

ИЗ РАБОЧЕЙ ТЕТРАДИ
ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

СОПОСТАВЛЕНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ФАЗ И ИНВЕРСИЙ
МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ПОЗДНЕМ МЕЗОЗОЕ И КАЙНОЗОЕ

© 2017 г. В. Г. Трифонов, С. Ю. Соколов

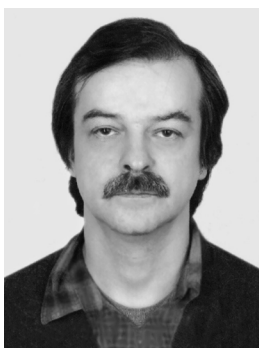
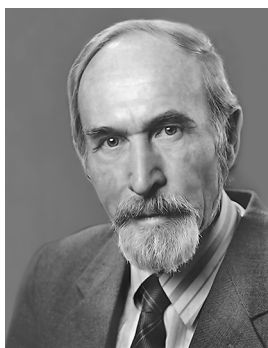
Геологический институт РАН, Москва, Россия
e-mail: trifonov@ginras.ru; sysokolov@yandex.ru

Поступила в редакцию 29.05.2017

Авторы рассматривают хронологическое соотношение двух групп явлений в истории Земли за последние 150 млн. лет. Первая группа – сравнительно короткие (первые миллионы лет) тектонические фазы, или фазы складчатости, выделенные Г. Штилле в 1924 г. и характеризующиеся усилением деформаций сжатия в подвижных поясах Земли. Происходящие в течение таких фаз деформации вполне объяснимы коллизионными взаимодействиями литосферных плит. Но эти взаимодействия не объясняют синхронности фаз в разных поясах и на разных континентах. Вторая группа – частота инверсий магнитного поля, то есть смены северного полюса на южный и наоборот. Тектонические фазы проявляются чаще в эпохи частых инверсий магнитного поля. В последние 24 млн. лет, когда инверсии были особенно многочисленными, тектонические фазы следовали одна за другой с короткими интервалами. Для них намечается тенденция к отставанию пиков фаз на 1–2 млн. лет по отношению к интервалам наиболее частых магнитных инверсий. Выявленные хронологические соотношения указывают на то, что тектонические фазы обусловлены не только геодинамическими процессами в литосфере, но и воздействием энергетических импульсов, возникающих в земном ядре и на границе ядра и мантии, где генерируется магнитное поле Земли. В геологическом масштабе времени это воздействие происходит быстро, что исключает конвективную передачу энергии импульса и заставляет искать иные механизмы такой передачи. Возможно, она осуществляется посредством действия на всю литосферу переменных объёмных сил, возникающих при изменении параметров течений в ядре, за которым следуют изменение режима вращения Земли и адаптация к нему литосферных масс.

Ключевые слова: тектонические фазы усиления деформаций сжатия, инверсии магнитного поля Земли за последние 150 млн. лет.

DOI: ...



ТРИФОНОВ Владимир Георгиевич – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник ГИН РАН.
СОКОЛОВ Сергей Юрьевич – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник ГИН РАН.

Прошло более 90 лет с того времени, когда Г. Штилле [1] выделил фазы складчатости, позднее получившие более общее название – тектонические фазы. Штилле рассматривал фазу как проявление импульса сжатия, выраженного складчатыми деформациями и запечатлённого в геологическом разрезе несогласием, причём одновозрастные проявления такого рода деформаций регистрировались если и не в глобальном масштабе, то, по меньшей мере, в нескольких удалённых друг от друга складчатых поясах. Перечень фаз и принцип их выделения получил название “канона Штилле”. Вскоре после его опубликования и позднее он неоднократно подвергался критике [2]. Отмечались недостаточная точность датирования тектонических событий, положенных в основу выделения фаз,

вариации возраста складчатости в разных зонах даже одного складчатого пояса.

