

УДК 550.383

СИНХРОНИЗАЦИЯ ВАРИАЦИЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ С ЭВСТАТИЧЕСКИМИ ЦИКЛАМИ И ВСПЛЕСКАМИ АКТИВИЗАЦИИ МАГМАТИЗМА (МЕЛ–РАННИЙ ПАЛЕОГЕН)

© 2020 г. А. Ю. Куражковский¹, *, Н. А. Куражковская¹, Б. И. Клайн¹

¹Геофизическая обсерватория “Борок” – филиал Института физики Земли
им. О.Ю. Шмидта РАН, пос. Борок, 152742, Ярославская обл., Россия

*e-mail: ksasha@borok.yar.ru

Поступила в редакцию 22.04.2019 г.

После доработки 17.09.2019 г.

Принята к публикации 24.09.2019 г.

Исследована связь между циклическими процессами в ядре Земли и литосфере в интервале средняя юра–палеоген (167–22 млн лет). Динамика циклических процессов идентифицировалась нами с поведением палеонапряженности и уровня мирового океана. Показано, что вариации палеонапряженности и уровня океана – это два широкополосных колебательных процесса. Характерные времена вариаций геомагнитных и эвстатических процессов изменялись в ходе геологического времени. Впервые по результатам проведенного спектрального анализа данных палеонапряженности и уровня мирового океана нами была обнаружена синхронизация вариаций геомагнитных и эвстатических процессов, происходившая в мелу–начале палеогена (125–40 млн лет). Диапазон характерных времен когерентных вариаций палеонапряженности и уровня мирового океана составлял от 1 до 16 млн лет. Выявлены возможные причины синхронизации геомагнитных и литосферных процессов. Рассмотрены особенности геомагнитных и литосферных процессов на интервале (125–40 млн лет), выраженные в резких возрастаниях амплитуд вариаций палеонапряженности и активизаций магматических эффузивных процессов.

Ключевые слова: палеонапряженность геомагнитного поля, граница ядро–мантия, литосфера, мел–палеоген, циклы трансгрессии–регрессии и активизации магматизма

DOI: 10.31857/S0016853X20010075

ВВЕДЕНИЕ

В нашем исследовании на основе выявленных особенностей поведения геомагнитного поля проведено сопоставление геомагнитных и литосферных процессов с целью уточнения механизма взаимодействия ядро–мантия. Характерные времена геомагнитных процессов, исследуемых на основе данных о полярности геомагнитного поля, обычно составляют от десятков до сотен миллионов лет [3, 9, 18]. В связи с этим значительная часть спектра циклических изменений древнего геомагнитного поля (с характерными временами от первых сотен тысяч лет до первых десятков миллионов лет) остается практически не изученной. Шкалы геомагнитной полярности не позволяют анализировать поведение геомагнитного поля во время суперхронов (имеющих продолжительность несколько десятков миллионов лет).

Детальное изучение связи между глубинными и литосферными процессами предпочтительнее проводить на основе данных напряженности гео-

магнитного поля. Данные палеонапряженности позволяют получить представление как о характерных временах, так и об интенсивности глубинных процессов. Реконструкции палеонапряженности по осадочным породам дают значительно более детальное представление о поведении древнего геомагнитного поля, чем данные палеонапряженности, полученные по термонамагнитным породам, и шкалы геомагнитной полярности. Кроме того, согласно теоретическим представлениям, напряженность геомагнитного поля связана с энергией конвекционных процессов в жидком ядре нашей планеты [10, 14].

Данные палеонапряженности, полученные по осадочным породам, позволяют анализировать такие геомагнитные процессы, как изменения амплитуд и характерных времен ее вариаций, а также всплески геомагнитной активности [7, 23]. Подобные детали в поведении древнего геомагнитного поля не обнаруживаются в ходе анализа данных о частоте геомагнитных инверсий. Дан-

ные палеонапряженности по осадочным породам открывают новый, пока не использованный канал информации для исследования связи или взаимосвязи между глубинными и литосферными процессами.

В настоящей работе анализируется связь между динамикой палеонапряженности и такими литосферными процессами как изменения уровня океана и интенсивность базальтового магматизма в интервале 167–23 млн лет.

АНАЛИЗИРУЕМЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Мы провели анализ данных палеонапряженности, полученных по осадочным породам Русской плиты и прилегающих территорий [7], а также кернам океанских отложений, отобранных в приэкваториальных районах Тихого океана [24, 27]. В качестве дополнительных материалов используются данные по термонамагнитным породам из базы данных PINT (2015.05) [20, 28]. Таким образом, мы использовали весь имеющийся на настоящее время массив данных палеонапряженности в интервале 167–22 млн лет.

