

- [31] *Philippe Baumard*. Pascal Lorot, «Le champ geoeconomique: une approche epistemologique». Lorot. Introduction a la Geoeconomie, op. cit. P. 214.
- [32] *Sukru Inan*. Geoeconomic policies for regional development: Turkey as a catalyst for Eastern Europe. *Ekonomika*, 2005. URL: http://www.leidykla.eu/fileadmin/Ekonomika/2005_69/30—45.pdf
- [33] *World Economic Journal*. URL: [http:// world-economic.com/ru/articles_wej—265.html](http://world-economic.com/ru/articles_wej—265.html)

Санкт-Петербург
lachininsky@gmail.com
Санкт-Петербургский государственный университет

Поступило в редакцию
12 сентября 2013 г.

Изв. РГО. 2014. Т. 146, вып. 2

© И. Л. КУЗИН

О РОЛИ МИКРООРГАНИЗМОВ В ОБРАЗОВАНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Вместе с гидросферой, атмосферой и биосферой литосфера образует географическую оболочку — оболочку Земли. Она включает верхнюю мантию и земную кору, которая под океанами и на материках имеет разное строение. Океаническая кора состоит из двух слоев — базальтового и осадочного общей мощностью 5—10 км; местами она увеличивается до 15 км или уменьшается до 1—2 км. Материковая же кора имеет трехчленное строение: наряду с базальтовым и осадочным слоями большой мощности включает и гранитный слой. Она распространена не только на материках, но и под окраинными морями, включая материковый склон. Ее площадь примерно равна площади океанической коры, а мощность — в несколько раз больше: под равнинами она составляет около 35—40 км, а под горами увеличивается до 70—80 км, из которых до 25—30 км приходится на гранитный слой. Каково происхождение этого слоя и почему он развит только на материках и только на Земле? Под океанами и на других планетах его нет.

Согласно современным представлениям, Земля образована из вещества, подобного метеоритам, 92 % которых составляют каменные (хондриты), 6 — железные и 2 % железокремнистые метеориты. Вещество, аналогичное гранитам, в метеоритах не обнаружено; преобладающие среди них хондриты сложены преимущественно оливином и пироксеном. Как из этих ультраосновных пород первозданной Земли образовались кислые породы гранитного слоя? Предложено несколько гипотез метаморфического и магматического их происхождения.

Разные варианты метаморфической гипотезы (Н. Г. Судовиков, 1950 г.; Г. Д. Ажгирей, 1956 г., и др.) образование гранитов связывают с процессами метасоматоза — изменениями химического состава первичных пород земной коры при диффузии через них некоторых глубинных эманаций. Гипотеза магматического происхождения также имеет несколько вариантов. Наиболее известной является гипотеза А. П. Виноградова [6], в основу которой положен

принцип зонной плавки. Предполагается, что на определенной глубине в мантии под действием радиогенного тепла появлялись очаги расплавов, в которых ультраосновная порода разделялась на тугоплавкую и легкоплавкую фракции. Последняя, как более легкая, состоящая преимущественно из кремнезема, проплавления вышележащие породы, поднималась вверх. В результате этого в архее и протерозое близко от поверхности Земли появились кремнеземсодержащие породы большой мощности, которые в процессе метаморфизма превратились в породы гранитного слоя. Согласно этой гипотезе, одновременно с гранитным слоем поднимающимися из недр Земли летучими компонентами были образованы гидросфера и атмосфера.

По нашему мнению, в образовании гранитного слоя принимали участие не только эндогенные, но и экзогенные процессы — жизнедеятельность микроорганизмов, главными из которых были цианобактерии (синезеленые водоросли). Появившись более 3.8 млрд л. н., они господствовали на Земле в течение всего криптозоя. Их ископаемые остатки находят в распространенных на всех материках кварцитах, строматолитовых известняках и доломитах, в других осадочных породах. Даже в породах раннего архея они имеют хорошую сохранность, благодаря которой было установлено, что строение клетки ископаемых видов почти не отличается от строения клетки ныне живущих видов. Это значит, что в процессе эволюции эти микроорганизмы почти не претерпели изменений. Их называют живыми ископаемыми: микрофоссилии, возраст которых превышает 2 млрд лет, можно классифицировать по современным определителям [3, 11, 12]. В позднем протерозое образование строматолитов замедлилось, что объясняется появлением радиолярий и других скелетных микроорганизмов, вытеснивших цианобактерии в ниши с экстремальными условиями. Особенности клеточного строения позволяют им переносить воздействие высоких температур, высокой концентрации минеральных веществ и ядовитых газов [3]. Они сохранились в областях современного вулканизма, где условия осадконакопления напоминают условия ранней Земли, а также в описанных ниже аномальных («голубых») озерах гумидной зоны.

