Том 7. № 6. С. 41-55.
- Allredge A.L., Gotschalk C.C. The relative contribution of marine snow of different origin to biological processes in coastal waters // Continental shelf Res. 1990. Vol. 10. P. 41-58.
- Anderson R.Y., Linsley B.K., Gardner J.V. Expression of seasonal and ENSO forcing in climatic

variability at lower than ENSO frequencies: evidences from Pleistocene marine varves of California // *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleoecol.* 1990. Vol. 78. N 3-4. P. 287-300.

Cortese G, Bjorklund K R Morphometric study of the radiolarian *Actinomma boreal* in the sediments of the Norwegian-Iceland seas in the Western Norwegian fjords // 5th Zonenshain conference on plate tectonics. Abstracts. Moscow, 1995. P. 199-200.

Kruglikova S.B., Bjorklund K.R. Comparative study of quantitative distribution of radiolaria high rank taxa in the surface layer of the Norwegian sea and Norwegian fjords // 5th Zonenshain conference on plate tectonics. Abstracts. Moscow, 1995. P. 201-202.

Nishimura A, Nakaseko K., Okuda Y. A new coastal water radiolarian assemblage recovered from

sediment samples from the Antarctic Ocean // *Marine micropaleontology.* 1997. Vol. 30. P. 29-44.

Prahl F.G, Piasias N., Sparrow M A, Sabin A Assessment of sea-surface temperature at 42-degrees-n in the California current over the last 30000 years // *Paleoceanography.* 1995. Vol. 10. N 4. P. 763-773

Venec-Peyre M T., Caulet J -P, Vernaud-Grazzini C Paleohydrogeographic changes in the Somali Basin (5° N upwelling and equatorial areas) during the last 160 kyr, based on correspondence analysis of foraminiferal and radiolarian assemblages // *Paleoceanography.* 1995. Vol. 10. N 3. P. 437-491.

Vernaud-Grazzini C, Caulet J.-P Late Quaternary evolution of fertility indicators and Moonsoon in the Somalian basin, northwest Indian Ocean // *Bulletin de la Societe geologique de France.* 1995. Serie VIII. Vol. 166. N 3. P. 259-270.