

**И.Э. Ломакин<sup>1</sup>, В.М. Анохин<sup>2</sup>, В.В. Кочелаб<sup>1</sup>,  
В.В. Покалюк<sup>1</sup>, Н.В. Шафранская<sup>1</sup>, И.Н. Шураев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Отделение морской геологии и осадочного рудообразования НАН Украины, Киев

<sup>2</sup> Институт озероведения РАН, Санкт-Петербург

## **ТЕКТОНОЛИНЕАМЕНТЫ И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ГЕОТЕКТониКИ**

---

*Пространственные ориентировки линеаментных систем океанов и континентов совпадают. Разномасштабные линейные топо- и геоструктуры Земли ориентированы в ограниченном числе направлений согласно единой глобальной регма-тогенной линеаментной сети древнего заложения. Протяженные формы мезо- и микрорельефа локальных территорий суши и подводных гор Океана наследуют пространственную ориентацию линеаментной сети структуры, в пределах которой они находятся. Многие протяженные тектонолинеаменты (сквозные структуры) без изменения направления пересекают континенты и океаны. Система океанических рифтов неоднородна, гетерогенна и имеет явно наложенный характер. Линеаменты и их системы проявляют на земной поверхности глубинный структурный каркас литосферы, «образуют правильную геометрическую сетку, которая является первичной особенностью земной коры» (Белоусов В.В., 1989). Основные процессы формирования земной коры дна океанов и континентов могут быть исчерпывающе объяснены с позиции концепции разломно-блокового строения литосферы Планеты.*

**Ключевые слова:** линеаменты, глобальная линеаментная сеть, сквозные структуры.

### **Введение**

Закономерная ориентировка подавляющего большинства разномасштабных протяженных форм рельефа издавна привлекала внимание естествоиспытателей (Барбот де Марни, Л. Бух, У. Хопкинс, Д. Филипс, 1839; Э. де Бомон, 1852; А.П. Карпинский, 1888). Насущные потребности разномасштабного картирования и развитие топографии к началу XX века потребовали изучения этих структур, разработки соответствующих методик и терминологии, а также привели к появлению понятия линеамент.

Этот термин был введен У. Хоббсом в работах 1901—1911 гг., в значении «не более, чем прямолинейный объект Земли». Им же была установлена направленность главных систем трещин Европы по четырем направлениям: СВ, СЗ, С-Ю, З-В. Уже на

© И.Э. ЛОМАКИН, В.М. АНОХИН, В.В. КОЧЕЛАБ,  
В.В. ПОКАЛЮК, Н.В. ШАФРАНСКАЯ, И.Н. ШУРАЕВ, 2016

ранних этапах изучения линейных структур стало ясно, что исследование их ассоциаций и ансамблей дает объемную и важную геологическую информацию.

В работах Р. Зондера, Д. Умбгрове, Г. Штилле, А.П. Карпинского сформированы понятия регмагенез, регматическая решетка, планетарная трещиноватость и выделены основные тектонические направления, единые для всех континентов Земли: субширотное, субмеридиональное, СВ-диагональное и СЗ-диагональное. Эти исследования были продолжены и развиты в работах Н.С. Шатского, В.Г. Бондарчука, И.И. Чебаненко, а также Д. Муди, М. Хиля, Е.Н. Пермякова, Г.Н. Катерфельда, Ф.Н. Красовского, К.К. Маркова, Б.Л. Личкова, М.В. Стоваса, Д.И. Гарбара.

Важнейшее значение для понимания тектонического деления земной коры имеют труды В.Я. Хаина, Я.Г. Каца, А.И. Полетаева, Э.Ф. Румянцевой, А.Н. Ласточкина, В.П. Филатьева, Е.Г. Мирлина, В.Л. Сывороткина, Е.П. Дубинина и др., посвященные строению глобальных линеаментных систем Земли и других планет [7].

Крайне важно отметить, что более чем за 100 лет само понятие «линеамент» уверенно эволюционировало от географически-описательного (Панов, 1966, Хиллис, 1967) до структурно-тектонического (Горшков, 1949; Бубнов, 1960; Кропоткин, 1961; Мещеряков, 1965; Воронов, 1968; Хаин, 1973; Белоусов, 1976; Ласточкин, 1976; Кац, и др., 1986; Репин, 2005; Анохин, 2006, 2012 и др.). Становится очевидным, что линеамент — это «некоторый линейный или линейно организованный элемент структуры земной поверхности, который прямо или косвенно отражает особенности геологической структуры, особенно глубинные разломы и трещиноватость погребенного фундамента» [8].

Ввиду необходимости более общего подхода к данному понятию, под линеаментами предлагается понимать: «Линеаменты — это линейные структуры земной коры, выражающиеся в линейных формах рельефа суши или морского дна, линейных геологических формах, линейных аномалиях физических полей Земли и имеющие прямую или косвенную связь с разрывными нарушениями и зонами повышенной проницаемости в земной коре» (Анохин, 2005). Линеаменты и их системы проявляют на земной поверхности глубинный структурный каркас литосферы, «образуют правильную геометрическую сетку, которая является первичной особенностью земной коры» (Белоусов, 1989).

Успехи топографии, разномасштабного картирования, аэрофотосъемки, морских и космических исследований на фоне развития возможностей компьютерной обработки информации объективно провоцируют перманентные всплески интереса к проблемам генезиса линейных структур Земли. Все более актуальными становятся вопросы не только происхождения, но и их системной организации.

При этом линеамент как часть рельефа Земли остается объективной реальностью, а не умозрительной конструкцией или моделью. Линеамент — это следствие определенных процессов, конкретный геологический факт, требующий безоговорочного признания и только затем объяснения и построения различных тектонических и общегеологических концепций. Таким же значимым фактом должна быть признана форма и закономерная ориентировка морфоструктур любого участка земной коры, которые достаточно полно иллюстрируют геологическое строение регионов и тектоническую обстановку в них.

Методы линеаментного анализа сегодня позволяют решать многие реальные геологические задачи. Они дешевы, информативны и могут применяться

на разных стадиях изучения территорий. Их результаты, при должной квалификации исследователя, объективны, легко повторяемы, хорошо поддаются компьютерной и статистической обработке. Достижения космической геологии, морских подводных исследований настойчиво инициируют необходимость выделения нового направления геологической науки — линеаментной тектоники, со своими объектами и методами исследования.