Как известно, изучение строматолитов в современных морях позволило объяснить процесс бактериального образования древних, входящих в состав гранитного слоя строматолитовых известняков и доломитов. Мы считаем, что в докембрии при участии микроорганизмов отлагались не только карбонатные породы, но и железистые кварциты — важные представители кислых пород гранитного слоя. Многие годы специалисты разных стран изучают происхождение тонкослоистых разностей железистых кварцитов — джеспилитов, на долю которых приходится около 95 % запасов железных руд Земли. Предложено много гипотез, однако причины попеременного осаждения в них кремнезема и железа до сих пор не установлены [9, 10, 20, 22]. По нашему мнению, условия образования указанных отложений были совсем не такими, как объясняют авторы существующих гипотез. Это не химические, а биохимические осадки, в образовании которых ведущая роль принадлежала цианобактериям [17].

В начале 70-х гг. прошлого века автором было установлено не известное ранее явление изменения химического состава и цвета воды в небольших озерах севера Западно-Сибирской и Русской равнин. Обычно воды озер гумидной зоны содержат много органических веществ и растворенного железа, поэтому имеют разной интенсивности желтый с бурым оттенком цвет. Когда в такие озера попадают сульфаты и кремнезем, в них при участии цианобакте-

рий и других микроорганизмов происходят сложные процессы, в результате которых вода осветляется, становится чистой и прозрачной, как дистиллированная. Цианобактерии на дне озера придают обесцвеченной воде зеленовато-голубой оттенок. Для отличия от обычных, «черных» озер, эти аномальные озера названы нами «голубыми» [16].

«Фабрикой» по осветлению воды служит лежащий на мелководье цианобактериальный мат. Он представляет собой тонкий (1—5, обычно 2—3 мм) слой студенистого вещества зеленовато-голубого цвета с погруженными в нем песчинками кварца. Видовой состав слагающих его микроорганизмов определяли Р. Н. Белякова, М. М. Голлербах, Н. В. Сдобникова (Лаборатория альгологии Ботанического института РАН) и Е. В. Станиславская (Институт озероведения РАН).

В процессе жизнедеятельности цианобактерии потребляют углерод и серу и выделяют сероводород, который соединяется с растворенным в воде железом и осаждает его в виде гидротроилита. Этот коллоидный черный минерал (гель) характерен для резко восстановительной среды и представляет собой гидрат односернистого водного железа ($\text{FeS} \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Резко восстановительная среда и благоприятная для осаждения гидроокислов железа обстановка находится внутри цианобактериального мата, в котором при участии микроорганизмов происходит восстановление сульфатов в сероводород. После отмывания водой от сине-зеленого студенистого вещества песок мата становится черным, так как каждая песчинка покрыта оолитового строения пленками гидротроилита.

Цианобактерии «голубых» озер имеют обильный слизистый покров, цементирующий населенный ими песок до состояния слабого песчаника. При слабом и умеренном волнении воды в озере он сохраняет целостность, а при сильном волнении разрушается. Слагающие его микроорганизмы разносятся по всему озеру, отчего вода становится зеленовато-голубой. На месте размытого мата остается тонкий слой шлиха — песка, покрытого пленками гидротроилита. Когда волнение затихает, цианобактерии оседают на дно и образуют новый мат. На затишных участках озер маты не разрушаются, а погребаются свежим песком, на котором образуется новый мат. Так происходит несколько раз за лето, что приводит к образованию осадков, в которых тонкие слойки чистого кварцевого песка чередуются со слойками железосодержащего песка. На участках многократного размыва матов и обогащения осадков железом мощность прослоев черного песка колеблется от 1—2 до 5—10 см [17]. На «черных» озерах и на участках «голубых» озер, лишенных матов, прослоев железосодержащего песка нет.