При исследовании связи поведения геомагнитных и литосферных процессов большое значение имеет точность привязки палеомагнитных данных к геохронологической шкале. По оценкам [2], ошибки привязки палеомагнитных данных к геохронологической шкале могут составлять несколько сотен тысяч лет. При сопоставлении процессов с характерными временами несколько млн лет ошибки определения возраста, не превышающие 1 млн лет, можно считать допустимыми.

Поскольку ранее [8, 13] было показано, что циклы рифтинг–складчатость, интенсификации эксплозивного магматизма и трансгрессии–регрессии мирового океана имеют одинаковые характерные времена и коррелируют между собой, при анализе данных о геологических процессах мы ограничились рассмотрением циклов трансгрессии – регрессии (T – P циклы), данные об изменениях уровня океана, по [26]. Для проведения спектрального анализа представленная в этой работе кривая была отсканирована и оцифрована с шагом 50 тыс. лет, который достаточен для разрешения вариаций с характерными временами от 500 тыс. лет и более. Исследование нестационарных временных рядов палеонапряженности и эвстатических колебаний мы проводили, используя вейвлет анализ. Эффективные алгоритмы вейвлет анализа реализованы в пакете программ MATLAB [29]. Ширина окна, в котором проводилась оценка спектральной плотности, пропорциональна временной длине вейвлета. Характеристики вейвлета определяются минимальным временным разрешением (шаг оцифровки) и

длиной исследуемого ряда. Оптимальные значения параметров вейвлета вычислялись в программе MATLAB [29] автоматически и использовались по умолчанию.

Особенностью исследованного нами временного интервала средняя юра–палеоген (167–20 млн лет) является отсутствие значимых оледенений [19]. Это позволяет предположить, что трансгрессивно–регрессивный режим на исследуемом временном интервале связан с внутренними по отношению к земной поверхности процессами.

ИЗМЕНЕНИЯ ПАЛЕОНАПРЯЖЕННОСТИ И УРОВНЯ МИРОВОГО ОКЕАНА

Приведены кривые, характеризующие изменения уровня мирового океана [26], палеонапряженности в юре–палеогене [7] и изменения активности эффузивного магматизма [23] (рис. 1, *a*, *б*, *в*). Палеонапряженность (H/H_0) представлена в относительных единицах, где H – напряженность древнего геомагнитного поля, H_0 – среднее значение современного геомагнитного поля, принятое равным 40 мкТл. Очевидно, что кривые, характеризующие поведение уровня океана и палеонапряженности, различаются и обладают некоторыми общими закономерностями (см. рис. 1, *a*, *б*). Уровень океана и амплитуды вариаций палеонапряженности повышались от юры к верхнему мелу и затем уменьшались в конце палеогена. Для изменений уровня океана характерно чередование серий эвстатических колебаний малой амплитуды с сериями эвстатических колебаний большой амплитуды. В поведении палеонапряженности также происходило чередование серий вариаций как большой, так и малой амплитуды.

Экстремальные значения палеонапряженности, которые превышали 2σ (σ – дисперсия значений палеонапряженности) рассматривались как всплески. Среднее значение и дисперсия палеонапряженности на исследуемом временном интервале составляли $0.65H_0$ и $0.6H_0$ соответственно. Таким образом, в качестве всплесков будут рассматриваться значения палеонапряженности, превышающие $1.85H_0$. Интервалы между сериями всплесков палеонапряженности и характерные времена вариаций уровня океана изменялись с течением геологического времени (см. рис. 1, *a*, *б*). Согласно геохронологической шкале [21] интервалы между трансгрессиями океана представлены как трансгрессивно – регрессивные циклы (T – P циклы). По аналогии, интервалы между всплесками палеонапряженности являются геомагнитными циклами. По предварительной оценке в меловом периоде длительности геомагнитных циклов в среднем составляли