Принципиально иную интерпретацию фаз складчатости предложил Н. С. Шатский [3]. На примере одного из районов Предкавказья он показал, что складчатость развивалась длительно и конседиментационно, а несогласие в основании толщи, перекрывшей смятые слои, отражает прекращение складчатости и изменение режима тектонического развития территории. Казалось бы, полученный результат опровергает принцип, лежащий в основе выделения фаз Г. Штилле. Но это не так. Указанный пример и ему подобные представляют собой постепенное нарастание определённого параметра тектонической системы, которое при достижении допустимого предела прекращается, уступая место другой системе. Иначе говоря, и при таком подходе завершение процесса образования складчатости характеризуется максимальной деформацией, что сближает его с пониманием Г. Штилле фазы складчатости как пика тектонической деформации.

Анализируя тектонические события и неравномерность их проявлений в мезозое и кайнозое, В. Е. Хаин [4–6] рассмотрел наряду с фазами складчатости как выражением усиления деформаций сжатия также другие тектонические образования и их изменения – развитие впадин, зон океанического спрединга и континентальных рифтов, областей субдукции, коллизии и присущего им магматизма. Широкий охват событий, порою нечётко обозначенных пространственно и неточно датированных, заставил перейти к более долговременным неравномерностям структурной эволюции Земли и проявлениям тектонической активизации, охватывающим десятки миллионов лет и названным тектоническими эпохами. Однако на фоне таких эпох в областях коллизии и сходных с ними внутриконтинентальных и приокеанических поясах сжатия или транспрессии обозначились более короткие фазы активизации деформаций, соответствующие фазам Г. Штилле.

М. Г. Ломизе [7] проанализировал для отрезка времени с юры и поныне хронологическое соотношение между следующими группами геологических данных, обусловленных геодинамическими процессами:

- эвстатические колебания уровня Мирового океана, связанные, по мнению Ломизе, с объёмом срединно-океанических хребтов;
- изменения скоростей спрединга и горизонтального перемещения литосферных плит;
- изменения скоростей субдукции по интенсивности интрузивного магматизма Североамериканских Кордильер и Японии, а также на всей восточной окраине Тихого океана, а для позднего

кайнозоя – по вулканическим проявлениям Центральной Америки и Орегона;

- частота геомагнитных инверсий;
- хронология эпох складчатости и рифтогенеза.

Сопоставление указанных характеристик показало, что изменения скоростей спрединга, горизонтального перемещения плит и субдукции, а также уровня Мирового океана прямо коррелируют друг с другом, что согласуется с их единством в плейт-тектонической системе. Частота геомагнитных инверсий обнаруживает с небольшими отклонениями обратную корреляцию с этими изменениями. Эпохи складчатости и рифтогенеза демонстрируют тенденцию к чередованию во времени, хотя порой частично совмещаются. Но и те и другие не показывают ни прямой, ни обратной корреляции с отмеченными параметрами.

Исследования, проводимые на протяжении последних 20 лет, подтвердили существование тектонических фаз Г. Штилле. Получены новые данные об их возрасте и проявлениях в разных складчатых поясах Земли. Удалось уточнить шкалу значений остаточной намагниченности горных пород (инверсий магнитного поля) позднего мезозоя и кайнозоя. Это позволило вновь обратиться к хронологическому соотношению тектонических фаз мелового периода и кайнозоя с частотой инверсий магнитного поля Земли. Для более ранних геологических эпох оценка подобного соотношения представляется преждевременной из-за неточностей в определении возраста фаз и инверсий в течение некоторых интервалов времени. Полученные результаты будут рассмотрены далее.

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ФАЗЫ

Ниже приводится краткая характеристика тектонических фаз с конца юры до настоящего времени. Она основана на обобщающих работах [5, 8], дополненных и уточнённых по опубликованным описаниям тектонических событий в отдельных тектонических зонах и областях. Принимались во внимание проявления деформаций сжатия и транспрессии (сочетания сжатия со сдвигом), выраженные складчатостью и смещениями по разломам покровного, надвигового и сдвигового типов. Критериями определения возраста деформаций служили несогласия между дислоцированными и вышележащими толщами, а также проявления связанного с деформациями метаморфизма и местами гранитного магматизма. Возникновение субаэральных поднятий учитывалось лишь в тех случаях, когда оно было связано с зонами концентрации деформаций сжатия. Общее усиление вертикальных движений, начавшееся локально в конце миоцена и достигшее максимума в плиоцен-квартере, в расчёт

не принималось, поскольку обусловлено иными причинами [9].