Химические анализы, проведенные К. Б. Томбак в полевых условиях, а позднее — в Лаборатории аналитического контроля Петербургского института ядерной физики им. Б. П. Константинова РАН, показали, что шлик и вода с взвесью синезеленых водорослей, полученные при промывании мата, содержат значительные количества железа. Если обычно в водах «черных» и «голубых» озер содержание железа общего составляет 0.1—0.3 мг/л, то в шлихе оно увеличивается до 5 мг/л, а в промывочной воде — до 20 мг/л. Сразу после отбора пробы железо находится в двухвалентной форме. При стоянии пробы в открытом сосуде на свету черный шлик становится рыжим, вода над ним желтеет и уже не дает качественной реакции на Fe^{2+} .

Нами установлено, что описываемые аномальные озера распространены только там, где обнажаются кремнеземсодержащие породы — кварцевые пес-

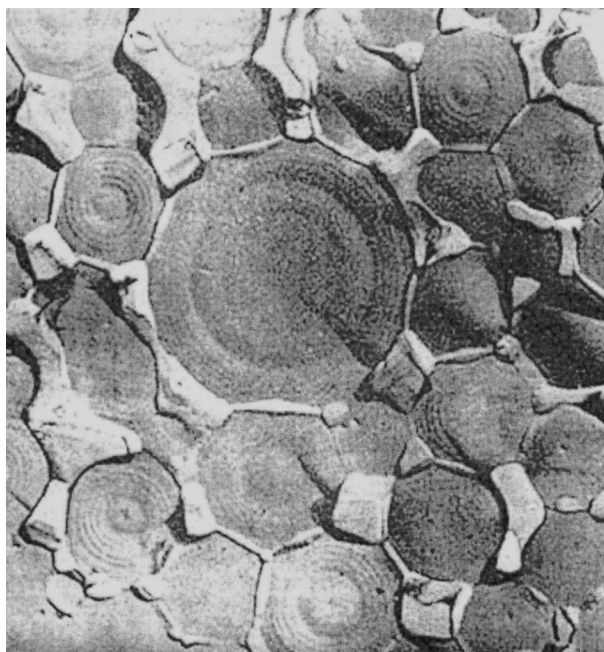


Рис. 1. Сферическое строение глобулей опала под электронным микроскопом [28].

ки и опалиты (диатомиты, диатомовые и опоковидные глины, опоки). Эти породы поставляют в озера кремниевую кислоту (гель), из которой образуется опал. Сведения об условиях образования и деталях строения этого минерала получены только в последние годы, с появлением электронного микроскопа [13, 26, 28]. Он является аморфным кремнеземом с непостоянным количеством воды ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). В благородных опалах ее содержание колеблется от 6 до 10 %, а в неблагородных — достигает 21 и даже 32 %. При геологическом старении опал теряет большую часть воды и из аморфного кремнезема переходит в кристаллический. Он содержится только в породах кайнозоя и мезозоя, а в палеозойских и более древних породах замещен кристаллическими формами — халцедоном или кварцем [30].

Опал — осадочная горная порода, сложенная микроскопическими шариками — глобулями, плотно прилегающими друг к другу (рис. 1). Промежутки между ними заполнены воздухом, водяным паром или водой. У благородных опалов они имеют примерно одинаковые размеры и располагаются в строгом геометрическом порядке (наподобие пчелиных сот), тогда как в неблагородных опалах располагаются хаотично и сильно различаются как по размерам, так и по форме. Диаметр глобулей 1—5 мкм. Под электронным микроскопом видно, что они не однородны, а состоят из концентрических оболочек (сфер), сложенных более мелкими (0.02—0.05 мкм) частичками опала (рис. 1). Образование сфер специалисты связывают с минерализацией находящихся в глобулях цианобактерий, выполняющих роль «затравки». Считается, что на микроскопических взвешенных в жидкости органических «затравочных пылинках» постепенно формируются шарообразные сферолиты. Их образование продолжается до тех пор, пока не истощится питающий раствор или пока сферолиты не начнут соприкасаться и уплотнять друг друга [13, 28].