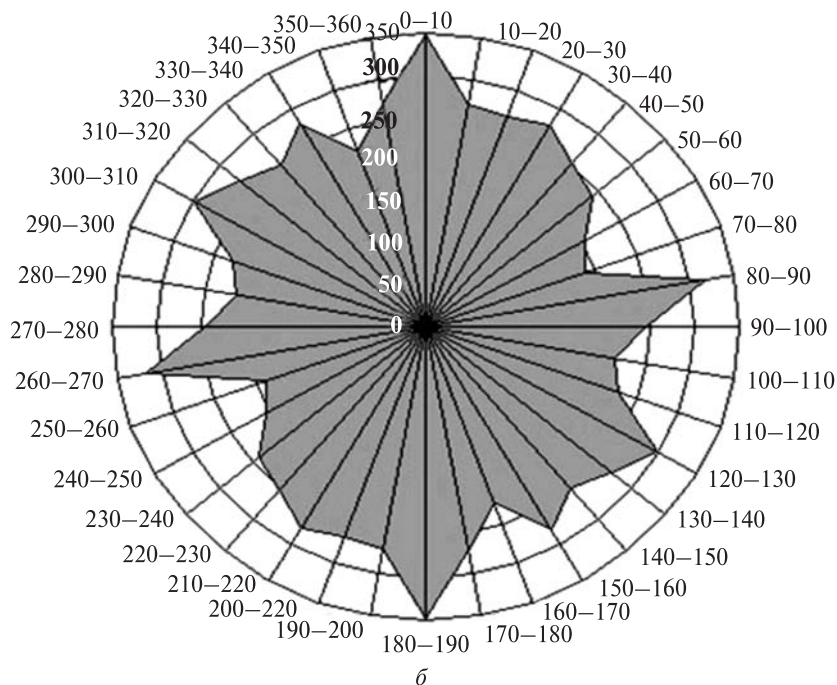
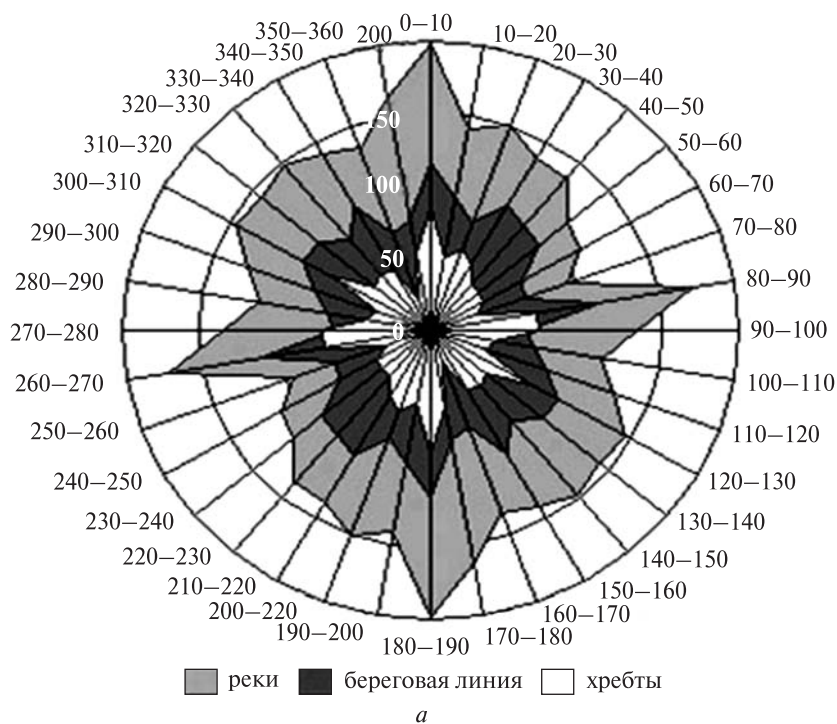
Анализ накопленного авторами за последние десятилетия существенного объема оригинального полевого и компилятивного материала дает возможность сделать некоторые обобщения по строению тектонолинеаментных систем континентов, океанов и Планеты в целом. Собранные данные позволяют по-новому подойти к оценке существующих концепций строения и формирования земной коры, перспектив поиска полезных ископаемых в малоизученных регионах.

### Материалы и методика

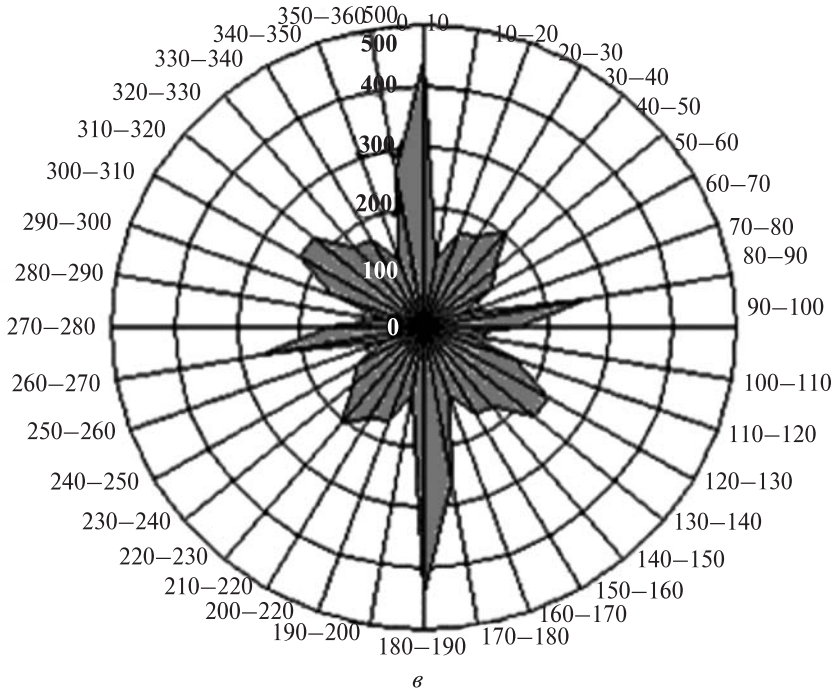
В основу данной работы положены материалы многолетних исследований авторов в многочисленных экспедициях в Атлантический, Тихий и Индийский океаны, а также в Баренцево, Белое, Карское, Лаптевых и Черное моря. Проанализированы результаты батиметрических съемок, геофизических исследований и наблюдений с борта глубоководных обитаемых аппаратов. На суше выполнены массовые замеры ориентировки разномасштабных линеаментов, разломов и трещиноватости земной коры различных районов Европы, Восточноевропейской платформы, Причерноморья, Дальнего Востока, некоторых островов Ледовитого и Атлантического океанов. В результате установлено, что подавляющее большинство разномасштабных протяженных форм рельефа и реальных разломов на всех исследованных в разных частях Света участках суши и океанского дна ориентированы в ограниченном числе направлений. Этот вывод потребовал сопоставления полученных данных с материалами изучения региональных и глобальных линеаментных систем Мира.

Для этого был обработан обширный компилятивный и картографический материал: геологические и тектонические карты континентов и отдельных стран. Особое внимание уделяли анализу чрезвычайно информативных сегодня материалов космических съемок, ресурсов *Google*, *NASA*, *GEBCO*. Методика ручного выделения линеаментов сводилась к нанесению прямолинейных отрезков по осям линейных морфоструктур на выбранной картографической основе. Существенно снизить субъективные факторы выявления структур удавалось благодаря параллельной обработке материалов разными специалистами.