Позднекиммерийская эпоха тектонической активизации охватывает период от конца киммериджа до валанжина – 151–138 млн. лет назад. Она может быть подразделена на три фазы, датируемые примерно в интервалах 151–148, 146–144 и 142–138 млн. лет назад. Деформации этой эпохи были обнаружены в Альпийской Европе и отмечены также на Дальнем Востоке (Становое нагорье, Сихотэ-Алинь, Япония) и северо-востоке Азии. Той же эпохе соответствует яншаньский орогенез в Китае, невадийский орогенез на западе Северной Америки и андская фаза на западе Южной Америки.

Австрийская эпоха тектонической активизации приходится на середину мела – 116–96 млн. лет назад. Главные деформации этой эпохи имели место на границе альба и сеномана – около 99–96 млн. лет назад. В Восточных Альпах, где была зафиксирована австрийская фаза данной эпохи, она характеризуется несогласным залеганием верхнего турона (фация Гозау) на тектонических покровах. Кроме того, намечена более ранняя, аптская, фаза тектонической активности – около 116–113 млн. лет назад. Фазы, вероятно, разделяет длительная эпоха относительного тектонического покоя. Признаки австрийского орогенеза отмечены в Карпатах, на Балканах, в Добрудже, Северной Анатолии, на Эльбурсе, в Памиро-Каракорумском регионе, Центральном Тибете, Хингане (Китай), Сихотэ-Алине, Японии и Корьякии. К событиям эпохи близки по времени североамериканский орогенез в Кордильерах и деформации на юге Северной Америки.

Субгерцинская фаза приходится на сантон (~85–82 млн. лет назад), выделяется в предгорьях Гарца, а также в других районах Восточных Альп и Западных Карпат, на Кипре (зона Мамония), в Анатолии, на Малом Кавказе, в зоне Главного надвига Загроса, Омани, Северо-Американских и Мексиканских Кордильерах.

Ларамийская эпоха охватывает конец мела – начало палеогена (67–61 млн. лет назад с пиком активности ~65–66 млн. лет). Эта эпоха активизации отчётливо выражена на западе Северной Америки, где с ней совпадает главная стадия становления континентальной коры. Та же активизация широко проявилась на востоке Азиатского континента, где с ней связаны надвиги Корьякии, сдвиги Сихотэ-Алиня, деформации Верхоянья, Западной Камчатки, Восточного Сахалина, Хоккайдо, Тайваня и Западных Филиппин. Её возможным аналогом является позднеиеншаньская фаза в Китае. В Альпийско-Гималайском поясе эта эпоха не имела решающего значения, но проявилась в Памиро-Каракорумском регионе, Кохистане, Белуджистане, а также

в Анатолии, Балканидах, Карпатах, Юго-Западных Альпах и Пиренеях. На северо-западных и восточных обрамлениях Аравийской плиты (Оман, Загрос, Сирия, Кипр и Юго-Восточная Анатолия) основные деформации этой фазы имели место в позднем маастрихте.

Пиренейская фаза складчатости, согласно Г. Штилле [1], проявилась на границе эоцена и олигоцена. Позднее было показано, что главные события этой фазы происходили в конце среднего эоцена и позднем эоцене [2]. Однако в дальнейшем обнаружилось, что существенные деформации имели место и позднее, вплоть до начала олигоцена. Таким образом, следует выделять *пиренейскую тектоническую эпоху* (41–33 млн. лет назад), в течение которой, вероятно, существовали две фазы активизации – 41–40 и 34–33 млн. лет, разделённые стадией более слабой активности. Эта эпоха имела решающее значение в становлении континентальной коры Альпийско-Гималайского пояса и проявилась во всех его сегментах. Помимо Пиренеев и Прованса, она отмечена в Альпах, Апенниннах, Тель-Атласе, Эр-Рифе, Бетских Кордильерах и других тектонических зонах Западного Средиземноморья, в Карпатах, Балканидах, Динаро-Эллинидах, Понтидах и зоне Тавра, на всём Малом Кавказе (триалетская фаза), в Эльбурсе и восточнее, вплоть до Индо-Бирманской системы и Индонезийского архипелага. Особенно значительными были деформации в Гималаях и Каракоруме. С той же эпохой сопоставляются проявления активизации в Сихотэ-Алине.