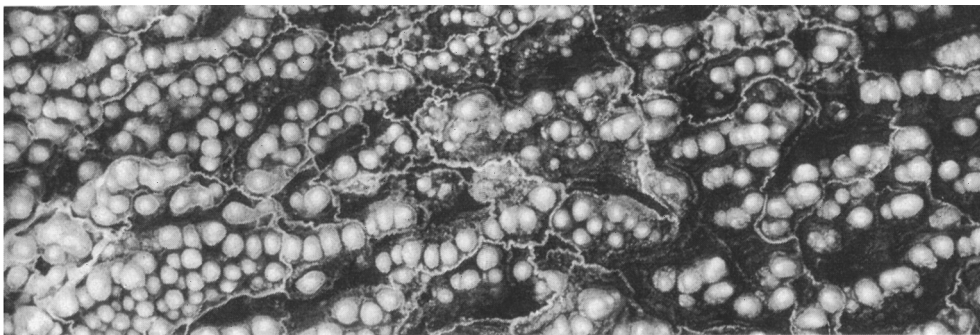


Рис. 2. Агрегаты (глобули) опала в поверхностной зоне гейзерита.
Гейзер Жемчужный. Долина гейзеров, Камчатка [14].

Из-за недостатка ассигнований сведений по осаждению цианобактериями растворенного в воде «голубых» озер кремнезема нами не получено, для этого нужны исследования с использованием электронного микроскопа. Такие работы проводятся в районах современного вулканизма, где установлено участие цианобактерий в осаждении кремнезема [2, 14, 19, 26].

На Камчатке в Долине гейзеров цианобактерии широко распространены как в термальных источниках (температура воды до 90 °С), так и на поверхности гейзеритовых покровов. Как отмечает Г. А. Карпов с соавторами, под электронным микроскопом видно, что цианобактерии буквально пронизывают массу гейзерита (опала), часто составляя более 50 % ее объема. Колонии термофильных микроорганизмов являются своеобразной матрицей, по которой происходит опализация при гейзеритообразовании (рис. 2). Хорошая сохранность тончайших деталей фоссилизованных микроорганизмов (вплоть до клеток) указывает на довольно большую скорость их замещения опалом непосредственно на месте жизнедеятельности [14]. Кремнезем необходим для существования цианобактерий, массовое развитие которых часто придает гейзериту (опалу) голубовато-зеленую («малахитовую») окраску.

Аналогичные результаты получены и на термальном источнике кальдеры вулкана Узон в Кроноцком заповеднике, где многие годы ведется изучение цианобактериальных матов. И здесь наблюдаются окремненные нити цианобактерий с отчетливо выраженными глобулями опала [2].

Образование микрофоссилий в культурах цианобактерий при отложении минералов прослежено в лабораторных условиях. Оно происходит только в мертвых цианобактериях. Продолжительность этого процесса составляет несколько часов. Опыты показали очень быструю реакцию микроорганизмов на повышение концентрации кремния в среде в его осаждении [7].

Окремненные цианобактерии содержатся не только в современных, но и в древних отложениях. Изучение под электронным микроскопом показало, что в них в массовом количестве часто присутствуют фоссилизованные бактериальные структуры, не видимые под световым микроскопом [2]. Они установлены в архейских и протерозойских железистых кварцитах Кривого рога, КМА, Кольского п-ова, Карелии, Канады, Австралии и других регионов мира, в строма-толитовых известняках и доломитах, в породах иного состава и возраста (рис. 3).