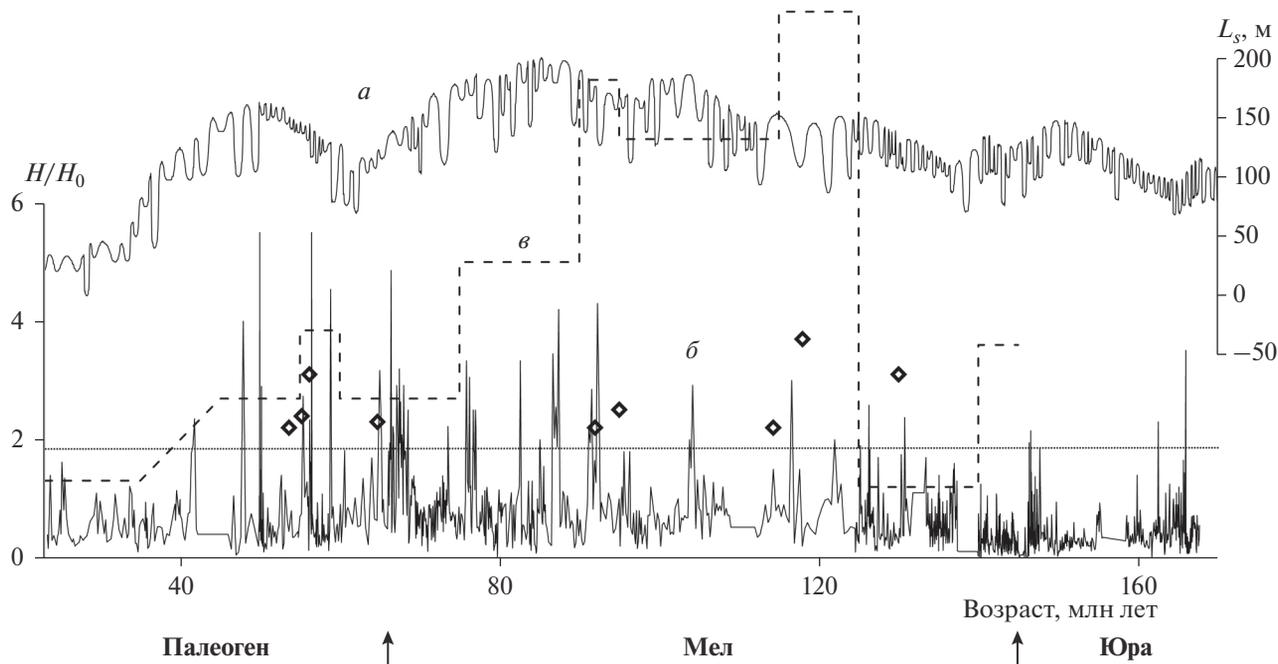


Рис. 1. Кривая изменений уровня мирового океана (L_s), по [26] (а); поведение палеонапряженности (H/H_0) в интервале 167–22 млн лет, по [7] (б); активность эффузивного магматизма, по [23] (в). Показано: изменения активности эффузивного магматизма (пунктирная линия); всплески палеонапряженности (ромбы), по [28]. Точечная линия соответствует уровню палеонапряженности $1.85H_0$.

около 5 млн лет [7]. В мелу—раннем палеогене всплески палеонапряженности обнаруживались не только по осадочным, но и по термонамагнитным породам (см. рис. 1), что подтверждает существование значительных повышений палеонапряженности в этом возрастном интервале. Приведены вейвлет-диаграммы, характеризующие спектральную плотность вариаций геомагнитных и эвстатических процессов (рис. 2). По данным спектрального анализа (см. рис. 2) и кривых (см. рис. 1, а, б) изменения уровня океана и палеонапряженности — это два широкополосных неперiodических колебательных процесса. Спектральный состав процессов изменялся с течением геологического времени. В интервале 120–40 млн лет спектр характерных времен геомагнитных и эвстатических вариаций отличался от их спектра на предшествующих и последующих интервалах геологического времени. В мелу—начале палеогена (120–40 млн лет) значительно возросла спектральная плотность вариаций с характерными временами 2–4 млн лет. В динамике геомагнитных и эвстатических процессов образовались структуры, характеризующиеся высокой спектральной плотностью, которые не обнаруживались за пределами интервала 120–40 млн лет (см. рис. 2, вейвлет-диаграммы). Согласно данным [23] (см. рис. 1, в), на рубеже 125–120 млн лет резко возросла активность эффузивных магматических процессов и существенно снизилась после

40 млн лет. Таким образом, рассмотренные материалы свидетельствуют о том, что на рубежах 125 и 40 млн лет синхронно произошли значимые изменения активности геомагнитных и магматических процессов (см. рис. 1, рис. 2).

Диаграмма когерентности между геомагнитными и литосферными процессами показала, что корреляционная связь между ними также изменялась с течением геологического времени (рис. 3). В мелу—раннем палеогене в интервале 140–40 млн лет между геомагнитными и эвстатическими процессами возникла корреляционная связь в широком интервале характерных времен (1–16 млн лет). В конце юры и в конце палеогена ширина спектров когерентных геомагнитных и эвстатических вариаций была значительно меньше 1–4 млн лет и 1–2 млн лет, соответственно.

