

УДК 551.461.8

ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И ЭВОЛЮЦИЯ МОРСКОЙ БИОТЫ

© 2019 г. М. С. Бараш

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия
e-mail: barashms@yandex.ru*

Поступила в редакцию 12.12.2017 г.

Принята к публикации 08.02.2018 г.

Представления о влиянии геомагнитного поля на эволюцию и биоразнообразии являются спорными. Количественное распределение датировочных уровней океанского микропланктона в течение последних 2.0 млн лет показывает корреляцию с геомагнитными инверсиями. Понижение напряженности поля увеличивает космическое облучение поверхности Земли, что может активизировать мутагенез, ведущий к видообразованию. Кроме того, поскольку выявляется корреляция напряженности геомагнитного поля с составом атмосферы, температурой, климатом, вулканизмом и другими условиями среды, можно предположить его воздействие на эволюционные процессы в составе общего комплекса условий среды. Геомагнитные суперхроны завершались образованием мантийных плюмов, которые приводили к трапповым извержениям и инициировали массовые вымирания организмов в фанерозое. Источники геомагнитного поля, как и плюмообразования, ведущего к трапповому вулканизму, находятся у границ внутренних сфер Земли, что объясняет их корреляцию. А их корреляция с импакт-событиями как с одной из причин вымираний может быть объяснена общей космической первопричиной, находящейся вне Солнечной системы.

Ключевые слова: датировочные уровни, корреляция с геомагнитными колебаниями, источники геомагнетизма и плюмообразования, общая причина

DOI: 10.31857/S0030-1574592257–264

Магнитное поле Земли является одним из важнейших факторов палеосреды, в которой существует жизнь и развиваются, эволюционируют организмы. Оно экранирует Землю от смертоносных космических лучей и от "солнечного ветра", потока мегаионизированных частиц, в основном гелиево-водородной плазмы, истекающего из солнечной короны со скоростью 300–1200 км/с в окружающее космическое пространство. Геомагнитное поле сохраняет атмосферу Земли. При ослаблении напряженности геомагнитного поля под действием солнечного ветра молекулы O_2 диссоциируют на атомы, ионы O^+ утекают в межпланетное пространство.

Геомагнитное поле генерируется во внутренних сферах Земли. По широко принятой так называемой «динамо-модели», дипольный источник геомагнитного поля находится у границы ядро-мантия (слой D"). По модели Кузнецова [4, 5], главная часть магнитного момента Земли создается в объеме, непосредственно окружающем внутреннее ядро (слой F). Здесь возникает избыточное давление, которое передается на границу ядро/мантия и далее в литосферу и вызывает ее упрягопластическое течение.

Состояние геомагнитного поля подвержено изменениям — колебаниям напряженности, перемещениям полюсов, которые фиксируются остаточной намагниченностью минералов в осадках океанов, морей, озер, в лессовых толщах, в лавовых потоках по мере их накопления. Полюса перемещаются вплоть до смены знака на противоположный (инверсии), когда образуются относительно продолжительные интервалы преимущественно прямой (современной) или обратной полярности (хроны, субхроны). Кратковременные (обычно 5–10 тыс. лет) отклонения магнитных полюсов от географических на угол больше 40° определяются как экскурсы [28], а устойчивые интервалы положительной или отрицательной полярности длительностью в десятки миллионов лет определяются как суперхроны.

При экскурсах геомагнитное поле вскоре возвращается в свое прежнее состояние. Продолжительность таких колебаний различна и оценивается в 100–10 000 лет. На протяжении последнего 1 млн лет обнаружено 14 экскурсов, шесть из них считаются глобальными [18]. Полагают, что во время инверсий и экскурсов интенсивность дипольного поля существенно

уменьшается, во время инверсий средняя интенсивность падает до ~25% обычного значения [20]. Продолжительность процесса смены полярности, определяемая по палеомагнитным наблюдениям на земной поверхности, находится, вероятно, в интервале от 1000 до 8000 лет, хотя по некоторым расчетам выходит за эти пределы. Период смены полярности на рубеже двух последних хронов Брюнес/Матуяма составляет 7000 лет [29]. Устойчивые интервалы положительной или отрицательной полярности длительностью в десятки миллионов лет определяются как суперхроны.

В периоды инверсий и экскурсов в течение некоторого времени в конкретном месте геомагнитное поле может отсутствовать [4]. Уменьшение интенсивности поля должно вызывать усиление облучения поверхности Земли космическими лучами, что может способствовать мутациям и активизировать эволюцию организмов. Возможность влияния космического излучения на генетический материал была подтверждена экспериментально [3]. Исследование проводилось во время интенсивной активности вспышек на Солнце в октябре 1989 г. в приполярной области, где геомагнитное поле мало противодействует проникновению излучения. На клеточных структурах была обнаружена корреляция массового слияния клеток с вариациями активности облучения, что, по мнению авторов [3], показывает процессы реорганизации генетического материала, которые могут приводить к эволюционным изменениям.