В «голубых» озерах условия для осаждения кремнезема цианобактериями не благоприятны. Его повышенные содержания наблюдаются только на тех

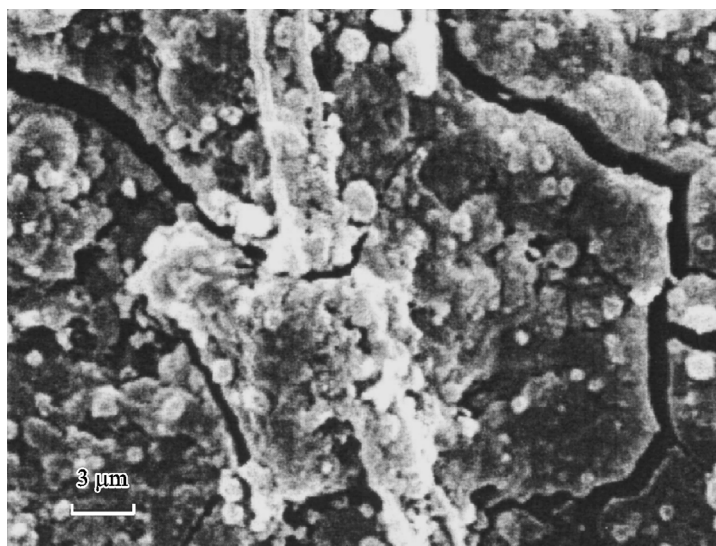


Рис. 3. Верхнеархейские (лопийские, возраст около 2.8 млрд л.) ископаемые микроорганизмы, содержащиеся в углеродистых сланцах.

Нить цианобактерий (?) диаметром около 3 мкм и длиной более 50 мкм. Внутри чехла нити видны округлые, скорее всего, опаловые гранулы (глобули). Северная часть Хизоваарской зеленокаменной структуры. Северная Карелия [2].

участках, где размываются кремнеземсодержащие породы, поставляющие в воду кремниевую кислоту (гель). К таким участкам приурочены сложенные кварцевым песком цианобактериальные маты и массовые скопления диатомовых водорослей — главных потребителей растворенного в воде кремнезема. По мнению автора, в раннем докембрии, когда на поверхности литосферы не было кремнезема, появившиеся на Земле цианобактерии приспособились к существованию на «продуктах собственного производства» — на глобулах опала. Такой способ формирования каркаса матов существовал миллиарды лет, во время которых были образованы мощные толщи кремнеземсодержащих пород, вошедших в состав гранитного слоя. В современных цианобактериальных матах «голубых» озер глобули опала заменены мелкозернистым кварцевым песком.

О происхождении древнейших кварцсодержащих пород гранитного слоя высказываются разные точки зрения. Большинство исследователей считают их обломочно-осадочными образованиями. Р. Я. Белевцев с соавторами считает эти представления ошибочными, так как их принятие означает, что земная кора уже существовала и процесс осадконакопления происходил во время гигантской метеоритной бомбардировки Земли и Луны. Эти породы являются не нептуническими, а плутоническими образованиями, возникшими вследствие глубинной магматической деятельности [4]. По нашему мнению, они образовались не за счет разрушения более древних кварцсодержащих пород нептунического или плутонического происхождения, а в результате происшедшего при участии цианобактерий накопления глобулей опала. Этот процесс активно протекал в течение всего криптозооя, а в настоящее время сохранился только в областях вулканизма, где природные условия напоминают условиям ранней Земли (рис. 2).

В криптозое на материках были сформированы мощные толщи осадочных пород, содержащих окислы кремния, алюминия, железа, щелочно-земельные и другие компоненты, из которых при участии интрузивных основных и ультраосновных пород в процессе метаморфизма образовался гранитный слой. Громадные объемы слагающих его компонентов были вынесены термальными водами из мантии, где при температуре 200—400 °С происходила пост-вулканическая серпентинизация ультраосновных пород. Слагающий мантию оливин в пропорции 1 : 3 состоит из окислов железа и кремния. В таких же соотношениях эти компоненты выносились на поверхность Земли. В настоящее время из зоны мантийного магматизма кремнезем, железо, карбонаты, алюминий, щелочи термальными водами выносятся в гораздо меньших объемах, чем в докембрии [29].

При участии цианобактерий образование опала продолжалось и в раннем фанерозое. По нашему мнению, такое происхождение имеют синие (голубые) кембрийские глины Ленинградской области. В отличие от обычных глин, состоящих из каолинита, монтмориллонита и других алюмосиликатов, они сложены мельчайшими (менее 1/270 мм) частицами оксида кремния органического происхождения (по нашему мнению, глобулами опала). На них наблюдаются многочисленные поры, эквивалентные радиусы которых изменяются от 0.15 до 100 и более нанометров [8]. В синих глинах встречаются тонкие (1—2 см) слои, содержащие многочисленные кристаллы гипса, пирита и марказита, указывающие на периодическое образование сероводорода во время осадконакопления [18]. Среди обнаруженных в них микроорганизмов есть цианобактерии.