После рубежа 40 млн лет характерные времена эвстатических циклов и вариаций палеонапряженности уменьшались. Об этом свидетельствует как данные палеонапряженности, так и спектры вариаций палеонапряженности и эвстатических циклов (см. рис. 1, б, рис. 2, а, б). В данном интервале прекратились всплески палеонапряженности и нарушилась корреляционная связь между геомагнитными и эвстатическими процессами с большими ≥ 2 млн лет характерными временами (см. рис. 1, б), что подтверждается результатами спектрального анализа данных палеонапряжен-

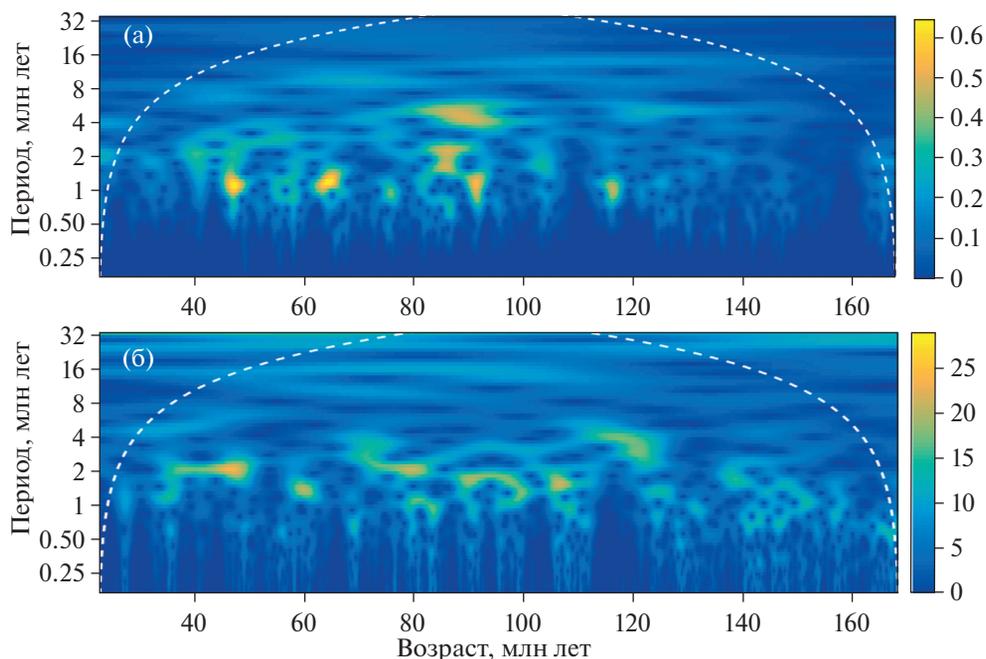


Рис. 2. Спектральная плотность вариаций палеонапряженности (а) и уровня мирового океана в интервале 167–22 млн лет (б).

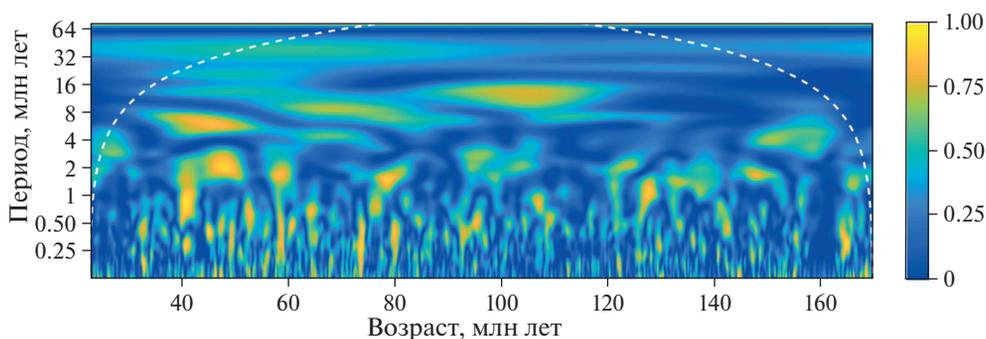


Рис. 3. Вейвлет-диаграмма когерентности изменений палеонапряженности и уровня мирового океана в интервале 167–22 млн лет.

ности для интервала 42–23 млн лет, по [27]. Длительности вариаций палеонапряженности убывали от рубежа 42 млн лет к границе палеоген–неоген (22 млн лет) (рис. 4, а). Согласно диаграмме когерентности между кривыми палеонапряженности [27] и уровня мирового океана [26], квазипериодичность коррелирующих геомагнитных и эвстатических процессов, в основном, не превышала 2 млн лет (см. рис. 4, б). Таким образом, при удалении от рубежа 40 млн лет к границе палеоген–неоген сократились характерные времена и диапазон характерных времен коррелирующих геомагнитных и эвстатических колебаний.