Савская фаза тяготеет к концу олигоцена – началу миоцена (24–17 млн. лет назад с пиком активности 20–18 млн. лет назад). На эту фазу приходится радикальная перестройка тектонической системы западной части Альпийской Европы, связанная с началом сдвиговых перемещений по Азоро-Гибралтарской зоне разломов и обусловленным ими вращением Корсико-Сардинского блока (20.5–19 млн. лет назад). Фаза отмечена деформациями в Бетских Кордильерах, Эр-Рифе, Тель-Атласе, Апенниннах, началом формирования южновергентных надвигов в Альпах, складчатостью в Карпатах (Утёсовая зона), закрытием последних реликтов Неотетиса в Юго-Восточной Анатолии, образованием современной Кипрской дуги, началом формирования складок основания Тянь-Шаня, максимумами деформаций в Высоких Гималаях, Центральном и Южном Памире и общей переориентировкой поля деформаций в Аравийско-Кавказском и Памиро-Гималайском сегментах Альпийско-Гималайского пояса. С этой фазой коррелирует начало сдвиговых перемещений по разлому Сан-Андреас на западе Северной Америки.

Штирийская (предсарматская) фаза приходится на середину миоцена (16–11 млн. лет назад) и, вероятно, содержит два пика активизации – перед лангием (16–15 млн. лет) и перед тортоном (12–11 млн. лет) с более слабыми деформациями между ними. Фаза выражена формированием складок и тектонических покровов во внешних зонах Бетских Кордильер, Эр-Рифа, Тель-Атласа, Апеннин, в Северных (Утёсовая зона) и Юго-Восточных Карпатах и Динаро-Эллинидах, возникновением Калабрийско-Сицилийской и Крито-Эллинской дуг. В конце фазы произошла очередная переориентировка поля деформаций в Аравийско-Кавказском и Памиро-Гималайском сегментах Альпийско-Гималайского пояса. В Крыму, на Кавказе и в Центральном Копетдаге фаза отмечена предчокракским и предсарматским несогласиями, а во Внешней зоне Памира – несогласием в основании верхнего миоцена. В течение этой фазы закрылись последние реликты Неотетиса и началась складчатость в зоне Главного надвига Загроса. Возможный аналог – алеутская фаза деформаций.

Аттическая фаза приходится на конец миоцена (8–5.5 млн. лет назад). Она была выделена в Эллинидах и отмечена на Большом Кавказе, в Копетдаге, Эльбрусе, Высоком Загросе, Макране, Белуджистане, Гималаях и Юго-Восточной Азии. С этой фазой совпадают первое региональное несогласие в Афгано-Таджикской депрессии и деформации в провинции Юннань (Юго-Восточный Китай). С фазой коррелируют складкообразовательные движения на Камчатке, Сахалине и Хоккайдо и ускорение в несколько раз сдвига по разлому Сан-Андреас (8 млн. лет назад).

Ронская (предакчагыльская) фаза датируется 4,5–3,5 млн. лет назад. Помимо предгорий Альп, она отмечена перестройкой сдвиговой системы трансформы Мёртвого моря (~3,7 млн. лет назад), складкообразовательными движениями в Крыму, на Кавказе, в Копетдаге, Низком Загросе, на северо-востоке Азии, западе Северной Америки. С фазой совпадает ускорение сдвига по разлому Сан-Андреас (4,5–4 млн. лет назад).