В конкретных разрезах мощность железистых кварцитов изменяется от нескольких метров до многих сотен метров, площадь распространения достигает 120 000 км². Большие мощности и площади распространения имеют и строматолитовые известняки и доломиты. Осадконакопление происходило в условиях нисходящих тектонических движений, при которых сохранялась небольшая, доступная для солнечного света (для фотосинтеза микроорганизмов) глубина водных бассейнов. Области осадкообразования были похожи на современные геосинклинали: в них накапливались осадочные и вулканогенные отложения большой (до 15—20 км) мощности, подвергавшиеся затем складкообразованию, метаморфизму и орогенезу [24].

Архейские породы гранитного слоя (граниты, гнейсы, разнообразные кристаллические сланцы, кварциты, железистые кварциты, мраморы, песчаники и другие) сильно дислоцированы, содержат крупные интрузии основных и ультраосновных пород. В позднем архее—раннем протерозое наряду с ними формировались и слабо дислоцированные, слабо метаморфизованные породы платформенного типа, содержащие интрузии пород разного состава. Формации позднего протерозоя представлены мощными (до 15 км) толщами кварцевых песчаников и кварцитов, глинистых сланцев, филлитов, строматолитовых известняков и доломитов. Разрез завершается вулканогенными и осадочными (флиш, молассы) толщами [24, 25].

Приведенные сведения об образовании пород гранитного слоя при участии микроорганизмов позволяют высказать некоторые замечания в адрес существующих гипотез происхождения материков и океанов, так как одной из причин появления этих гипотез явилось отсутствие гранитного слоя под океанами.

Долгое время в науке господствовала контракционная гипотеза, согласно которой материки и океаны существовали постоянно со времени образования

Земли. В 1885 г. с критикой этой гипотезы выступил Э. Зюсс, который в книге «Лик Земли» написал о резком преобразовании земной коры в мезозое. Обобщив сведения о геологическом строении разных регионов побережья Индийского океана, а также Южной Америки и Австралии, он пришел к выводу, что в палеозое и начале мезозоя все они входили в состав суперматерики — Гондваны. В мезозое произошло обрушение и погружение отдельных его частей, в результате чего образовались разделившие их океаны.

В 1912—1915 гг. А. Вегенер опубликовал гипотезу дрейфа материков. Исходя из сходства геологического строения и очертаний некоторых материков он предположил, что в карбоне существовала Пангея, в состав которой входила вся суша Земли. В триасе она раскололась на два удалившихся друг от друга суперматерики — Гондвану и Лавразию. От них в свою очередь отделились и удалились более мелкие участки суши — материки: сложенные гранитами, они дрейфовали по подстилающим более плотным базальтам. Однако причины раскола суперматериков и дрейфа их составных частей А. Вегенер объяснить не смог. Они прояснились только после того, как в 50—60-х гг. прошлого века на океанах были проведены палеомагнитные исследования, магнитная съемка и другие геофизические работы. Было установлено существование пластичного слоя — астеносферы, глобальной системы срединно-океанических хребтов с рифтами и др. Эти результаты позволили геофизикам и геологам разных стран обосновать новое направление в геотектонике, получившее название неомобилизм, или тектоника литосферных плит. Его основой явилась идея об образовании океанов в результате раскола и раздвигания материков, появления и разрастания молодой океанической коры, начиная от осей срединно-океанических хребтов. Этот процесс впервые был описан Г. Хессом и Р. Дитцем и получил название «спрединг (разрастание) океанического дна». Предполагалось, что поднимавшееся по разломам рифтов горячее, частично расплавленное вещество мантии растекалось от срединно-океанических хребтов и растаскивало новообразованные материки в разные стороны. В местах раздвигов формировалась новая, океаническая кора. Застывавшее в разломах вещество мантии также раздвигало вмещающие породы, наращивая расходящиеся края океанической коры [15].