Для решения поставленных задач использовали также современные цифровые данные о рельефе, полученные в результате спутниковой радарной съемки (*GMOD — Marine Geoscience Data*, *SRTM — Shuttle Radar Topography Mission*). Они присутствуют в свободном доступе в сети Интернет в виде поградусных файлов с расширением *HGT*, содержащих таблицу значений *X*, *Y*, *Z* по сети  $\sim 62 \times 93$  м. Для их визуализации использовали специализированный программный пакет для обработки и создания трехмерных моделей полей. Применили также вариант использования *Shaded Relief Map* (карт подсвеченного рельефа).



После подготовки карты выбранной территории созданный файл импортировали в пакет *MapInfo*, выполнили его координатную привязку и создали отдельный слой с линеаменами заданной или произвольной длины, отражающими особенности данной территории. По векторным изображениям линеаментов в



**Рис. 1.** Розы-диаграммы направлений линейных форм рельефа континентов Земли: *a* — сопоставление общей направленности различных форм рельефа, *б* — направленность всех форм по всем континентам, *в* — направленность разрывных нарушений по всем континентам Земли. На круговых шкалах — направления лимба, градусы; на радиальных — количество замеров (в среднем по 165 км)

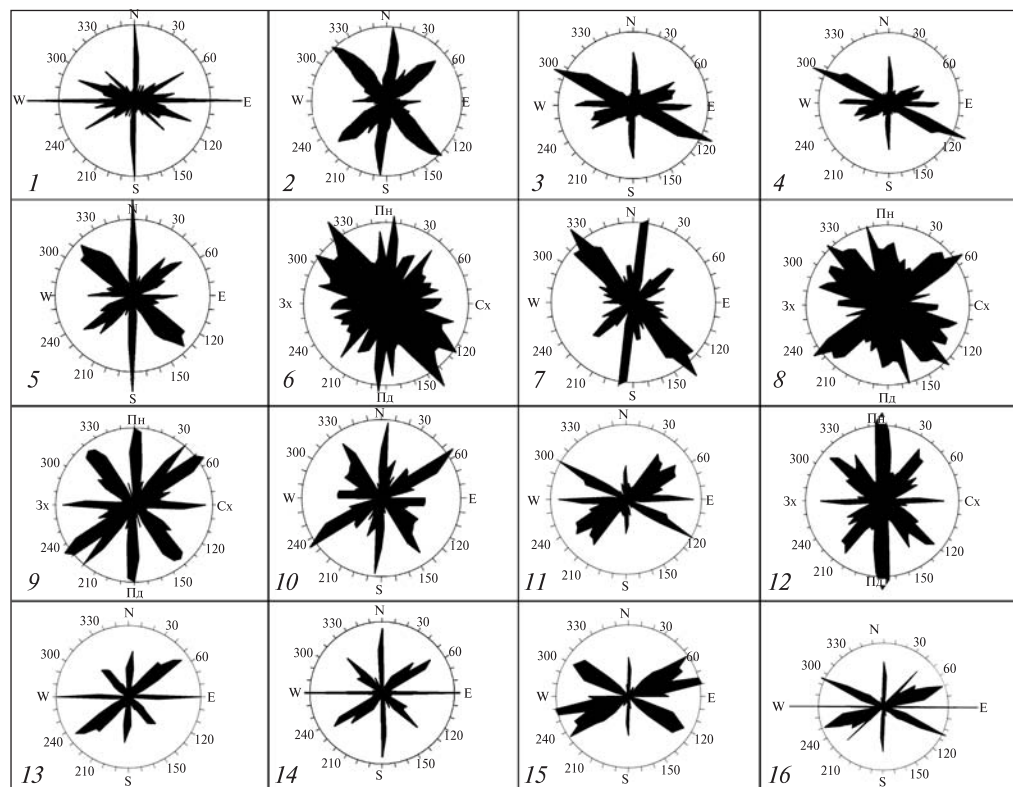
автоматическом режиме построили круговые структурные диаграммы с помощью специализированного программного модуля, написанного в среде *MapBasic* [16, 17].

Для анализа собранной оригинальной и компилятивной информации использовали методы геоморфологического, структурно-тектонического и линеаментного анализов как в визуально-аналитическом, так и в матстатистическом их выражении.

**Линеаменты континентов** и закономерности их ориентировки на первом этапе выявляли на географической карте Мира м-ба 1:10 000 000. Произвели массовые измерения азимутов простираения линейных форм рельефа — речной сети, гряд и хребтов, береговой линии. Число измерений азимутов линейных форм рельефа составило 4623.

На рис. 1 приведены результирующие розы-диаграммы направлений тополинеаментов современной суши: прямолинейных участков речных долин, берегов морей и океанов, осевых линий горных хребтов.

Сопоставление роз-диаграмм простираений трех разных форм рельефа (рис. 1, *a*) показывает практически полное совпадение лучей, что говорит о единстве направленности всех основных линейных форм рельефа суши Земли. Во всех трех розах-диаграммах довольно хорошо видны субмеридиональная, субширотная и две диагональные системы — СВ и СЗ. Суммарная роза-диаграмма (рис. 1, *б*) также обнаруживает наличие субширотной, субмеридиональной и двух диагональных систем.



**Рис. 2.** Ориентировка тектонолинеаментов континентов. 1 — Северная Америка\*; 2 — Южная Америка; 3 — Азия (все линеаменты); 4 — Азия (к западу от Верхоянского хребта); 5 — Европа\*; 6 — Европа (все линеаменты); 7 — Восточная Европа\*; 8 — Западная Европа (все линеаменты); 9 — Великобритания; 10 — Испания; 11 — Иберийский п-ов; 12 — Африка; 13 — Англия (все линеаменты); 14 — Англия (радарная спутниковая съемка); 15 — Ирландия (все линеаменты); 16 — Шотландия (все линеаменты). Звездочкой обозначены линеаменты больше 200 км

Далее измеряли азимуты разрывных нарушений на тектонической карте Мира. Количество замеров азимутов простирания разрывов составило в сумме 6363. Результаты свели в розу-диаграмму (рис. 1, в). На ней также можно видеть лучи четырех главных систем — субширотной, субмеридиональной и двух диагональных, причем эти лучи выражены гораздо более явно, чем на розах-диаграммах по линеаментам рельефа.

Сопоставляя розы-диаграммы направлений тополинеаментов и разрывных нарушений, видим, что при всех частных различиях эти розы-диаграммы обнаруживают принципиальное сходство между собой, выраженное в наличии двух главных систем — ортогональной и диагональной.

В результате проведенных исследований было установлено, что в целом практически все линейные структуры континентов по своей пространственной ориентировке четко объединяются в ограниченное число групп: — субмеридиональную (азимут 350—10°), субширотную (азимут 80—105°), диагональную СВ (азимут 30—60°, в среднем 45°) и диагональную СЗ (азимут 300—330°, в среднем 315°).