Валахско-пасаденская фаза охватывает последние 2 млн. лет и содержит три эпизода тектонической активизации – 2–1,8, 1–0,8 и последние 0,5 млн. лет. Валахская фаза была выделена в южной части Предкарпатского прогиба и соответствовала первому эпизоду. Проявления двух первых эпизодов зафиксированы по берегам Чёрного и Каспийского морей, на северных бортах Средне- и Нижнекуринской впадин, в Южно-Каспийской впадине, предгорьях Тавра, предгорной зоне Загроса (~0,9 млн. лет назад), Макране, Афгано-Таджикской депрессии, Северо-Восточной Азии. Пасаденская фаза выделена в Калифорнии и выражается несогласием

между низами среднего плейстоцена и поздним плейстоценом. Её аналоги обнаружены во всех подвижных поясах как проявления активной тектоники. Локальные несогласия, описанные в Афгано-Таджикской депрессии, на северо-восточном борту Персидского залива и по берегам Чёрного и Каспийского морей, свидетельствуют о разноранговой неравномерности движений в течение пасаденской фазы. Вместе с тем стало очевидным, что её нельзя отрывать от более ранних эпизодов четвертичной активности, с которыми она образует единую тектоническую фазу.

Тектонические фазы, начиная с савской, плотно следуют одна за другой. Промежуток между ними обычно не превышает 1–1,5 млн. лет и лишь между штирийской и аттической фазами достигает ~3 млн. лет, что несоизмеримо с интервалами между более ранними фазами. Вероятно, савскую и последующие тектонические фазы следует объединить в неотектонический этап активизации деформаций.

РЕЗУЛЬТАТЫ СОПОСТАВЛЕНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ФАЗ И ЧАСТОТЫ ИНВЕРСИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

При существующих неточностях в датировании тектонических событий полученные оценки возраста тектонических фаз являются приблизительными. Тем не менее они отражают общую тенденцию. С конца юры и поныне эти фазы происходили с разной частотой (рис. 1). Они быстро следовали одна за другой в течение позднекиммерийской тектонической эпохи. Затем наступил длительный (96 млн. лет) интервал, в течение которого имели место лишь сравнительно кратковременные ранняя австрийская, главная австрийская и субгерцинская фазы и несколько более продолжительная (~6 млн. лет) ларамийская тектоническая эпоха с короткой фазой активизации. Далее имела место пиренейская эпоха активизации (~8 млн. лет) с двумя пиками активности, за которой вновь последовал период относительного покоя продолжительностью ~9 млн. лет. После него в течение последних 24 млн. лет тектонические фазы с пиками активизации и интервалами относительного снижения активности следовали одна за другой, будучи разделены лишь короткими интервалами относительного покоя.

Выявленные тектонические фазы были сопоставлены со шкалой остаточной намагниченности горных пород [10, 11], которая представляет собой последовательность состояний прямой и обратной магнитной полярности определённого времени. Состояния первого типа характеризуются теми же чертами, что и современное магнитное поле, когда северный магнитный полюс находится в северных

широтах, а состояния второго типа – противоположным положением магнитных полюсов. Эти состояния изменялись в геологической истории с разной частотой, образуя как более или менее длительные эпохи выдержанной однородной полярности, так и короткие эпизоды её изменения. Для сопоставления с тектоническими фазами выбран критерий количества инверсий – переходов от одной полярности к другой в течение 5 млн. лет. Для неотектонического этапа (с конца олигоцена и поныне), когда фазы были особенно частыми, а возраст фаз и инверсий определён более точно,