Поток космических лучей взаимодействует с верхними слоями атмосферы. При бомбардировке атомов азота космическими лучами образуется ^{10}Be . Его концентрация связана с интенсивностью космического облучения. При уменьшении напряженности геомагнитного поля космическое облучение Земли усиливается, концентрация бериллия в атмосфере возрастает, и наоборот. Поскольку бериллий накапливается в осадках, материковых льдах, костях животных, эти колебания фиксируются и могут быть реконструированы. Увеличение концентрации изотопа ^{10}Be в осадочных породах совпадает по времени с интервалами экскурсов и инверсий [12]. Другой индикатор изменений геомагнитного поля — содержание аэрозолей в атмосфере, которое связывается многими авторами с интенсивностью космического облучения.

Анализ кернов льда, полученных при бурении ледников Антарктиды и Гренландии, показал,

что периоды потепления совпадают по времени с интервалами уменьшения концентрации пыли в керне [14]. В течение последних 330 тыс. лет резкое уменьшение концентрации пылевых частиц наблюдается 15, 120, 220 и 320 тыс. лет назад, т. е. во время потеплений и экскурсов. Связь между оледенениями и инверсиями проявляется при сравнении изотопно-кислородной кривой, отражающей в основном колебания объема материковых льдов, с событиями изменений геомагнитного поля. Экскурсы сопровождаются минимальными значениями интенсивности поля и повышенными концентрациями космогенного нуклида ^{10}Be во льдах и осадочных породах.

Экспериментально установлено, что начало и завершение экскурсов приурочены к похолоданиям [10]. Сопоставление шкалы экскурсов хрона Брюнес с кривой солнечной радиации, рассчитанной по теории Миланковича, показало, что экскурсы происходили во время максимумов солнечной радиации. В наземных разрезах получена корреляция между изменениями напряженности геомагнитного поля и изменениями климата по палинологическим данным, а также между палеонапряженностью и изотопно-кислородными стадиями, выделенными в колонке глубоководных донных осадков экваториальной части Тихого океана. Автор [10] полагает, что эта корреляция объясняется общей причиной обоих явлений. По мнению Ворма [28], связь климатических колебаний и изменений геомагнитного поля определяется тем, что инверсии могли вызываться ускорением вращения Земли при понижении уровня моря во время оледенений.

Существует предположение [4], что во время экскурсов при увеличении проникновения частиц солнечного ветра и галактических космических лучей происходит разрушение атмосферных аэрозолей, экранирующих солнечное излучение и приводящих к похолоданию поверхности Земли. Увеличивается прозрачность атмосферы, и наступают интервалы потепления. В разрезах отложений и материковых льдов сокращается концентрация тонкозернистого терригенного материала. Ослабление «солнечного ветра» соответствует холодным интервалам (оледенениям) и увеличению концентрации терригенного материала. Таким образом, предполагается влияние изменений геомагнитного поля на климат.

Вопреки общепризнанной астрономической теории климата Миланковича модель Кузне-

цова [4] в качестве основного аргумента предлагает учитывать роль эндогенных процессов, которые, с одной стороны, приводят к накоплению аэрозолей в стратосфере, с другой — к разрушению пылинок протонами солнечного ветра и галактическими космическими лучами в периоды, когда на Земле практически отсутствует магнитное поле. Автор [4] намечает связь: экскурсы геомагнитного поля — вулканизм — концентрация аэрозолей в стратосфере — похолодания. Экскурсы на 20–30 тыс. лет предшествуют циклам вулканизма. Мощные извержения вулканов приводили к насыщению стратосферы аэрозолями, которые экранировали солнечное излучение, что вызывало похолодания. Во время экскурсов, когда интенсивность геомагнитного поля понижалась, проникающие космические лучи разрушали пылевой слой в стратосфере, что вело к осаждению аэрозолей и быстрому потеплению. Соответственно, если экскурс начинался в условиях прозрачной стратосферы, то развивался сценарий формирования облаков, роста альбедо и похолодания.

Вероятно, такие процессы имеют место. Однако гораздо более мощным является известный процесс усиления эолового осадконакопления при похолоданиях в результате активизации динамики атмосферы. Активизация является следствием увеличения климатической контрастности и сдвига климатических поясов к экватору из-за значительно большего понижения температуры в высоких широтах, чем в низких. Во время плейстоценовых оледенений были накоплены мощные эоловые лессовые отложения на всех материках. Так, верхнеплейстоценовые лёсы стратотипического разреза Новосибирского Приобья формировались эоловым путем в периоды глубокого похолодания и аридизации климата в условиях перигляциальной обстановки, т. е. сухих холодных пустынь [11]. Наиболее вероятно эоловое формирование и других лессовых толщ в эпохи материковых оледенений.