Основным итогом сопоставления поведения палеонапряженности и $T-P$ циклов в интервале 167–22 млн лет является обнаружение синхрони-

зации геомагнитных и литосферных процессов, произошедшей в мелу–начале палеогена (125–40 млн лет). Особенностью геомагнитных и литосферных процессов в это время были всплески палеонапряженности и процессы активизации магматизма. Когерентность вариаций геомагнитных и литосферных процессов на временных интервалах, значительно превышающих характерные времена самих вариаций, свидетельствует о том, что их синхронность не является следствием совпадения.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В отличие от шкалы геомагнитной полярности кривая, характеризующая поведение палеона-

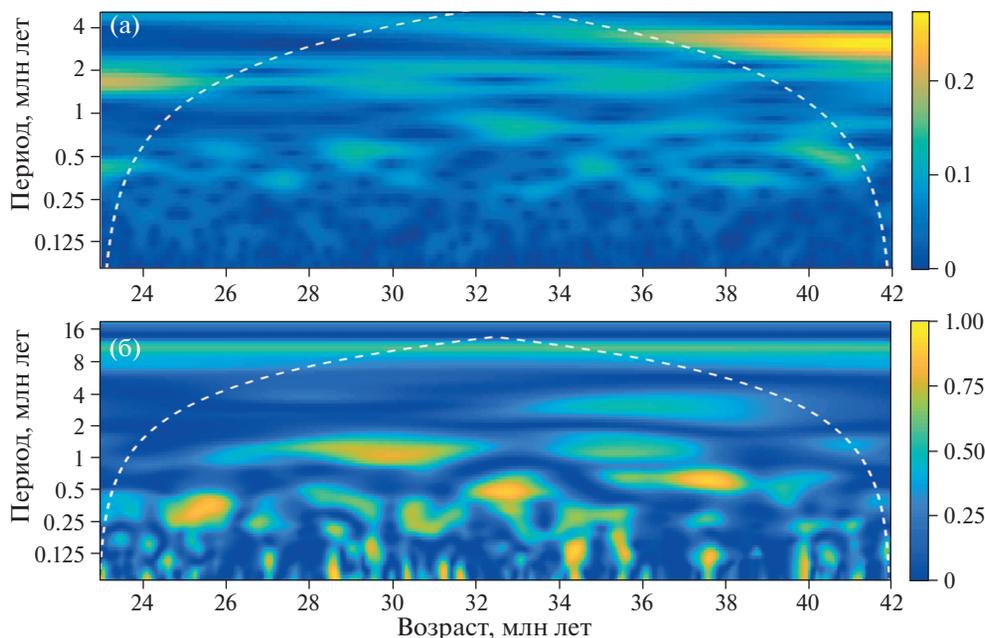


Рис. 4. Спектральная плотность вариаций палеонапряженности, по [27] (а); вейвлет-диаграмма когерентности изменений палеонапряженности, (по данным [27]) и уровня мирового океана, (по данным [26]) в интервале 42–22 млн лет (б).

пряженности в юре–палеогене, сформировалась только в последние годы, и ее корректность продолжает обсуждаться. Основным критерием корректности палеомагнитных данных является их внешняя сходимость или идентичность представлений о поведении древнего геомагнитного поля, полученных по различным геологическим объектам. Реальность существования анализируемых нами особенностей в поведении напряженности геомагнитного поля, которые были обнаружены по древним морским отложениям, подтверждается данными, полученными по абиссальным океанским отложениям [27] и термонамагниченным породам PINT (2015.05) [28].

Основными особенностями поведения напряженности геомагнитного поля являются:

- возрастание амплитуд вариаций палеонапряженности – возникновение ее всплесков в мелу–раннем палеогене;
- уменьшение амплитуд и характерных времен вариаций палеонапряженности в среднем–позднем палеогене.

Выделенные нами всплески палеонапряженности являлись значимыми, поскольку многократно превышали случайные ошибки ее единичных определений [22].

В юре, начале мела и середине палеогена имеются 4 интервала – 155, 140, 110 и 45 млн лет, продолжительностью до 5 млн лет, которые не обеспечены палеомагнитными данными. Наличие данных интервалов создает ряд соответствующих им пробелов на диаграмме когерентности геомаг-

нитных и литосферных процессов (см. рис. 3). Тем не менее, длительность имеющихся непрерывных данных поведения палеонапряженности достаточна для уверенных выводов об особенностях когерентности между геомагнитными и эвстатическими процессами на исследованном временном интервале. Поскольку продолжительность этих интервалов мала по сравнению длительностью анализируемого ряда данных палеонапряженности, то маловероятно, что дальнейшие уточнения кривой палеонапряженности смогут принципиально изменить вывод о ее связи с поведением уровня океана.