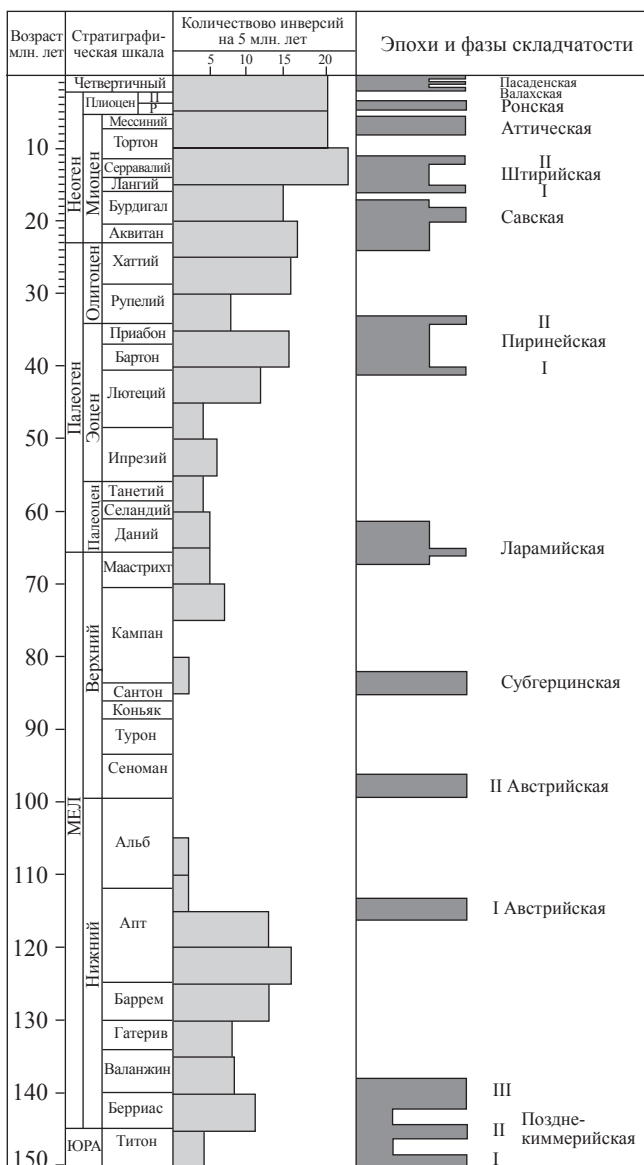


Рис. 1. Сопоставление фаз и эпох активизации деформаций сжатия и транспрессии с конца юрского периода поныне и частоты инверсий магнитной полярности.

Представлено количество инверсий магнитного поля по интервалам времени в 5 млн. лет



Рис. 2. Сопоставление фаз и эпизодов активизации деформаций сжатия и транспрессии с конца олигоцена поныне и частоты инверсий магнитной полярности.

Представлено количество инверсий магнитного поля по интервалам в 1 млн. лет

с фазами сопоставлялось также количество инверсий за один миллион лет (рис. 2).

Сопоставление показало следующее. Поздне-киммерийская тектоническая эпоха характеризовалась умеренно частой и частой сменой полярности, которая продолжалась вплоть до ранней австрийской фазы. Далее наступил период длительной нормальной полярности, то есть полного или почти полного отсутствия инверсий, на который приходится главная австрийская и субгерцинская тектонические фазы. Ларамийская тектоническая эпоха характеризовалась умеренным количеством инверсий, после чего их количество уменьшилось. Оно возросло во время пиринейской тектонической эпохи. Затем после уменьшения числа инверсий в раннем олигоцене их количество возросло во время савской фазы, достигло максимальных значений в среднем миоцене (штирийская фаза)

и оставалось высоким вплоть до четвертичного периода (аттическая, ронская и валахско-пасаденская фазы).

Таким образом, выдержанная прямая или обратная корреляция тектонических фаз с числом магнитных инверсий отсутствует. Но выявляется тенденция, согласно которой частота фаз возрастает с увеличением числа инверсий магнитного поля (см. рис. 1). Более детальное сопоставление для периода с конца олигоцена и поныне, то есть в течение неотектонического этапа, позволило отметить ещё одну особенность (см. рис. 2): на фоне большого числа инверсий короткие максимумы опережают столь же короткие фазы и пики тектонической активизации на 1–2 млн. лет.

Тектонические фазы, будучи максимумами проявлений деформации сжатия или транспрессии, полигенны. Возникновение фаз определяется широким распространением коллизионных и сходных с ними тектонических обстановок сжатия и сдвига при подходящем для их проявления строении земной коры континентов. Условия возникновения тектонических фаз, согласно плейт-тектонической теории, обусловлены поведением горных масс при взаимодействии литосферных плит. Но данная теория не объясняет синхронности фаз тектонической активизации в разных подвижных поясах и даже на разных континентах. Для неё возникновение синхронных глобальных фаз – скорее, сочетание исключительных обстоятельств, чем правило. Такая синхронность может определяться геодинамическим воздействием на литосферу процессов, проявляющихся в инверсиях магнитного поля.

ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ КОРРЕЛЯЦИИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ФАЗ И ЧАСТОТЫ ИНВЕРСИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Согласно современным представлениям, решающее значение для создания и функционирования магнитного поля Земли имеют процессы в земном ядре и их взаимодействие с мантией [12]. Геодинамическое воздействие этих процессов на литосферу путём конвекции или иных форм тепломассопереноса в мантии не может быть источником тектонических фаз. Скорости восходящих ветвей мантийного конвективного тепломассопереноса соизмеримы со скоростями верхнемантийных течений, представляющих латеральную ветвь конвекции и перемещающих литосферные плиты [13]. Скорость течений составляет в среднем около 8 см/год. При такой скорости время прохождения конвективным возмущением 2800 км от ядра до подошвы литосферы составило бы ~35 млн. лет, тогда как тектонические фазы близки по времени к эпохам частой смены магнитной полярности и в течение

последних 24 млн. лет, возможно, проявляются вслед за их максимумами через 1–2 млн. лет. Таким образом, существует отличный от конвективного квази-мгновенный (в геологическом масштабе времени) способ передачи литосфере энергии от глубинных процессов, определяющих как поверхностный тектогенез, так и вариации магнитного поля Земли. Поскольку пространственно-временная структура нормального магнитного поля обусловлена характером течений во внешнем ядре, изменение параметров этих течений может стать причиной возникновения в мантии переменных объёмных сил, быстро воздействующих на литосферу.

Источником изменения течений в ядре является, по нашему мнению, перераспределение масс в системе внешнего жидкого и внутреннего твёрдого ядра, приводящее к изменению режима вращения Земли. Считается [10], что течения в ядре в сочетании с вращением сфероида и высокой проводимостью материала формируют структуру нормального магнитного поля Земли, которое в первом приближении может быть аппроксимировано полем диполя, ориентированного по оси вращения, проходящей через центр масс. Но исследования вариаций нормального поля за последние 50 лет показали, что параметры диполя демонстрируют пространственное смещение положения его центра во времени на север от экватора относительно центра масс [14]. Это говорит об изменении формирующей магнитное поле структуры течений материала жидкого ядра, средняя плотность которого выше плотности низов мантии почти на 50%. Изменения положения этих доминирующих в теле Земли масс, способствующие изменению характеристик момента инерции относительно текущей оси вращения, должны приводить к изменению режима вращения Земли. Кроме того, существуют расчёты [15], указывающие на смещение твёрдого ядра внутри жидкого. Если твёрдое ядро со средней плотностью, на 15% превосходящей плотность внешнего ядра, подвержено смещению, это также должно приводить к изменению режима вращения Земли, которым, в частности, является изменение положения оси вращения внутри тела сфероида. Подтверждением этого факта являются данные International Earth Rotation and Reference Systems Service [16] за последние 100 лет, анализ которых указывает на смещение полюса вращения на юг вдоль 70° з.д. со скоростью около 10 см/год. Указанные значения имеют тот же порядок, что и геодинамические скорости, полученные по геологическим данным и данным анализа аномального магнитного поля спрединговых областей океана. Это подтверждает предположение о согласованности скоростей протекания геодинамических процессов одного масштаба в теле Земли.

Рассмотрим, какими могут быть последствия изменения положения оси вращения. Допустим, что тело вращения является не твёрдым, а расслоенным с блоковым строением и со способностью перемещения одних слоёв и блоков относительно других. В этом случае подвижные массы (блоки и слои), расположенные на поверхности сфероида (литосфера) и имеющие в подошве менее вязкий слой (астеносфера), будут стремиться к положению, при котором подвижные массы адаптируются к новому режиму вращения. Цель адаптации – диагональный вид тензора инерции [17]. Иначе говоря, подвижные массы на поверхности Земли должны сконцентрироваться ближе к экватору и быть более или менее равномерно распределены вдоль его окружности. При этом траектории перехода масс на поверхности в соответствии с новым положением оси вращения, определяемым более крупными массами ядра, могут быть разными. Подтверждением этого предположения является начавшееся в конце триаса и начале юры одновременное схлопывание субширотного палеоокеана Тетис и раскрытие субмеридионального северного сегмента Атлантики. Перемещения плит указывают на тенденцию к смещению литосферных масс к экватору с одновременным трендом на их более равномерное распределение по его периметру, о чём свидетельствует образование субмеридионального океана.