В отложениях морей и океанов, особенно в высоких и умеренных широтах, осадки интервалов четвертичных оледенений четко выделяются в разрезах увеличенными концентрациями терригенного песчано-алеврито-глинистого материала эолового происхождения. В океанах накапливаются толщи более тонкого терригенного материала. Наиболее мощные отложения накопились в областях разгрузки терригенного материала, вынесенного муссонами из азиатских пустынь в северо-западной части Тихого океана,

а также в Атлантическом океане у северо-западной Африки [25].

Более короткие температурные колебания коррелируются в глобальном масштабе по интенсивности эолового разноса: чем холоднее, тем больше концентрация и размерность терригенных компонентов [26]. Таким образом, если колебания геомагнитного поля и влияли на содержание аэрозолей в атмосфере, то гораздо большую роль играли климатические колебания и различия в интенсивности динамики атмосферы, определяемые параметрами вращения Земли.

Выявляется также связь экскурсов и извержений. Во время экскурса Лашамп около 41 тыс. лет назад напряженность магнитного поля упала до 5% нормального значения. В кернах гренландского льда было отмечено повышение концентрации ^{10}Be . Близко к этому времени произошло извержение мощного супервулкана около Неаполя [22].

Высказывались предположения о корреляции инверсий с импакт-событиями: в районе Австралии — Новой Гвинеи в осадках, накопленных во время последней инверсии (Брюнес/Матуяма), были обнаружены тектиты. Поскольку оба феномена происходили одновременно, возможна общая причина [16]. Мюллер и Моррис [21] предложили следующую связь событий. Импакт внеземного объекта вызывает климатические изменения на Земле, которые приводят к похолоданию. Похолодание определяет понижение уровня моря в связи с перемещением вод океана из тропических широт в полярные при росте там материковых оледенений. Это приводит к более быстрому вращению коры и мантии. Сдвиг скорости в жидком ядре разрушает конвективные ячейки, с которыми связано "электромагнитное динамо", и понижает дипольный момент почти до нулевого значения.

Связаны ли изменения геомагнитного поля с процессами эволюции, с вымираниями и возникновениями таксонов, с колебаниями биоразнообразия, с биотическими катастрофами — "великими массовыми вымираниями"? Данные по этим вопросам противоречивы.

Д. М. Печерский и др. [8, 9] сравнили частоту инверсий геомагнитного поля с изменениями органического мира и скоростями движения континентальных плит. Изменения в органическом мире оценивались по изменениям числа ярусов в хроностратиграфической шкале и изменениям разнообразия и вымирания морских организмов. В процессах на поверхности Земли были

выделены как синхронные с частотой инверсий поля, так и отстающие примерно на время, соответствующее средним скоростям движения плит. Таким образом была подтверждена корреляция процессов на поверхности Земли, в частности изменений органического мира, с процессами на границе ядро/мантия. Эта связь не является причинно-следственной, а является результатом действия общего для этих процессов механизма. Авторы полагают, что согласованность смен геомагнитной полярности и границ биозон логично связать с длительными изменениями скорости вращения мантии Земли и угла наклона оси вращения относительно внутреннего ядра. С другой стороны, она обусловлена передачей энергии от низов мантии (слой D") вверх. Но поскольку времена плюмообразования приходятся на самые разные частоты геомагнитных инверсий, авторы предполагают разные источники плюмов и инверсий геомагнитного поля: смена зна-

ка поля — результат взаимодействия жидкого и твердого ядра.

Авторы [9] считают, что из рассмотренных ими данных о геомагнитных инверсиях, биозонах, веках и максимумах массовых вымираний биоты в фанерозое следует, что непосредственная связь между ними отсутствует. Ими делается следующий главный вывод: "эволюционное развитие жизни на Земле не зависит как от крупных изменений геомагнитного поля, так и от экстремальных катастрофических событий, ведущих к массовым вымираниям биоты" ([9] с. 61).

Однако имеются основания для противоположной точки зрения. На протяжении последних 2 млн лет в составе четырех групп океанского микропланктона (фораминиферы, кокколитофориды, диатомеи, радиолярии) было выявлено более 140 так называемых "датировочных уровней" существенных изменений: эволюционных и миграционных хронологических уровней появления и вымирания конкретных видов, а также четких всплесков их развития [2] (рис. 1). Их количественное распределение на хронологической шкале с шагом 0.1 млн лет показывает важные закономерности. Три пика максимального количества изменений в составе планктона соответствуют началу интервалов прямой полярности (Олдувей — 23 уровня, Харамильо — 12 уровней и Брюнес — 17 уровней). После максимума, приуроченного к началу Олдувея, количество изменений последовательно сокращается и в середине периода обратной полярности между субхронами Олдувей и Харамильо (1.4–1.2 млн л. н.) достигает минимума (2 уровня). Другой минимум (2 уровня) отмечается также в период обратной полярности (0.9–0.8 млн л. н.) между субхроном Харамильо и хроном Брюнес.