Возможные механизмы взаимодействия ядра и литосферы

Вероятными механизмами теплообмена и взаимодействия процессов в ядре, мантии и литосфере являются тепловая (термохимическая) конвекция [3, 4, 15, 17] и пульсации объема Земли [8, 12, 16]. Можно предположить, что данные механизмы существуют и действуют одновременно. Теория тепловой мантийной конвекции предполагает запаздывание активизаций литосферных процессов относительно некоторых особенностей поведения геомагнитного поля. Запаздывание активизации литосферных процессов определяется скоростью конвекции в мантии и, согласно расчетам, может составлять от нескольких миллионов лет до десятков миллионов лет [4, 17]. Рассмотренные данные не позволяют обнаружить временную задержку активизаций лито-

сферных процессов относительно выделенных нами особенностей в поведении геомагнитного поля, в связи с чем, обнаруженный нами характер связи между процессами, происходящими в ядре Земли и литосфере, теория мантийной конвекции не объясняет.

В соответствии с теорией пульсаций земного объема предполагается, что изменения активности геологических и геомагнитных процессов должны быть близки синхронным, при этом ритм геомагнитных и литосферных изменений задается ритмом барических импульсов, распространяющихся от границы ядро—мантия к литосфере [8, 16]. Выявленная нами когерентность геомагнитных и литосферных процессов свидетельствует об их синхронности, как и в теории пульсаций земного объема. Однако теория пульсаций земного объема не объясняет существование различий в спектрах характерных времен литосферных и геомагнитных циклов. Без объяснения остается такое явление, как синхронизация геомагнитных и эвстатических колебаний на одних интервалах геологического времени и ее прекращение на других временных интервалах. Таким образом, как теория конвективного теплопереноса, так и теория пульсаций земного объема не дают полного объяснения обнаруженного характера связи между геомагнитными и эвстатическими процессами. Попытка объединения этих теорий предпринята в работе [16]. Опираясь на результаты работ [4–6, 16], а также на используемые нами данные палеонапряженности, мы попытались составить свою, на данном этапе упрощенную схему взаимосвязи глубинных и литосферных процессов.

Согласно нашему предположению, ядро—мантия и мантия—литосфера рассматриваются как в некоторой степени независимые тепловые колебательные системы. В системе ядро—мантия из-за низкой теплопроводности мантии периодически происходят перегревы, которые сбрасываются интенсификациями тепловой конвекции [4]. Отражением этого процесса являются вариации палеонапряженности. Скорости осевого вращения ядра и мантии несколько различаются, при этом величина напряженности геомагнитного поля оказывает влияние на электромагнитное сцепление между ядром и мантией [1, 6, 25]. Таким образом, вариации интенсивности магнитного поля могут оказывать непосредственное влияние на динамику осевого вращения нашей планеты. С учетом того фактора, что мощность, расходуемая на генерацию геомагнитного поля, соизмерима с мощностью всех глубинных тепловых процессов [11], влияние вариаций палеонапряженности на режим ротации может быть значимым.

Система мантия—литосфера также может рассматриваться как тепловая колебательная систе-

ма. В этой системе глубинное тепло неравномерно расходуется на осуществление тектонических (рифтинг—складчатость), магматических и сейсмических процессов. Система мантия—литосфера характеризуется собственным спектром колебаний активности магматических и тектонических процессов. Кумулятивным отражением этого колебательного процесса являются изменения уровня мирового океана. Тектонические, магматические и связанные с ними эвстатические процессы, также как и процессы в ядре, оказывают влияние на осевое вращение нашей планеты. Изменения осевого вращения влияют как на глубинные, так и литосферные процессы, взаимосвязь между которыми по геологическим масштабам времени может осуществляться практически мгновенно.

Проведенный нами анализ динамики геомагнитных и эвстатических процессов показал, что их спектры изменялись с течением геологического времени. В мелу—начале палеогена (125–40 млн лет) спектры этих процессов во многом совпали. Вероятно, в связи с этим вблизи 125 млн лет началось усиление интенсивности геомагнитных и литосферных (магматических) процессов. В палеогене после 40 млн лет диапазон периодов, на которых отмечается корреляция геомагнитных и литосферных процессов, сократился до 0.5–1 млн лет (см. рис. 4) и при этом активность геомагнитных и магматических процессов уменьшилась (см. рис. 1).