Условия адаптации подвижных масс к новому режиму вращения позволяют осуществить теоретический расчёт направления их смещения. Такой расчёт был выполнен в работе [18]. Наблюдается принципиальное совпадение логики рассчитанного движения литосферных масс с данными GPS для северной и южной Америки, восточной и северо-восточной Евразии и части Океании. Различия присутствуют, но совпадение главных компонентов движения является удовлетворительным. Наблюдаются сильные различия результатов расчётов с данными GPS в области, которая совпадает с контурами Африканского суперплюма по подошве мантии.

Таким образом, связь между инверсиями магнитного поля и фазами тектонической активизации непрямая. Оба явления могут быть следствиями переменной пространственной структуры течений материала с большой плотностью и проводимостью во внешнем жидком ядре, приводящей, с одной стороны, к инверсии магнитного поля и, с другой стороны, к изменению режима вращения при перераспределении больших внутренних масс и адаптации к нему литосферы.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект № 17–17–01073).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Stille H.* Grundfragen der vergleichenden Tektonik. Berlin: Verlag von Gebrüder Borntraeger, 1924.

2. *Гогель Ж.* Основы тектоники. М.: Мир, 1969.
3. *Шатский Н.С.* О длительности складкообразования и о фазах складчатости // Известия АН СССР. Серия геологическая 1951. № 1. С. 15–53.
4. *Хаин В.Е.* Направленность, цикличность и неравномерность развития земной коры // Строение и развитие земной коры. М.: Наука, 1964.
5. *Хаин В.Е.* Тектоника континентов и океанов. М.: Научный мир, 2001.
6. *Хаин В.Е., Сеславинский К.Б.* Глобальные изменения эндогенной активности Земли в мезозое и кайнозое // Вестник Московского ун-та. Серия “Геология”. 1992. № 4. С. 3–25.
7. *Ломизе М.Г.* О корреляции главных проявлений тектогенеза в мезозое и кайнозое // Доклады АН СССР. 1986. № 4. С. 929–931.
8. *Трифонов В.Г.* Неотектоника Евразии. М.: Научный мир, 1999.
9. *Трифонов В.Г.* Коллизия и горообразование // Геотектоника. 2016. № 1. С. 1–23.
10. *Куражковский А.Ю., Куражковская Н.А., Клайн Б.И., Брагин В.Ю.* Геомагнитное поле в геологическом прошлом (за последние 400 млн. лет) // Геология и геофизика. 2010. № 4. С. 486–495.
11. www.stratigraphy.org
12. *Зельдович Я.Б., Рузмайкин А.А.* Гидромагнитное динамо как источник планетарного, солнечного и галактического магнетизма // Успехи физических наук. 1987. № 2. С. 263–284.
13. *Trifonov V.G., Sokolov S. Yu.* Toward Postplate Tectonics // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2015. № 4. P. 331–341; *Трифонов В.Г., Соколов С.Ю.* На пути к постплейт-тектонике // Вестник РАН. 2015. № 7. С. 605–615.
14. *Ладынин А.В., Попова А.А.* Оптимизационный подбор параметров эксцентричного диполя путём сравнения модельных полей с магнитным полем Земли // Геология и геофизика. 2009. № 3. С. 266–278.
15. *Авсюк Ю.Н., Суворова И.И.* Процесс изменения широт и его связь с вынужденными перемещениями внутреннего твёрдого ядра // Физика Земли. 2006. № 7. С. 66–75.
16. IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service) Annual report 2006 / Ed. W. R. Dick and B. Richter. Frankfurt, 2008.
17. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Механика // Теоретическая физика. Т. I. М.: Наука, 1988.
18. *Соколов С.Ю.* Новый механизм горизонтального движения тектонически активных масс земной коры и литосферы // Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики. Материалы XLI Тектонического совещания. Т. 2. М.: ГЕОС, 2008.