Эти данные свидетельствуют об определенной корреляции между инверсиями магнитного поля и развитием океанского микропланктона. Сравнительно высокое количество изменений на протяжении всей эпохи Брюнес (5–10 уровней в 0.1 млн лет) могло быть связано с сильными климатическими колебаниями, а также с экскурсами геомагнитного поля. В упомянутой работе учтена лишь та небольшая часть видов микропланктона, которая подверглась эволюционному процессу. Значительных изменений видовых составов комплексов, которые могли бы быть основанием для выделения существенных стратиграфических границ, не происходило,

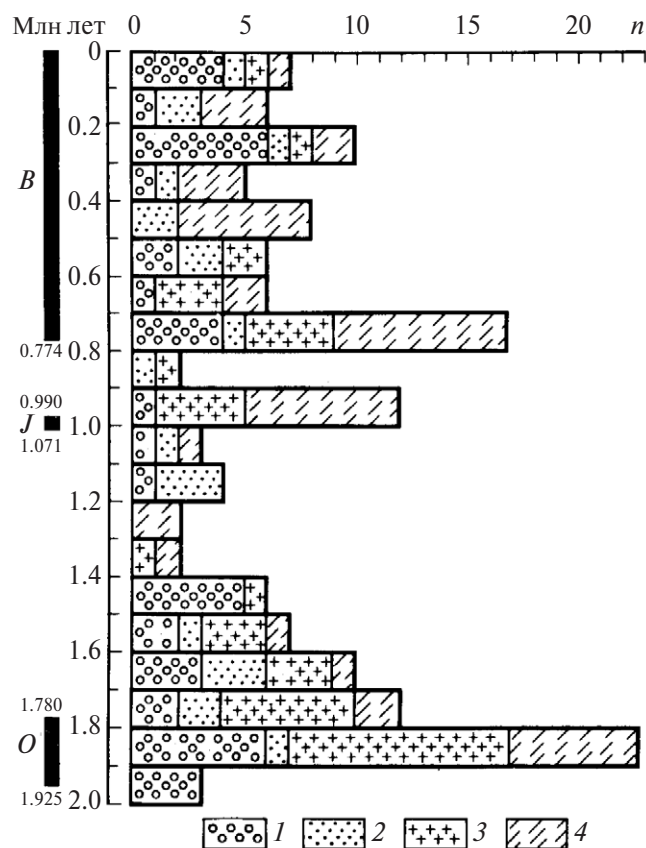


Рис. 1. Количественное распределение датировочных уровней океанского микропланктона в течение 2.0 млн лет (по [2], возраст интервалов по [17]). n — Число уровней; интервалы положительной геомагнитной полярности: B — Брюнес, J — Харамильо, O — Олдувей; микропланктон: 1 — планктонные фораминиферы, 2 — известковый нанопланктон, 3 — диатомеи, 4 — радиолярии.

хотя зоны по отдельным таксонам микропланктона выделяются.

Вряде публикаций проводится корреляция изменений геомагнитного поля и этапов эволюции человека [6 и др.]. Время разделения генетических линий шимпанзе и человека, определенное разными методами, оценивается в 4.5–5.2 млн лет. В этом интервале произошло чередование нескольких инверсий в пределах хрона Гилберт. Homo erectus (человек прямоходящий) возник 1.9 млн л. н. во время события Олдувей. Разъединение между линиями человека и неандертальца (по мтДНК) произошло около 0.66 млн л. н., что близко к возрасту экскурса Биг-Лост (Big Lost). Примерно около возраста экскурса Лашамп (0.041 млн л. н.) произошла мутация генов, отвечающих за объем головного мозга человека и обеспечивающих речевые и творческие способности. В этой же статье [6] рассмотрена вероятная корреляция с геомагнитными событиями эволюции ряда наземных животных — слонов, медведей, антилоп, птиц. Однако следует заметить, что определение возраста тех или иных генных мутаций вряд ли можно считать окончательным: он постоянно уточняется.

Стратиграфические границы, основанные на существенных эволюционных изменениях биоты, часто не совпадают с инверсиями, разделя-

ющими хроны противоположной полярности. Так, граница между миоценом и плиоценом расположена в пределах хрона 3г [23], граница между мезозоем и кайнозоем (мел-палеогеновая) — в пределах хрона отрицательной полярности 29г. Связь со стратиграфическими границами иногда показывают не инверсии, а менее существенные изменения геомагнитного поля. Так, в меловых отложениях Русской плиты в конце геологических веков средние значения палеонапряженности и амплитуда ее вариаций возрастали, а в начале геологических веков — уменьшались [7].