По нашему мнению, предложенная нами схема взаимосвязи между глубинными и литосферными процессами может дополнить как теорию тепловой конвекции, так и теорию пульсаций земного объема. При этом в указанных теориях управление литосферными процессами, в основном, осуществляется тепловыми потоками через границу ядро—мантия. Наша схема предполагает взаимозависимость процессов в ядре и литосфере.

ВЫВОДЫ

1. В проведенном исследовании выявлено, что вариации палеонапряженности и уровня океана — это два широкополосных колебательных процесса, при этом основной спектр характерных времен вариаций геомагнитных и эвстатических процессов находился в диапазоне от 0.5 до 5 млн лет.

2. В результате проведенного спектрального анализа данных палеонапряженности и уровня мирового океана впервые была обнаружена синхронизация вариаций геомагнитных и эвстатических процессов, происходившая в мелу—начале палеогена (125–40 млн лет). Диапазон характерных времен когерентных вариаций палеонапряженности и уровня мирового океана составлял от 1 до 16 млн лет.

3. При возникновении когерентности между вариациями палеонапряженности и уровня океана в интервале 125–40 млн лет произошло возрастание геомагнитной и магматической активности, которые проявились в виде всплесков палеонапряженности и базальтового магматизма.

Финансирование. Работа выполнена в рамках Госзадания (№ 0144–2014–00116).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брагинский С.И., Фишман В.М. Электромагнитное взаимодействие ядра и мантии при электропроводности, сосредоточенной вблизи границы с ядром // Геомагнетизм и аэрономия. 1976. Т. 16. С. 907–913.
2. Гужиков А.Ю., Барабошкин Е.Ю. Оценка диахронности биостратиграфических границ путем магнитохронологической калибровки зональных шкал нижнего мела Тетического и Борейного поясов // ДАН. 2006. Т. 409. № 3. С. 365–368.
3. Диденко А.Н. О возможной причине квазипериодических колебаний частоты геомагнитных инверсий и величины $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ вод в морских карбонатных породах в фанерозое // Геология и геофизика. 2011. № 12. С. 1945–1956.
4. Добрецов Н.Л. Мантийные суперплюмы как причина главной геологической периодичности и глобальных перестроек // ДАН. 1997. Т. 357. № 6. С. 797–800.
5. Калинин Ю.Д., Киселев В.М. Солнечная обусловленность изменений длины суток, сейсмичности Земли и геомагнитного момента // Геомагнетизм и аэрономия. 1976. Т. 16. С. 858–861.
6. Киселев В.М. Вращение Земли от архея до наших дней: монография. Красноярск: СФУ, 2015. 262 с.
7. Куражковский А.Ю., Куражковская Н.А., Клайн Б.И. Вариации напряженности геомагнитного поля с характерными временами ~5 и 1 млн лет // Геомагнетизм и аэрономия. 2019. Т. 59. № 2. С. 265–272.
8. Милановский Е.Е. О корреляции фаз учащения инверсий геомагнитного поля, понижений уровня Мирового океана и фаз усиления деформаций сжатия земной коры в мезозое и кайнозое // Геотектоника. 1996. № 1. С. 3–11.
9. Петрова Г.Н., Печерский Д.М., Храмов А.Н. Палеомагнитология – наука, созданная в XX в. // Физика Земли. 2000. № 9. С. 80–102.
10. Решетняк М.Ю. Пространственные спектры геомагнитного поля в наблюдениях и моделях геодинамо // Физика Земли. 2015. № 3. С. 39–46.
11. Решетняк М.Ю., Павлов В. Э. Эволюция дипольного геомагнитного поля. Наблюдения и модели // Геомагнетизм и аэрономия. 2016. Т. 56. № 1. С. 117–132.
12. Ромашов А.Н. Планета Земля: Тектонофизика и эволюция. М: УРСС, 2003. 364 с.
13. Селиверстов Н.И. Глобальные изменения уровня океана и четвертичный вулканизм // Вулканология и сейсмология. 2001. № 5. С. 22–31.
14. Соколов Д.Д. Геодинамо и модели генерации геомагнитного поля (обзор) // Геомагнетизм и аэрономия. 2004. Т. 44. № 5. С. 579–589.
15. Сорохтин О.Г., Чилингар Дж.В., Сорохтин Н.О. Теория развития Земли. Происхождение, эволюция и трагическое будущее. М.: ИКИ, НИЦ “Регулярн. и хаотичн. динамика”, 2010. 752 с.
16. Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. Сопоставление тектонических фаз и инверсий магнитного поля в позднем мезозое и кайнозое // Вестник РАН. 2018. Т. 88. № 1. С. 33–39.
17. Трубицын В.П. Термохимическая конвекция в мантии с рециркулирующей океанической коры // Физика Земли. 2010. № 11. С. 14–22.
18. Храмов А.Н., Гончаров Г.И., Комиссарова Р.А. Писаревский С.А., Погарская И.А., Ржевский Ю.С., Родионов В.П., Слауцитайс И.А. Палеомагнитология. Л.: Недра, 1982. 312 с.
19. Чумаков Н.М. Причины глобальных климатических изменений по геологическим данным // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2005. Т. 13. № 3. С. 3–25.
20. Biggin A.J., McCormack A., Roberts A. Paleointensity database updated and upgraded // EOS Transact. AGU. 2010. Vol. 91. № 15.
21. Gradstein F.M., Ogg G.J., van Kranendonk M. On the Geologic Time Scale 2008 // News Lett. Stratigraphy. 2008. Vol. 43. № 1. P. 5–13.
22. Kurazhkovskii A.Yu., Kurazhkovskaya N.A., Klain B.I. Calibration of geomagnetic paleointensity data based on redeposition of sedimentary rocks // Phys. Earth Planet. Inter. 2011. Vol. 189. Is. 1–2. P. 109–116.
23. Larson R.L., Olson P. Mantle plumes control magnetic reversal frequency // Earth Planet. Sci. Lett. 1991. Vol. 107. № 3/4. P. 437–447.
24. Ohneiser C., Acton G., Channell J.E.T., Wilson G.S., Yamamoto Y., Yamazaki T. A middle Miocene relative paleointensity record from the Equatorial Pacific // Earth Planet. Sci. Lett. 2013. Vol. 374. P. 227–238.
25. Rochester M.G. Core – mantle interactions: geophysical and astronomical consequences. Earthquake Displacement Fields and the Rotation of the Earth / L. Mansinha, D.E. Smylie, A.E. Beck (eds.). Dordrecht–Holland: D. Reidel Publ., 1970. P. 136–148.
26. Snedden J.W., Liu C. A Compilation of the Phanerozoic sea – level change, coastal onlaps and recommended sequence designations // AAPG Search Discov. Art. 40594. URL: http://www.searchanddiscovery.com/documents/2010/40594snedden/ndx_snedden.pdf (Accessed February 28, 2016).
27. Yamamoto Y., Yamazaki T., Acton G.D., Richter C., Guidry E.P., Ohneiser C. Palaeomagnetic study of IODP Sites U1331 and U1332 in the equatorial Pacific – extending relative geomagnetic palaeointensity observations through the Oligocene and into the Eocene // Geophys. J. Int. 2014. Vol. 196. № 2. P. 694–711.
28. <http://earth.liv.ac.uk/pint/>. Absolute Paleointensity (PINT) Database. (Univ.Liverpool, UK), Sci. Environment (NERC). Accessed May 26, 2016.
29. https://www.mathworks.com/help/wavelet/index.html?s_tid=CRUX_lftnav MATLAB. Accessed December 17, 2018.