На следующем этапе работ изучили пространственное положение линеаментных систем континентов на основе анализа карт ГУНИО, NASA, ресурсов

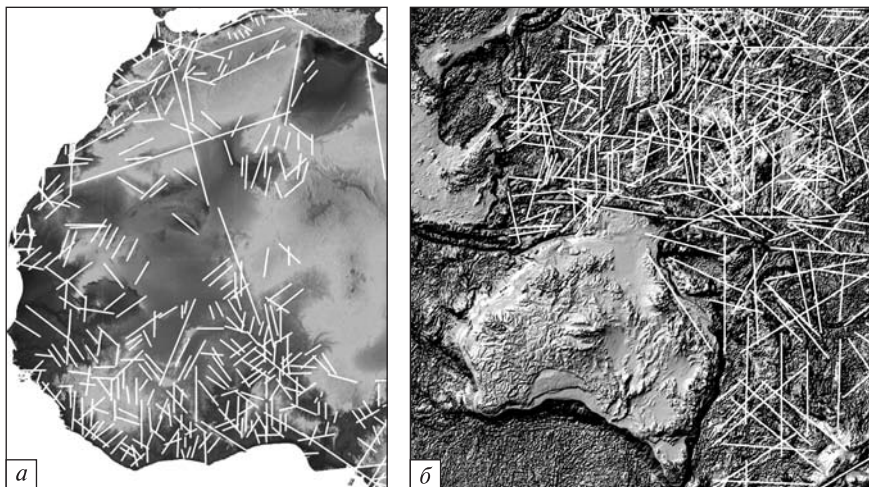
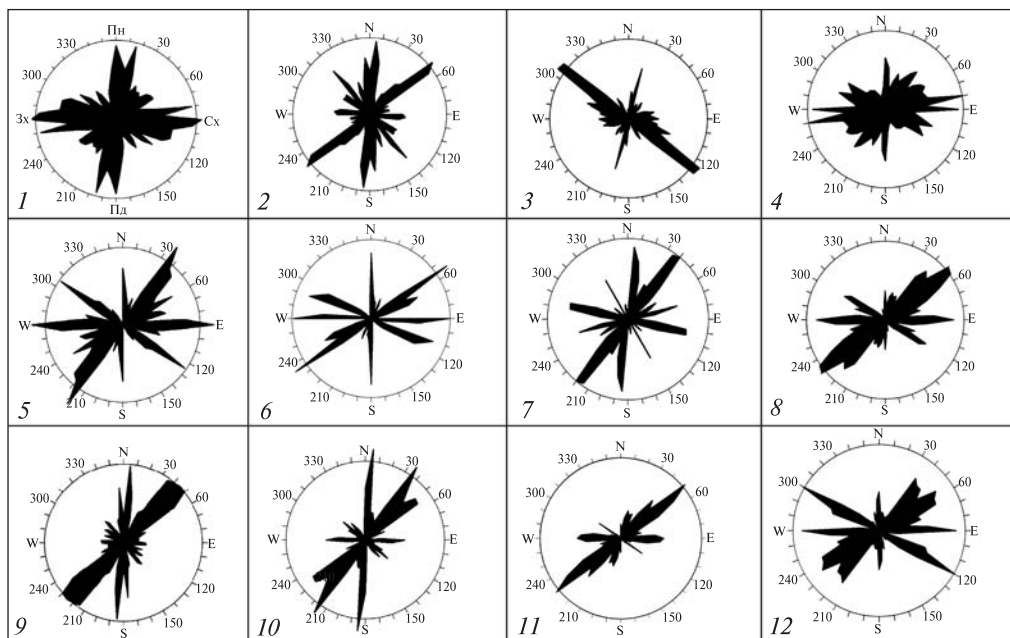


Рис. 3. Фрагменты сети линеаментов: а — поверхность суши Западной Африки; б — дно Тихого океана, район Австралии

*Google*, *GMOD* и *SRTM*. Определили положение более 7000 линеаментов в прямоугольных системах координат с обязательной корректировкой по площади участка и его географической широте. При этом установили, что для задач данного уровня количество замеров, превышающее 2000 для каждого участка и каждой решаемой задачи, существенно не влияет на форму и контрастность результирующих роз-диаграмм. Общие выводы по результатам двух этапов практически совпали, несмотря на различия используемых методик и качество базового материала. Розы-диаграммы всех континентов и отдельных стран (Испания, Великобритания, части Азии) чрезвычайно похожи. Они имеют ясно выраженные пики — лучи субширотного, субмеридионального, северо-восточного и северо-западного простирания (рис. 2). Примеры выделения линеаментов для последующего построения диаграмм приведены на рис. 3.

Иногда локально проявляются дополнительные системы разрывных нарушений, что, возможно, отражает появление вторичных сколов в условиях мало-сдвиговых дислокаций в жесткой земной коре. Важно отметить, что шаг разломов одного ранга одинаков для весьма значительных территорий. Это свидетельствует о постоянстве поля напряжений в литосфере во время формирования одномасштабных тектонолинеаментных систем и о достаточно коротком периоде их заложения. Интересно отметить, что во всех изученных районах существенные латеральные сдвиги в зонах пересечения равноразмерных дизъюнктивов практически отсутствуют. Если таковые закартированы, то они достоверно объясняются вертикальными смещениями соседних блоков по плоскостям косо-го (не вертикального!) сместителя.

**Линеаменты дна океанов** выявлялись на основе анализа карт ГУНИО, *GEBCO*, ресурсов *Google*, *GMOD* и *SRTM* (рис. 4) в сопоставлении с результатами непосредственных экспедиционных наблюдений. (Этап выделения линеаментов показан на рис. 3). Наибольшее количество оригинальной информации собрано в районах Атлантики: хребет Рейкьянес, Северо-Атлантический хребет (САХ), Южно-Азорский регион (горы Платона), море Ирмингера, Ньюфаундленд-



**Рис. 4.** Розы-диаграммы ориентировки тектонолинеаментов океанов: 1 — Тихий океан (NASA, GEBCO); 2 — Тихий океан, запад; 3 — Тихий океан, восток; 4 — Тихий океан (ГУНИО, NASA, GEBCO); 5 — Атлантический океан (ГУНИО, NASA, GEBCO); 6 — Атлантический океан, север\*; 7 — Атлантический океан, север (ГУНИО, NASA, GEBCO); 8 — Атлантический океан (Азоро-Гибралтарская зона) + Иберийский п-ов; 9 — Индийский океан (Google, NASA, GEBCO); 10 — Индийский океан (спутниковая съемка); 11 — Атлантический океан (Канарско-Гибралтарская зона); 12 — Иберийский п-ов. Звездочкой обозначены линеаменты больше 200 км

ская котловина, Угловое поднятие, горы Милн, Гаусс, Алтаир, Антиалтаир, хребты Азоро-Бискайского и Азоро-Гибралтарского региона. Детально изучены материалы экспедиций в районы поднятия Сьерра-Леоне, хребтов Вавилова и Китовый. В этих районах анализировали данные батиметрической съемки и результаты подводных наблюдений. В южной Атлантике по батиметрическим картам, схемам, промысловым описаниям и литературным данным изучен рельеф подводных гор районов поднятия Дискавери, котловины и поднятия Агульяс, поднятия Риу-Гранде, некоторых цепей подводных гор Бразильской котловины. В каждом изучаемом районе океана определены направленность основных форм рельефа (всех линейных форм): длинных осей подводных гор, протяженных скальных гряд и стен, трещин, зеркал скольжения, уступов террас. Выяснена генеральная ориентировка морфоструктуры, в пределах которой находится изучаемая подводная гора [9].