Великие массовые вымирания морской биоты, когда биоразнообразие сокращалось на 70–95%, показывают сложные связи с изменениями геомагнитного поля. Великим вымираниям фанерозоя предшествуют три геомагнитных суперхрона [13] (рис. 2). Меловой суперхрон положительной полярности (Cretaceous Long Normal Superchron) продолжительностью около 35 млн лет имел место перед мел-палеогеновым вымиранием. Пермский суперхрон обратной полярности (Permian Kiaman Long Reversed Superchron) продолжительностью около 50 млн лет предшествовал пермо-триасовой катастрофе. Ордовикский суперхрон обратной полярности (Ordovician Moyero Long Reversed Superchron) продолжительностью около 30 млн лет был перед великим

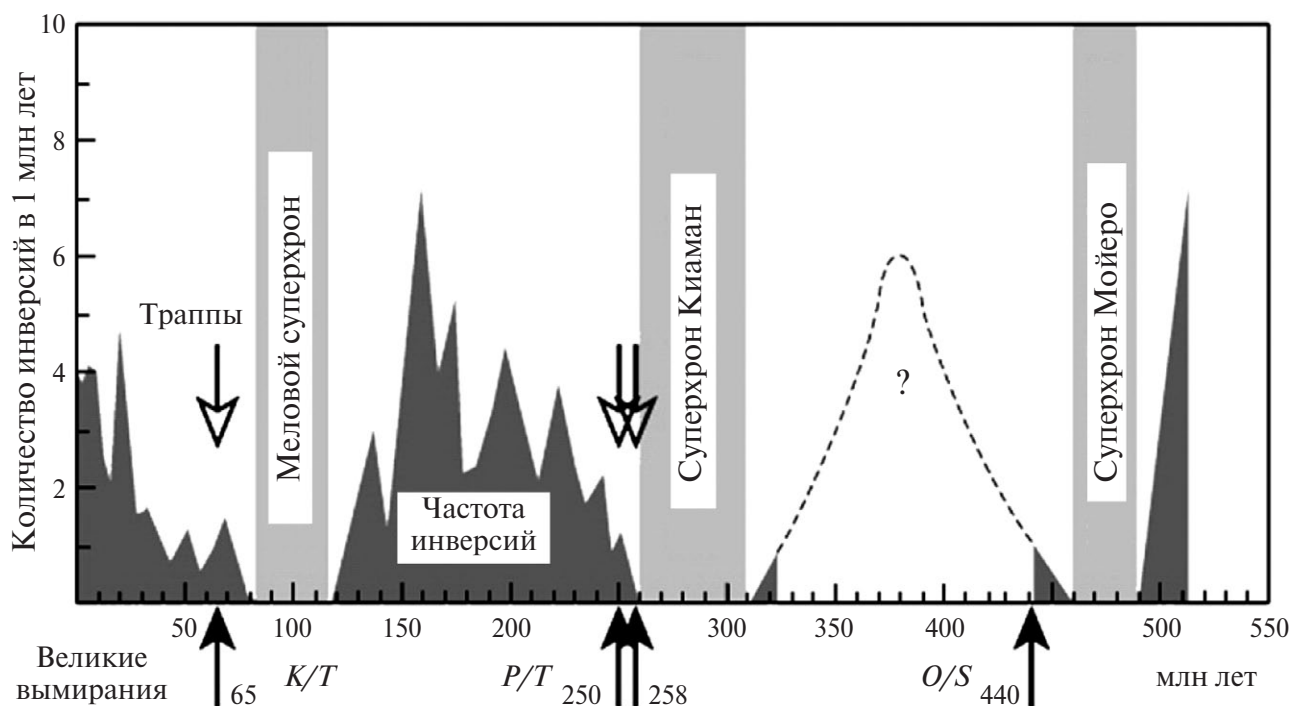


Рис. 2. Корреляция частоты геомагнитных инверсий в течение фанерозоя (выделены суперхроны стабильной полярности), трапповых извержений (стрелки вниз) и великих массовых вымираний (стрелки вверх) (по [13]).

вымиранием в конце ордовика. В то же время известно, что великие массовые вымирания ассоциируются с крупнейшими трапповыми излияниями базальтов. Вымирания происходили через 10–20 млн лет после суперхронов. Авторы [13] предполагают, что на оба эти явления влияли изменения конвекции мантийного вещества, которые индуцировали пространственно-временные вариации теплового потока на границе ядра и мантии. Частота инверсий геомагнитной полярности была высокой при высоком тепловом потоке и низкой при пониженном. Термальная нестабильность мантии повышает тепловой поток, приводит к завершению магнитных суперхронов и генерирует мантийные плюмы. Поднимающиеся плюмы через 10–20 млн лет вызывают на поверхности Земли трапповые излияния базальтов, климатические изменения и вымирания биоты.