В настоящее время происхождение и возраст океанов трактуются по-разному. Нет единого мнения и среди сторонников новой глобальной тектоники. Считается, что в начале архея все материки Земли были соединены в единый суперматерик Пангею, в противоположном полушарии от которого находился единый океан Панталасса. По подсчетам О. Г. Сорохтина и С. А. Ушакова [27], его глубина увеличивалась постепенно. В позднем архее она составляла 350—700 м, в раннем протерозое — 870 м, в среднем протерозое — 2900 м. 2,2 млрд л. н., после полного насыщения серпентинитового слоя мантии водой, дно океана стало быстро опускаться до средней глубины современного океана. Скорость поступления ювенильной воды была очень большой — 1,5 км³/сут. По мнению В. Е. Хаина [31], глубокие океаны существовали уже в раннем докембрии. Кора архейских глубоководных бассейнов была похожа на кору современных океанов. Некоторые ученые считают, что в начале архея материков и океанов не было, не было и спрединга. Были только небольшие водные бассейны, объем которых составлял 15—30 % объема современных океанов. Тонкая (5—7 км) земная кора имела габбро-анортозитовый состав. В конце архея появились первые сиалические выплавки, а крупные сиалические линзы — будущие материки — начали формироваться только в

протерозое. В палеозое—начале мезозоя произошла кардинальная перестройка литосферы, в результате которой всплыли сиалические глыбы — материки [1].

Противники неомобилизма В. В. Белоусов, В. В. Орленок, А. И. Резанов, Е. М. Рудич и другие публикуют материалы, показывающие ошибочность этого учения, нереальность конвекции в мантии, якобы перемещающей плиты и возвращающей океаническую кору в мантию в зонах субдукции. Они считают, что все океаны сформировались в процессе погружения и океанизации земной коры континентального типа и имеют молодой возраст [21]. Как пишет В. В. Белоусов [5], до начала, а в ряде случаев до конца мезозоя на месте современных океанов находились материки с морями, глубина которых не превышала нескольких сотен метров. Образование же океанов началось только в юре и продолжается до настоящего времени. Оно — результат некомпенсированного осадконакоплением оседания земной коры. Срединно-океанические хребты и осложняющие их рифты имеют более молодой (конец палеогена—неоген—антропоген) возраст. Одновременно с увеличением объема океанических впадин увеличивалось количество воды в них.

Слабым местом тех и других гипотез является объяснение причин отсутствия гранитного слоя в океанической коре. Согласно гипотезе магматического происхождения (непосредственно из мантии), он должен быть повсеместно на Земле, тогда как в действительности под океанами его нет. По нашему мнению, в пределах большей части океанов гранитного слоя не было изначально или его мощность была небольшой (не фиксируется геофизическими методами), так как не было условий для его образования. Он развит только на материках, где под тяжестью базальтового слоя аномально большой (до 40 км) мощности кровля мантии постепенно прогнулась на 50—60 км ниже уровня океана. Здесь в мелководных бассейнах криптозоя при участии микроорганизмов накапливались кремнеземсодержащие и другие осадочные отложения, которые вместе с магматическими породами разных тектономагматических циклов сформировали гранитный слой. За его пределами, где мощность базальтового слоя, соответствующего базальтовому слою материков, составляет лишь несколько километров, а кровля мантии залегает практически под дном океана, условий для образования кремнеземсодержащих и других осадочных пород, образующих гранитный слой, не было.

Список литературы

- [1] Авдонин В. В., Кругляков В. В. Металлогения Мирового океана. <http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1177306>
- [2] Астафьева М. М., Герасименко Л. М., Гептнер А. Р. и др. Ископаемые бактерии и другие микроорганизмы в земных породах и астроматериалах. М.: ПИН РАН, 2011. 171 с.
- [3] Балашова Н. Б., Никитина В. Н. Водоросли. Л.: Лениздат, 1989. 94 с.
- [4] Белевцев Р. Я., Бухарев С. В., Коломиец Г. Л. Концепция плутонического формирования континентальной земной коры Украинского щита // Минералогический журн. 2000. Т. 22, № 2/3. С. 118—131.
- [5] Белоусов В. В. Основы геотектоники. М.: Недра, 1989. 381 с.
- [6] Виноградов А. П. Химическая эволюция Земли. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 357 с.
- [7] Герасименко Л. М. Актуалистическая палеонтология цианобактериальных сообществ. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2002. 72 с.