Уже на этапе первичной обработки материалов установили, что пространственная ориентировка мезо- и микрорельефа подводных гор фактически всех хребтов и поднятий дна океана не случайна и в основном соответствует линейным контурам структуры, в пределах которой они находятся. Этот факт хорошо согласуется с данными, полученными для континентов. Ориентировка отдельных гряд и линейных форм рельефа гор рифтогенного или горстово-блокового хребта обязательно наследует положение линеаментной сети самого сооружения, его ближайшего окружения и океана в целом.



Все протяженные глыбово-блоковые хребты севера, центра и юга восточной Атлантики (Азоро-Бискайский, Хорсшу, Гориндж, Лайон, Канарский, Сьерра-Леоне, Вавилова, Китовый, Дискавери, Агульяс) имеют явно выраженное северо-восточное простирание ( $40\text{--}65^\circ$ ). Разломы, их ограничивающие, свободно пересекают весь океан, включая зону Южноатлантического (ЮАХ) хребта, и без изменения направления выходят далеко вглубь прилегающего Африканского континента. Внутренние дизъюнктивные сети морфоструктур строго ориентированы в диагональном и ортогональном направлениях. На подводных горах названных хребтов подводными наблюдениями установлены системы разломов, зияющих трещин, сбросов, гряд и зеркал скольжения названных простираний, секущих известняковые шапки их обычно уплощенных вершин [11].

Сложный грядовый рельеф дна котловин Капской и Агульяс ориентирован в основном в диагональных направлениях. Линеаменты СВ  $60^\circ$  продолжают на континенте и пересекают южную Африку вплоть до берегов Индийского океана. Так ориентированы длинные оси хребта Агульяс, блокового поднятия Дискавери, хребта Шона, западной части Южноиндийского (Атлантическо-Индийского) хребта. Возвышенность Метеор, являясь линейным продолжением восточного сегмента Индо-Атлантического хребта, имеет, как и самая южная часть ЮАХ, северо-западное простирание (СЗ  $320^\circ$ ). Приведенные факты показывают, что диагональный структурный план характерен для всей Юго-Восточной и Центральной Атлантики. Ортогональные системы тектонолинеаментов отражают положение трансформных разломов и звеньев Срединно-Океанического хребта (СОХ).

Линеаментные сети Западной Атлантики также хорошо упорядочены и закономерно ориентированы. На севере района контуры Бафинова залива, Большой Ньюфаундлендской Банки, плато Орфан, Флемиш-Кап, банок шельфа Новой Англии, хребта аномалии Джи, Ньюфаундлендского хребта заложены по закономерно ориентированной разломной сети диагонального простирания. Так же ориентированы крупнейшие разломы береговой зоны Канады и США, включая выходящие далеко в океан (Кельвин, Большой Абако, Бафинова Земля, сам палеорифт Бафинова залива и внешний хребет плато Блейк). В Североамериканской котловине к западу от САХ располагается несколько обширных линейных, хорошо выраженных в рельефе положительных морфоструктур. Это, прежде всего, Бермудское поднятие, Угловое поднятие, горы Новой Англии, система гор Милн-Гаусс, Ньюфаундлендский хребет. Непосредственно к зоне САХ примыкает обширное Азорское плато. Их линеаментные системы ориентированы в северо-восточном, северо-западном и реже ортогональном направлениях. Наиболее детально, в том числе с помощью подводных аппаратов, изучены горы Гаусс, Углового поднятия и Азорского плато (горы Платона) [9, 11].

Юго-западная часть Атлантического океана построена также достаточно сложно, но закономерно. Система разломов восточной окраины Южной Америки имеет три основные ориентировки: 1) северо-западную, характерную для древнего фундамента Пампо-Патагонской плиты; 2) северо-восточную, свойственную структурам фундамента Гвианско-Бразильского щита и относительно молодым дислокациям всего восточного края континента (с последними связана вспышка тафрогенеза вельдской активизации); 3) широтную, связанную с динамикой развития трансконтинентальных (трансoкеанических, трансформ-

ных) разломов. Здесь находится несколько крупных горных сооружений. Например, наибольшее из них — блоково-вулканическое поднятие Риу-Гранде (более 1000 км в длину) — вплоть до миоцена было высокой горной сушей и вместе с хребтом Китовым составляло барьер для проникновения антарктических холодных вод в центральную Атлантику. В рельефе поднятия преобладают линеаменты северо-западного, северо-восточного и субмеридионального простираения. Крупная линеаментная зона северо-западного направления располагается вдоль оси западного блока поднятия, выходит на континент и прослеживается далеко в пределах предгорного прогиба Анд (это отчетливо проявленная сквозная структура).

Линеаменты всего четырех направлений полностью отражают разломный каркас обширной территории зоны СОХ [9], включающей его осевую зону и фланги САХ. Они хорошо сопоставимы с тектонолинеаментными сетями иных районов океана и находят свое продолжение в них. Важно отметить, что все сегменты СОХ находятся в зонах протяженных планетарных и трансконтинентальных структур и фактически заложены по ним. Ортогональность систем трансформный разлом — прилегающий участок СОХ контролируется субширотно-субмеридиональной фрактальной разломной сетью всей Атлантики в целом.

**Линеаменты дна Индийского океана** ориентированы столь же закономерно. Здесь в рамках стандартной практики использовался разномасштабный картографический материал и данные спутниковых наблюдений в сопоставлении с результатами морских экспедиционных работ.

При помощи батиметрических съемок, драгирования, серии погружений подводных аппаратов исследованы склоны и вершины гор хребта Экватор, рифтовой зоны Аравийско-Индийского хребта, гору Эррор, несколько гор ЗИХ, склоны хребта Чагос, банки Сая-де-Малья и Назарет. По литературным данным, промописаниям и батиметрическим схемам изучены хребты Броккен, Кергелен, Восточноиндийский.