Какова же причина корреляции изменений геомагнитного поля и активности вулканизма? Предполагается, что непосредственно над границей ядро/мантия на глубине 2600–2900 км располагается слой D". Из него поднимается мантийный суперплюм, который уравнивает по массе нисходящий холодный плюм, или мегалит — погружающуюся океаническую плиту [19]. Таким образом, согласно этим представлениям, движения в активном мантийном слое D" инициируют как вулканизм, так и изменения геомагнитного поля. Проявления их на поверхности Земли могут не совпадать по времени, но важно подчеркнуть единый их источник и единую причину активизации. Возможно, причиной могут быть неравномерности динамики внутренних сфер Земли, изменения скорости вращения мантии Земли и угла наклона оси ее вращения относительно внутреннего ядра, которые могут быть связаны с импульсами, исходящими от Солнца, процессами в системах Луна—Земля и Земля—Солнце или внешних по отношению к Солнечной системе явлений.

Массовые вымирания, когда погибало более 75% организмов, коррелируют с увеличением частоты инверсий и с падением концентрации кислорода. Потеря кислорода земной атмосферой в интервалах частых и многократных инверсий была показана моделированием событий на рубеже триаса и юры, когда концентрация кислорода в атмосфере снизилась с 23 до 14% [27]. Утечка кислорода была одним из существенных факторов вымираний. Такие интервалы повышенной частоты инверсий на-

ступали после длительных суперхронов одностороннего поля.

Влияние изменений геомагнитного поля на эволюцию организмов является, вероятно, многосторонним. Понижение напряженности поля увеличивает космическое облучение поверхности Земли, что может активизировать мутагенез, ведущий к видообразованию. Кроме того, поскольку выявляется корреляция напряженности геомагнитного поля с составом атмосферы, температурой, климатом, вулканизмом и многими другими условиями среды, можно предположить его воздействие на эволюционные процессы в составе общего комплекса влияющих факторов.

Причиной земных изменений является, вероятно, возбуждение мантийной активности при периодических пересечениях Солнечной системой плоскости Млечного пути [15, 24]. Пересечения Землей скоплений темной материи в плоскости Галактики могут приводить к нагреву внутренних сфер планеты [24]. Источник геомагнитного поля находится у границы ядро-мантия, т.е. в той же области, где располагаются источники плюмообразования и, соответственно, вулканизма. Мантийные плюмы проявляются на поверхности Земли в виде вулканической деятельности. Периодическая активизация обоих процессов, согласно этим представлениям, вызывается единой внешней причиной. Поэтому корреляция изменений геомагнитного поля и активности вулканизма представляется закономерной.

Однако важным, а в некоторых случаях и главным фактором массовых вымираний являются также импакт-события, падения на Землю крупных астероидов или комет. При вертикальных осцилляциях Солнечной системы и пересечениях плоскости Млечного пути кометы и астероиды, составляющие в Солнечной системе облако Оорта, могут быть затронуты галактическими приливными силами и, возможно, воздействием темной материи. Изменения орбит этих небесных тел могут приводить к их падению на Землю, влиять на биоразнообразие и вызывать массовые вымирания [24].

Общая первопричина, которая находится вне пределов Солнечной системы, объясняет корреляцию изменений геомагнитного поля с активизацией импакт-событий, вулканизмом, тектоническими движениями, которые в совокупности вызывают изменения условий среды и приводят к массовым вымираниям [1]. Таким образом, изучение данных показывает, что измене-