Synchronization of Variations of the Geomagnetic Field Intensity with Eustatic Cycles and Bursts of Magmatism Intensification in the Cretaceous–Early Paleogene

A. Yu. Kurazhkovskii^{a, *}, N. A. Kurazhkovskaya^a, B. I. Klain^a

^a*Geophysical Observatory Borok, Branch of the Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, 152742, Borok, Yaroslavl region, Russia*

**e-mail: ksasha@borok.yar.ru*

The relationship between cyclic processes in the Earth's core and the lithosphere in the Middle Jurassic–Paleogene (167–22 Ma) was investigated. The dynamics of cyclic processes was associated with the paleointensity behavior and sea level. It is shown that variations in paleointensity and ocean level are two broadband oscillatory processes. The characteristic times of variations of geomagnetic and eustatic processes changed in different geological age. We discovered synchronization of variations in geomagnetic and eustatic processes that occurred in the Cretaceous–Early Paleogene (125–40 Ma), based on the results of a spectral analysis of the paleointensity and sea level data. The range of characteristic times of coherent variations in paleointensity and world ocean level was from 1 to 16 Ma. The possible reasons for the synchronization of geomagnetic and lithospheric processes are identified. Features of geomagnetic and lithospheric processes in the interval 125–40 Ma, which expressed in sharp increases in the amplitudes of paleointensity variations and in activation of magmatic effusive processes, are considered.

Keywords: paleointensity of geomagnetic field, core–mantle boundary, lithosphere, Cretaceous–Paleogene, cycles of transgression–regression and magmatism activation