Установлено, что повсеместно в макро-, микро- и мезорельефе фиксируются четыре главные системы линеаментов: субширотная (85—100°), субмеридиональная (350—10°), и две диагональных (северо-западная и северо-восточная). В отдельных районах выявили второстепенную систему линеаментов северо-восточного простираения (60°). Количество линеаментов других ориентировок незначительно. При всей сложности и мозаичности строения дна видна явная приуроченность ориентировки основных структур ложа Индийского океана к системе нарушений ограниченного числа направлений. Поскольку линеаменты одного направления (и всей сети) проявляются повсеместно на дне океана в рельефе структур разного возраста и генезиса, сеть должна быть весьма стабильной не только в пространстве, но и в геологическом времени. Важнейшими являются тектонолинеаменты меридионального и диагонального направлений, по ним заложены все основные структуры океана. Отличие Индийского океана состоит в том, что только здесь отдельные ветви рифтовых хребтов имеют диагональную ориентировку. При этом трансформные разломы Центральноиндийского хребта (ЦИХ) параллельны оси Западноиндийского хребта (ЗИХ). И наоборот — ось ЦИХ параллельна трансформным разломам ЗИХ. Становится ясным, что на каком-то этапе развития коры Океана один из трансформных разломов превратился в реальный рифтовый хребет. В последующем

трансформные разломы этого вновь образованного рифта в свою очередь приобретают все черты рифтогенальных структур (Галлиени, Мелвилл, Атлантис, Индомед, Принца Эдуарда), к тому же находящиеся на прямом продолжении Великого Африканского Рифта. Исходя из простейших геометрических построений, делаем вывод, что раздвигаться литосферным плитам в Индо-Африканском регионе просто некуда. Немаловажно, что трансформные разломы ЦИХ расположены под углом  $45^\circ$  к оси хребта, но так же, как и в Атлантике, согласно диагонально-ортогональной фрактальной тектонолинеаментной сети океана. Форма гор практически всех хребтов (Аравийско-Индийского, ЗИХ, Экватор, Восточноиндийского) [10] также формируется согласно закономерно ориентированной тектонолинеаментной сети. Например, вершинное плато (глубина 200 м) и терраса на глубине 400—420 м горы Центральная хребта Экватор, вырезанные в миоценовых известняках, представляют собой в плане почти правильный ромб с очень острыми углами. Разломы и трещины на плоских террасах повторяют форму граней этого ромба. Так же ориентированы разломы (с зеркалами скольжения) и сбросы базальтового цоколя подводных гор хребта. Аналогичную картину наблюдали на изученных горах ЗИХ.

Субширотные линеаменты имеют подчиненное значение как в макро-, так и в мезорельефе, однако хорошо прослеживаются в микрорельефе и ориентировке мелких разломов подводных гор, особенно асейсмичных блоков. Исключение составляют субширотные хребты Родригес, Западноавстралийский (Брокен) и некоторые структуры зоны разлома Диамантина, заложенные по разломам этих направлений. Широко ориентированные линеаменты местами развиты также в центральных блоках ЗИХ, где они подчеркивают блоковое строение отдельных гор и хребта в целом.

Эти же четыре главные направления линеаментных зон (как топо-, так и тектонолинеаментов) наиболее полно отражают структурный план окружающих Индийский океан континентов [10]. Изложенное еще раз подчеркивает справедливость предположения, что вся современная разломная сеть океана заложена согласно единому древнему структурному плану и не может быть связана с существенными латеральными перемещениями блоков земной коры

**Линеаменты Тихого океана** по пространственной ориентировке, строению и организации тектонолинеаментной сети мало отличаются от описанных выше. Здесь только более явно выражена система протяженных субширотных разломов [21]. Возможно, это объясняется несколько иным распределением геодинамических нагрузок в жесткой коре наиболее древнего океана Планеты. Однако в больших статистических выборках существенных различий в суммарных розах-диаграммах как отдельных районов, так и океана в целом, не обнаруживается. В основу изучения морфоструктур положены оригинальные материалы, собранные в пределах хребтов Наска, Сала-и-Гомес, Маркус-Некер, Магеллановых и Императорских гор, поднятии Шатского, внешних шельфах Японии, Вьетнама, Курильских островов и Камчатки. Данные существенно дополнены изучением объемной компилятивной базы, в том числе промысловых пособий и спутниковой информации.

Анализ собранного материала показывает, что основные линейные морфоструктуры дна Атлантического, Индийского и Тихого океанов ориентированы в сходном и весьма ограниченном числе направлений.

Явно доминирует ортогональная ( $350-10^\circ$ ,  $85-105^\circ$ ) и диагональная ( $35-45^\circ$ ,  $310-330^\circ$ ) направленность глобальной линеаментной сети. Местами проявлены второстепенные, но, вместе с тем, определяющие для конкретного региона, системы линеаментов, например,  $10-20^\circ$  (север хребта Рейкьянес) и  $55-65^\circ$  (Бискайско-Гибралтарская зона, котловина Капская и Агульяс). Очень важно отметить, что закономерно ориентированы структуры самого различного генезиса: фрагменты рифовых хребтов, блоковые и вулканические хребты, протяженные грабены (трог Кинга), палеорифтовые системы (рифт Бафинова залива), грядовый рельеф котловин и линейные края континентов.

### **Сквозные структуры**

При изучении Океана впечатляет линейность морфоструктур его дна и границ участков земной коры различного типа — микроконтинентов, асейсмичных блоковых хребтов и впадин. Эти границы в большинстве своем — составная часть протяженных, часто трансконтинентальных, глобальных структур — тектонолинеаментов надрегионального и планетарного масштаба. Такие протяженные линеаменты получили название «сквозных структур», они весьма слабо изучены в настоящее время [13]. Под термином сквозная структура мы понимаем линейную неоднородность земной коры и верхней мантии, хорошо прослеживаемую на значительные расстояния и свободно без изменения направления или какого-либо смещения пересекающую геологические границы разных рангов. Она может состоять из хребтов, грабенов, цепочек впадин, фрагментов явно выраженных разломов, в том числе глубинных, — любых структурных форм, отражающих латеральную неоднородность земной коры. Значение надрегиональных и планетарных сквозных структур велико. Само их существование указывает на единство геологических процессов, их образовавших. Они часто служат геологическими границами, разделяющими различные по строению и истории развития блоки земной коры. Сквозные структуры пересекают без изменения направления мегаблоки земной коры, континенты и океаны. Это означает, что они генетически не связаны с последними и формируются в иные отрезки времени. Они могут плавно или резко теряться в пересекаемых ими геологических объектах или морфоструктурах с тем, чтобы снова ясно проявиться в своем линейном продолжении.

Сквозным структурам, выраженным в виде протяженных линеаментных зон, принадлежит определяющая роль в формировании и развитии морфоструктуры океанического дна. Наиболее крупные сквозные структуры имеют планетарное значение, менее протяженные — надрегиональное и региональное [13].

Хрестоматийный пример планетарной Тихоокеанско-Атлантической сквозной структуры — линеамент, простирающийся от хребта Наска в северо-восточном направлении до западных берегов Ирландии и окраин Скандинавии.

Типичная сквозная структура, прослеживаемая в Тихом и Атлантическом океанах, секущая в районе экватора активную тихоокеанскую и пассивную атлантическую континентальные окраины Южной Америки и отчетливо проявленная на материке, — субширотный Амазонско-Гвинейский линеамент. В Тихом океане естественное продолжение зоны Амазонских разломов — глыбовый хребет Карнеги. Аналогично организована линеаментная зона хребет Сала-

и-Гомес — о-ва Тринидади и Мартин Вас — о-в Св. Елены, выходящая на территорию африканского континента в районе Луанды.