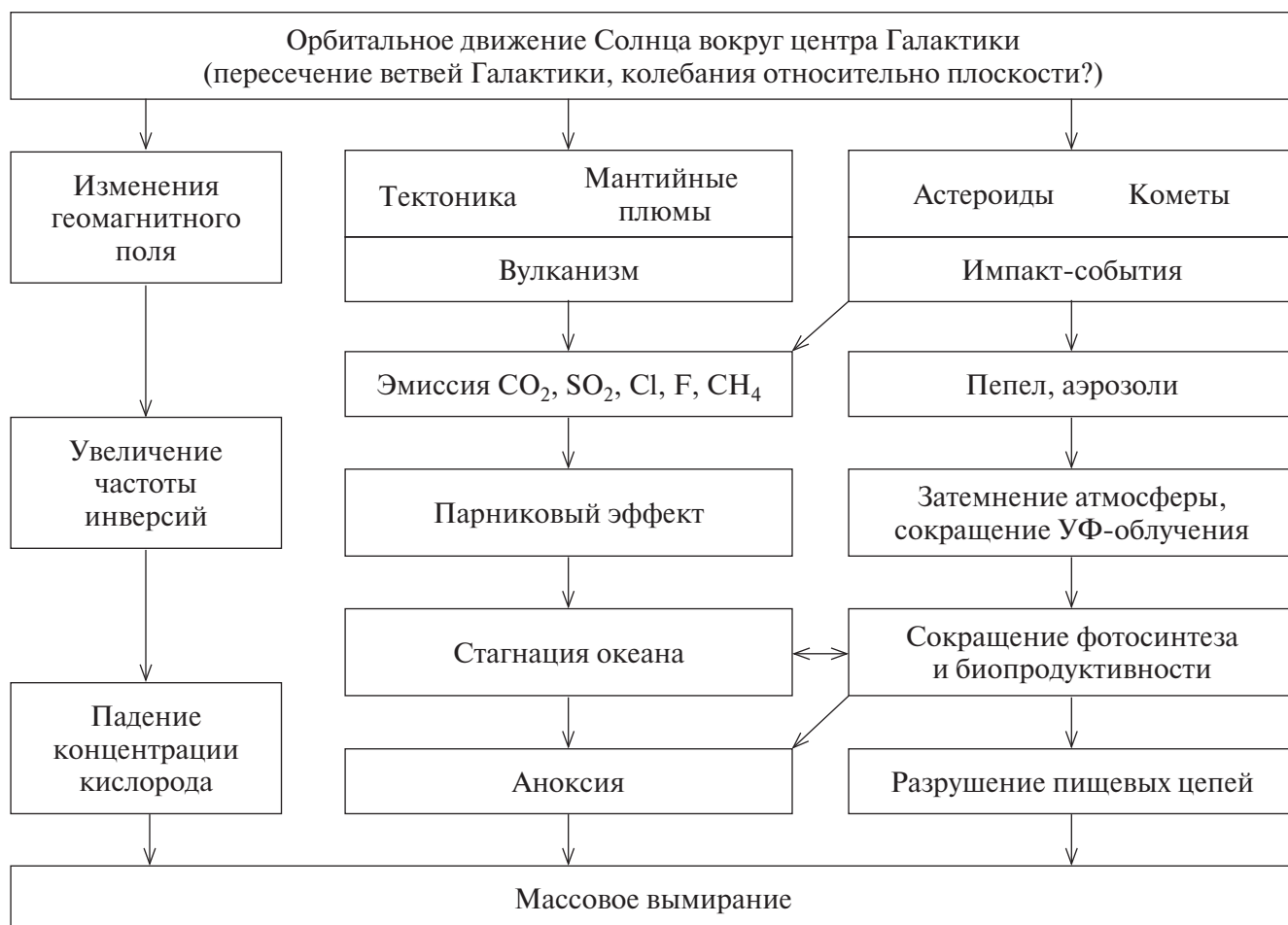


Рис. 3. Взаимосвязь земных и космических процессов, влияющих на биоразнообразии и вызывающих массовые вымирания.

ния геомагнитного поля являются элементами сложной системы среди других изменений среды (вулканизма, климата, последствий импакт-событий и др.), которые приводят к вымираниям и стимулируют эволюцию (рис. 3).

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (темы № 0149-2014-0027 и № 0149-2018-0016) при частичной поддержке программы "Эволюция органического мира и планетарных процессов" (№ 0149-2015-0042).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бараш М. С. Взаимодействие причин массовых вымираний биоты в фанерозое // Океанология. 2013. Т. 53. № 6. С. 825–837.
2. Бараш М. С., Дмитренко О. Б., Казарина Г. Х. и др. Стратиграфия четвертичных отложений океанов // 27 Междунар. геол. конгресс. Четвертичная геол. и геоморфология. Секция С. 03. Доклады. Т. 3. М.: Наука, 1984. С. 36–48.
3. Белишева Н. К., Гак Е. З. Значение вариаций космических лучей для функционирования биосистем // Сб. научных докл. VII Межд. конф. «Экология и развитие Севера-Запада России». Санкт-Петербург, 2002. С. 118–129.
4. Кузнецов В. В. Введение в физику горячей Земли. Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. Беринга, 2008. 336 с.
5. Кузнецов В. В. О местоположении источника генерации геомагнитного поля // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2014. № 2 (9). С. 36–43.
6. Кузнецова Н. Д., Кузнецов В. В. Инверсии и экскурсы геомагнитного поля: геофизические факторы видообразования // Вестник Томского гос. ун-та. 2012. № 354. С. 199–204.
7. Куражковский А. Ю., Куражковская Н. А., Клайн Б. И., Брагин В. Ю. Вариации геомагнитного поля в меловом периоде // Геология и геофизика. 2012. Т. 53. № 7. С. 930–939.
8. Печерский Д. М., Гуарий Г. З., Шербаков В. П. Геомагнитное поле и эволюция жизни на Земле // Земля и Вселенная. 2010. № 4. С. 50–60.
9. Печерский Д. М., Любушин А. А., Шаронова З. В. К вопросу о согласованности изменений биоты и поляр-