- [8] Глина голубая. <http://barrial.ru/glina1>
- [9] Гросс Г. А. Условия образования основных типов докембрийских железистых формаций // Геология и генезис железисто-кремнистых и марганцовых формаций мира / Ред. Н. П. Семенов. Киев: Наукова думка, 1972. С. 71—78.
- [10] Железисто-кремнистые формации Украинского щита. Т. 1, 2. Докембрий / Отв. ред. Н. П. Семенов. Киев: Наукова думка, 1984. 367 с.
- [11] Заварзин Г. А., Крылов И. Н. Цианобактериальные сообщества — колодец в прошлое. М.: Природа, 1983. № 3. С. 34—43.
- [12] Зенова Г. М., Штина Э. А., Дедыш Н. Г. и др. Экологические связи водорослей в биоценозах // Микробиология. 1995. Т. 64, № 2. С. 149—162.
- [13] Как растут кристаллы — магазин Подарки из камня. <http://www.Podarki33.ru>
- [14] Карпов Г. А., Жегалло Е. А., Орлеанский В. К. Биоморфная ультраструктура гейзерита: причины образования, следствия, генезис. http://www.net.ru/ivs/publication/volkday/2007/art_23
- [15] Краткая история развития теории литосферных плит. http://knowledge.alibest.ru/geology/2c0b65635a3bc78b4d53b88421316c27_0.html
- [16] Кузин И. Л. Голубые озера областей гумидного климата // Изв. РГО. 2001. Т. 133, вып. 3. С. 44—51.
- [17] Кузин И. Л. О геологической роли синезеленых водорослей и природных условиях докембрия // Изв. РГО. 2007. Т. 139, вып. 2. С. 48—64.
- [18] Кузнецов С. С., Селиванов Г. Д. Геологическая экскурсия по долине р. Саблинка Ленинградской области. 1940 г. <http://www.Sablino.ru/arhiv/kuznecov.htm>
- [19] Лазарева Е. В., Брянская А. В., Жмодик С. М. Микроскопические агенты глобальных процессов. <http://www.Kronoki.ru/act/articles/70/108>
- [20] Мельник Ю. П. О происхождении докембрийских железистых кварцитов (аккумуляционно-биохимический вариант вулканогенно-осадочной гипотезы) // Геологический журн. 1973. Т. 33, № 4. С. 32—41.
- [21] Океанизация Земли — альтернатива неомобилизма. Сб. научных статей / Отв. ред. В. В. Орленок. Калининград. Изд-во КГУ, 2004. 268 с.
- [22] Плассенко Н. А. Главнейшие закономерности железорудного осадконакопления в докембрии (на примере Курской магнитной аномалии). Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1966. 253 с.
- [23] Популярная палеогеография. Периодизация истории Земли <http://stepnoy-sledopyt.narod.ru/geologia/paleogeo/penod.htm>
- [24] Ранние этапы формирования земной коры. <http://www.3planet.ru/history/1430.htm>
- [25] Расчленение докембрия. <http://bezmani.ru/spravka/bse/2/005004.htm>
- [26] Розанов А. Ю. Ископаемые бактерии и новый взгляд на процессы осадкообразования. <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/864.htm>
- [27] Сорохтин О. Г., Ушаков С. А. Развитие Земли. М.: Изд-во МГУ, 2002. 506 с.
- [28] Технология производства синтетических опалов и их имитаций. <http://www.webois.org.ua/jtwellery/stones/sinteticab.htm>
- [29] Форма и строение Земли. <http://www.gumer.info/bibliotekBuks/Science/bond/08.php>
- [30] Фролов В. Т. Литология. Кн. 1. Уч. пос. М.: Изд-во МГУ, 1992, 336 с.
- [31] Хаин В. Е. Тектоника континентов и океанов. М., 2001. 604 с.

Санкт-Петербург
 kuzinil@mail.ru
 Государственная полярная академия

Поступило в редакцию
 8 октября 2013 г.