Хорошим примером сквозных структур могут быть: хребет Кокос — линеамент Северо-Восточной котловины — юго-восточная окраина Большой Ньюфаундлендской банки — хребет Рейкьянес; хребет Техуантепек — восточная континентальная окраина Северной Америки — восточная континентальная окраина Гренландии. Аналог линеамента Наска — уже упоминавшаяся трансконтинентальная зона, включающая в себя хребет Китовый и «Великую аномалию Буге», пересекающую всю Африку от мыса Фрио до ее северо-восточных окраин. Множество сквозных структур, без изменения направления пересекающих границу океан-континент, выявлено по спутниковым материалам у западных границ Северной Америки (хр. Хуан-де-Фука).

Типичная надрегиональная сквозная структура — это зона Персидско-Европейского линеамента северо-западного простирания, четко проявленная от Персидского залива до северной Европы (включая линеамент Тейсейра-Торнквиста — естественной границы между древней Восточноевропейской платформой и герцинидами Европы). Надрегиональный ранг характерен и для крупного Атлантическо-Кавказского линеамента, центральная часть которого соответствует Камерунско-Египетской зоне геодинамической активности (Ю.П. Видяпин, 2010). Начинаясь на склонах САХ в районе о-ва Св. Елены, линеамент определяет конфигурацию и очертание блоково-вулканического хребта Вавилова, пересекает Африку и продолжается далее Аграхан-Тбилиско-Левантийской зоной дислокаций, активной, как минимум, с ранней юры.

Важно отметить, что большинство сквозных структур имеют ярко выраженную диагональную и намного реже — ортогональную ориентировку и служат органическим продолжением и составной частью дизъюнктивных систем континентов и океанов.

Сквозные структуры в большинстве своем имеют явно древнее заложение и длительную геологическую историю. Они без видимых изменений направления, наследуя тектонолинеаментную сеть, пересекают крупные разновозрастные геологические объекты, в том числе океаны и континенты, включая докембрийские щиты, заставляя тем самым сомневаться в возможностях существенных перемещений литосферных плит и аргументируя единство и цельность разломной сети земной коры Планеты.

## **Обсуждение результатов**

Принципиальное сходство характеристик направленности линейных форм рельефа и разрывных нарушений континентов и океанов на фоне повсеместного развития сквозных структур заставляет сделать вывод о реальном существовании в тектоносфере единой планетарной тектонолинеаментной сети древнего заложения (Анохин, 2006; Ломакин, 2009) [1—5, 9—12, 20].

В многочисленных работах наших предшественников, известных геологов (Воронов, 1968; Шульц, 1973; Кац и др., 1986; Каттерфельд, 2000 и др.) [7, 8, 18] эта система получила название регматической (от слова «регма» — рана). Под регматической сетью авторы понимают регулярную систему тектонолинеаментов (дизъюнктивов вертикального заложения), направленных в основном вдоль

четырёх главных азимутов (субмеридионального, субширотного, северо-восточного и северо-западного), обладающую фрактальностью — повторением на различных масштабных уровнях, от общепланетного до локального, проявляющуюся на всей поверхности Земли [13]. С нашей точки зрения этот термин очень удачен и несёт в себе несколько важнейших аспектов формирования ансамблей дизъюнктивных нарушений и земной коры в целом. Прежде всего, следует признать, что линейная и весьма протяжённая трещина-рана может образоваться только на достаточно жестком субстрате — вполне сформированном участке литосферы. И даже при некотором изменении направления геодинамических нагрузок в жестком каркасе смежных блоков основное разломообразование в последующих этапах тектонического оживления будет тяготеть к этой первичной трещине-ране. Регулярность систем разломов, одинаково ориентированных на разном масштабном уровне, указывает на постоянство векторов динамических нагрузок, их образовавших. Такие напряжения могут создавать только глобальные, планетарные, космогенные факторы, прежде всего — изменение скорости вращения Земли (Ю.Л. Ребецкий, 2015). Само наличие ансамблей сквозных структур, пересекающих океаны, континенты и друг друга, указывает на то, что океаны образовывались *in situ* путем деструкции и прогибания участков некогда единой жесткой протокры Планеты. Сквозные структуры, как и их часть — регулярные разломные сети, безусловно уже существовали до образования современных океанов, во время их формирования и активно продолжают развиваться в настоящее время.

Важно отметить, что уже в глубоком докембрии в пределах щитов Европейской платформы были сформированы регулярные разломные зоны, которые сегодня являются фрагментами протяжённых сквозных структур. Для Украинского щита это, например, субмеридиональные зоны Николаевского, Одесского, Кировоградского глубинных разломов. Тектоническая активность вдоль этих структур не затухает вплоть до голоцена включительно. В этих зонах уже в палеопротерозое существовал платформенный режим с соответствующим набором осадочных фаций [14]. Такие примеры можно привести для каждого щита каждого континента Планеты. Это означает, что планетарные фрактальные регматические сети были во многом сформированы в докембрии и стали канвой развития подавляющего большинства последующих тектонических процессов.

Существует мнение, что диагональные сети начали более активно развиваться в мезозое, в связи с существенным изменением скорости вращения Земли, сопровождаемым перераспределением глобальных геодинамических нагрузок в литосфере. Мезозой стал эрой начала формирования современного глобального лика Земли. Главенствующую роль уже начинают играть процессы деструкции, обусловившие разламывание и взаимное перемещение отдельных участков, фрагментов и блоков этой коры. Собственно говоря, это и есть время начала образования впадин современных океанов [11].

Факт существования единой глобальной регматической тектонолинеamentной сети Планеты можно эффективно использовать при исследовании малоизученных районов суши и акваторий, проектируя в них продолжение известных геоструктур. Например, сегодня не существует общепринятой тектонической схемы дна Черного моря — необходимой прогнозной базы поиска залежей углеводородов и других полезных ископаемых в регионе. Для ее создания

можно с успехом применить особенности геологического строения Балкан, Добруджи, Крыма, Кавказа, Понтида, историю развития системы субмеридиональных и диагональных разломов (в том числе глубинных) северного Причерноморья, имеющих явное продолжение в Анатолии [15]. На спутниковых снимках четко видны, например, субпараллельные группы разломов северо-восточного простирания, пересекающие восточную часть впадины моря. Анализ материалов космической съемки однозначно указывает на общность тектонолинеаментных сетей всего Черноморского региона, включая центральную и южную Турцию. Стационарность этих систем подчеркивается наличием трансчерноморских линейных структур (Тейсейра-Торнквиста, вал Андрусова), что существенно затрудняет применение мобилистических конструкций для пояснения геологической ситуации в регионе.

### **Выводы**

1. Проведенные исследования подтверждают факт пространственной ориентировки подавляющего большинства линейных морфо- и геоструктур Земли в весьма ограниченном числе направлений: субширотном, субмеридиональном, северо-восточном и северо-западном.