- ности геомагнитного поля в фанерозое // *Физика Земли*. 2012. № 1. С. 44–62.
10. *Поспелова Г. А.* Геомагнитные экскурсы хрона Брюнес и глобальные климатические осцилляции // *Физика Земли*. 2000. № 8. С. 3–14.
 11. *Сизикова А. О., Зыкина В. С.* Морфоскопия песчаных кварцевых зерен и микростроение верхнеплейстоценовых лёссов юга Западной Сибири, разрез Ложок // *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири*. № 1. 2014. С. 41–50.
 12. *Aldahan A., Possnert G.* Geomagnetic and climatic variability reflected by ¹⁰Be during the Quaternary and late Pliocene // *Geophys. Res. Lett.* 2003. V. 30. doi: 10.1029/2002GL016077.
 13. *Courtillot V., Olson P.* Mantle plumes link magnetic superchrons to Phanerozoic mass depletion events // *Earth and Planetary Science Letters*. 2007. V. 260. P. 495–504.
 14. *Fischer H., Siggaard-Andersen M.-L., Ruth U. et al.* Glacial/interglacial changes in mineral dust and sea-salt records in polar ice cores: Sources, transport, and deposition // *Rev. Geophys.* 2007. V. 45. P. 1–26.
 15. *Gillman M., Erenler H.* The galactic cycle of extinction // *Intern. J. Astrobiology*. 2008. V. 7. № 1. P. 17–26.
 16. *Glass B., Heezen B.* Tectites and geomagnetic reversals // *Nature*. 1967. V. 214. № 5086. P. 372–374.
 17. Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years v. 2016a // 35 International Geological Congress. 27 August – 4 September 2016. Cape Town, South Africa. <http://www.35igc.org/>
 18. *Gubbins D.* The distinction between geomagnetic excursions and reversals // *Geoph. J. International*. 1999. V. 137. № 1. P. F1–F4.
 19. *Isozaki Y.* Illawarra Reversal: The fingerprint of a superplume that triggered Pangean breakup and the end-Guadalupian (Permian) mass extinction // *Gondwana Research*. 2009. V. 15. № 3–4. P. 421–432.
 20. *Merrill R. T., McFadden P. L.* Geomagnetic polarity transitions // *Rev. Geophys.* 1999. V. 37. № 2. P. 201–226.
 21. *Muller R. A., Morris D. E.* Geomagnetic reversals from impacts on the Earth // *Geoph. Res. Lett.* 1986. V. 13. № 11. P. 1177–1180.
 22. *Nowaczyk N. R., Arz H. W., Frank U. et al.* Dynamics of the Laschamp geomagnetic excursion from Black Sea sediments // *Earth and Planetary Sci. Lett.* 2012. P. 351–352.
 23. *Opdyke N. D., Channell J. E. T.* Magnetic stratigraphy. Academic Press, 1996. 341 p.
 24. *Rampino M. R.* Disc dark matter in the Galaxy and potential cycles of extraterrestrial impacts, mass extinctions and geological events // *MNRAS*. 2015. V. 448. P. 1816–1820.
 25. *Roberts A. P., Rohling E. J., Grant K. M.* Atmospheric dust variability from Arabia and China over the last 500,000 years // *Quaternary Sc. Rev.* 2011. V. 30. P. 3537–3541.
 26. *Vandenbergh J., Nugteren G.* Rapid climatic changes recorded in loess successions // *Global and Planetary Change*. 2001. V. 28. P. 1–9.
 27. *Wei Y., Pu Z., Zong Q. et al.* Oxygen escape from the Earth during geomagnetic reversals: Implications to mass extinction // *Earth and Planetary Sci. Lett.* 2014. V. 394. P. 94–98.
 28. *Worm H.-U.* A link between geomagnetic reversals and events and glaciations // *Earth and Planetary Sci. Lett.* 1997. V. 147. P. 55–67.
 29. *Yamazaki T., Oda H.* A Brunhes-Matuyama polarity transition record from anoxic sediments in the South Atlantic (Ocean Drilling Program Hole 1082C) // *Earth Planets Space*. 2001. V. 53. P. 817–827.

CHANGES IN THE GEOMAGNETIC FIELD AND THE EVOLUTION OF MARINE BIOTA

© 2019 M. S. Barash

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
e-mail: barashms@yandex.ru

Received December 12, 2017
After revision February 08, 2018

The ideas about the influence of the geomagnetic field on evolution and biodiversity are controversial. The quantitative distribution of datum levels of oceanic microplankton during the last 2.0 million years shows a correlation with geomagnetic inversions. Lowering of the field intensity increases cosmic irradiation of the Earth's surface, which can activate mutagenesis leading to new species emergence. Moreover, since the correlation of the geomagnetic field intensity with the composition of the atmosphere, temperature, climate, volcanism and other environmental conditions is revealed, it is possible to assume its influence on evolutionary processes as a part of the general complex of environmental conditions. Geomagnetic polarity superchrons ended by mantle plume formation which produced the trap eruptions and initiated Phanerozoic faunal mass extinctions. The sources of the geomagnetic field and plume formation leading to trap volcanism are at the boundaries of the inner spheres of the Earth, which explains their correlation. And their correlation with impact events as one of the causes of extinction can be explained by the common cosmic root cause located outside the solar system.

Keywords: Datum levels, correlation with geomagnetic oscillations, sources of geomagnetism and plume formation, general cause