2. Тектонолинеаментные сети континентов и океанов имеют одинаковую азимутальную ориентировку и служат естественным продолжением друг друга. Наличие трансрегиональных и глобальных сквозных структур, одной линией пересекающих континенты и океаны, указывает на тектоническое единство земной коры Планеты в целом. Фактически на Земле, на континентах и в океанах развита единая закономерно ориентированная в пространстве регматическая тектонолинеаментная сеть древнего заложения, образованная на ранних этапах формирования жесткой земной коры под влиянием космических, ротационных факторов.

3. Фрагменты планетарной регматической сети — канва развития подавляющего большинства морфо- и геоструктур Планеты, как глобальных, так и локальных. Обычно они проявляются в литосфере в виде разномасштабных топо- и тектонолинеаментов — глубинных и коровых разломов, горных хребтов, авлакогенов, грабенов.

4. Впадины современных океанов и основные структуры их дна, как и океанические и континентальные рифты, были заложены на уже сформированной жесткой гетерогенной земной коре согласно планетарной регматической сети, которая стала своеобразной канвой развития морфоструктур континентов и дна океанов.

Приведенные положения, выстраиваясь в логическую цепь, намечают общую картину истории развития литосферы Земли, в которой важная роль отведена разломам и блоковым, преимущественно вертикальным, тектоническим движениям. Рассмотренные новые данные морской и космической геологии служат существенными аргументами в поддержку позиции многих известных геологов (от классиков до современных), отрицающих «принципиальные различия в строении океанической и континентальной земной коры Планеты» (Шатский, 1964) [19].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анохин В.М. Глобальная дизъюнктивная сеть Земли: строение, происхождение и геологическое значение. СПб: Недра, 2006. 161 с.
2. Анохин В.М. Разрывные нарушения Баренцева моря. СПб: СПГГИ (ТУ), 1998. С. 56—59.
3. Анохин В.М. Строение планетарной линеаментной сети. LAP LAMBERT Academic Publishing, GmbH & Co. KG. Saarbrücken, Germany, 2011. 247 с.
4. Анохин В.М., Маслов Л.А. Опыт изучения закономерностей направленности и протяженности линеаментов и разломов в регионах. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. 2015. 25. № 1. С. 231—242.
5. Анохин В.М., Одесский И.А. Характеристики глобальной сети планетарной трещиноватости. *Геотектоника*. 2001. № 5. С 3—9.
6. Воронов П.С. Очерки о закономерностях морфометрии глобального рельефа Земли. Л.: Наука, 1968. 122 с.
7. Каттерфельд Г.Н. Планетарная трещиноватость и линеаменты Земли, Венеры, Марса, Меркурия и Луны. СПб: ИАР, 2000. 204 с.
8. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линеаментной тектоники. М.: Недра, 1986. 144 с.
9. Ломакин И.Э. Линеаменты дна Атлантического океана. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2012. № 2. С. 5—24.
10. Ломакин И.Э. Линеаменты дна Индийского океана. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2009. № 1 С. 5—14
11. Ломакин И.Э. Террасы подводных гор и тектоника дна Мирового Океана. LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, 2014. 103 с.
12. Ломакин И.Э., Иванов В.Е., Кочелаб В.В. Линеаменты дна океанов и сквозные структуры. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2011. № 4. С. 30—46.
13. Мирлин Е.Г. Фрактальное структурообразование на различных стадиях формирования океанской литосферы: предпосылки, примеры, проблемы. *Океанология*, 2006. 46. №1. С. 133—144.
14. Покалюк В.В. Вулканізм і седиментогенез ранньодокембрійських етапів розвитку Криворізько-Кременчуцької структурно-формаційної зони Українського щита: автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Київ, 2016. 39 с.
15. Чекунов А.В. Структура земной коры и тектоника юга европейской части СССР. К.: Наук. думка, 1972. 176 с.
16. Шафранская Н.В. Методики построения и использования диаграмм в структурно-парагенетическом анализе (на примере вала Андрусова Черноморской впадины). *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2008. №2. С. 140—150.
17. Шафранська Н.В. Алгоритм побудови кругових структурних діаграм, реалізований у середовищі ГІС. *Геоінформатика*. 2011. №1. С. 80—83.
18. Шульц С.С. Планетарная трещиноватость (основные положения). — Планетарная трещиноватость. Л.: Изд-во Ленинград. унив., 1973. С. 5—37.
19. Шатский Н.С. Избранные труды. Т. 2. М.: Наука, 1964. 720 с.
20. Anokhin V.M., Maslov L.A. [2006], The Earth's decelerated rotation and regularities in orientation of its surface lineaments and faults. *Earth and Space Sciences*. Elsevier. February. 54/2. pp. 216—218.
21. Smoot N. Christian, 1999. Orthogonal intersections of megatrends in the Western Pacific ocean basin: a case study of the Mid-Pacific mountains. *Geomorphology*, 1999. № 30. pp. 323—356.

Статья поступила 15.06.2016



*І.Е. Ломакін, В.М. Анохін, В.В. Кочелаб,  
В.В. Покалюк, Н.В. Шафранська, І.М. Шураєв*

#### ТЕКТОНОЛІНЕАМЕНТИ ТА ДЕЯКІ ПИТАННЯ ГЕОТЕКТОНІКИ

Просторові орієнтування лінеаментних систем океанів і континентів співпадають. Різномасштабні лінійні топо- та геоструктури Землі орієнтовані в обмеженій кількості напрямків відповідно до єдиної глобальної регматогенної лінеаментної мережі стародавнього закладення. Протяжні форми мезо- і мікрорельєфу локальних територій суші і підводних гір Океану успадковують просторову орієнтацію лінеаментної мережі структури, в межах якої вони містяться. Багато протяжних тектонолінеаментів (наскрізні структури) без зміни напрямку перетинають континенти й океани. Система океанічних рифтів неоднорідна, гетерогенна і має явно накладений характер. Лінеаменти та їхні системи виявляють на земній поверхні глибинний структурний каркас літосфери, «утворюють правильну геометричну сітку, яка є первинною особливістю земної кори» (Білоусов В.В., 1989). Основні процеси формування земної кори в межах океанів і континентів можуть бути вичерпно пояснені з позицій основних положень концепції розломно-блокової будови тектоносфери Планети.

**Ключові слова:** *лінеаменти, глобальна лінеаментна мережа, наскрізні структури.*

*I.E. Lomakin, V.M. Anokhin, V.V. Kochelab,  
V.V. Pokalyuk, N.V. Shafranskaya, I.N. Shuraev*

#### TECTONOLINEAMENTS AND SOME GEOTECTONIC PROBLEMS

Multiple linear structures (lineaments) on the surface of the continents and the ocean floor, and their fragments have limited directs in number. The most important of them are sublatitudinal, submeridional, diagonal NW and diagonal NE. Orientation of the lineament systems for oceans and continents is unchanged. Many long linear objects of the ocean floor sweep to continents and cross them without change own direction. All these facts indicate the existence in the earth's crust a regular system of global lineaments — depth and ancient regmatic network. Basic processes in the Earth's crust (continental and oceanic) may be exhaustively explained by concept of fault-block structure of the Earth's lithosphere.

**Key words:** *lineaments, global lineament network, transverse structures.*