

УДК 910 : 911

© В. М. АНОХИН

ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАПРАВЛЕННОСТИ ЛИНЕЙНЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА ЗЕМЛИ

Введение. Выявление закономерностей планового расположения различных форм рельефа представляет не только научный, но и практический интерес. Среди факторов образования месторождений многих видов полезных ископаемых часто существенную роль играет геоморфологический фактор, в том числе рисунок линейных морфоструктур. Если учесть, что положение многих линейных форм рельефа контролируется тектоническими разломами, становится очевидной возможность связи локализации месторождений эндогенных полезных ископаемых и экстремальных природных явлений в соответствии с расположением линейных форм рельефа.

Таким образом, изучение закономерностей расположения различных форм рельефа, в том числе протяженных в плане, является задачей важной и актуальной, решением которой занимались многие исследователи на протяжении всей истории существования наук о Земле. В 1901—1911 гг. У. Хоббсом были заложены основы современных представлений о систематичных сетях линейных структур, сформулированы многие положения современной концепции линеаментных сетей:

- связь линейных элементов рельефа с разрывными нарушениями;
- наличие упорядоченности в рисунке речных долин и объяснение этого факта связью речной сети с сетью пересекающихся разломов; ориентировка главных систем трещин по четырем направлениям: С—Ю, В—З, СВ—ЮЗ, СЗ—ЮВ;
- предположение о глобальном масштабе сетей первичной трещиноватости;
- ввод нового термина «линеамент», который есть «не более чем прямолинейный объект Земли».

За прошедшие с тех пор 100 лет все эти положения были подтверждены многочисленными исследованиями, в том числе на планетарном уровне, разработаны концепции регмагенеза (Зондер) и планетарной трещиноватости (Умбгрове, Шульц, Воронов, Каттерфельд и др. [4–6]). Отдали дань изучению сетей линеаментов и их связей с разрывными нарушениями В. В. Белоусов, В. Е. Хаин; дальнейшее развитие данному направлению дали Г. В. Чарушин, И. И. Чебаненко, Т. В. Николаева, Р. И. Баева, З. А. Сваричевская, А. И. Полетаев и мн. др.

В настоящее время большинством исследователей признается, что линейные морфоструктуры поверхности Земли образуют конечное число главных систем направлений: субширотную, субмеридиональную и несколько диагональных, распространенных по крайней мере на всей суше.

Автора заинтересовал вопрос о направленности линейных морфоструктур дна океанов и существовании или отсутствии там тех же закономерностей направленности. Кроме того, интересно было бы сопоставить главные системы направлений различных форм рельефа, а также разрывных нарушений. В настоящей статье представлены результаты изучения направлений различных линейных морфоструктур и разрывных нарушений на суше и на дне океанов.

Методика. В качестве картографической основы были использованы следующие материалы:

- Карта мира в меркаторской проекции масштаба 1 : 10 000 000 (Карта мира..., 1970);
- Карта коренного рельефа Антарктиды масштаба 1 : 10 000 000 (Короткевич и др., 1975);
- Карта Северного полушария масштаба 1 : 25 000 000 (Карта Северного полушария..., 1978);
- Карта рельефа дна Мирового океана в меркаторской проекции масштаба 1 : 25 000 000 (Рельеф дна..., 1980);
- Тектоническая карта мира масштаба 1 : 45 000 000 (Тектоническая карта..., 1982);
- Металлогеническая карта Мирового океана масштаба 1 : 15 000 000 (Металлогеническая карта..., 2000);
- Геологическая карта мира масштаба 1 : 15 000 000 (Геологическая карта мира, 2000);
- Картографические материалы на основании космических данных с сайтов <http://srtm.csi.cgiar.org>; ftp://torex.ucsd.edu/pub/srtm30_plus; srtm.csi.cgiar.org.

Методические приемы сводились к массовым замерам азимутов простирания линейных элементов рельефа на географической карте мира, разрывных нарушений — на тектонической карте мира в пределах широтных поясов по 2°. Длина одного измераемого элементарного отрезка колебалась от 1 до 2 широтных градуса, составляя в среднем 165 км. Линейные объекты, чья длина менее 100 км, игнорировались. Раздельно замерялись азимуты простирания форм рельефа на суше — береговой линии, гидросети и хребтов; в океанах — бровка континентального склона, океанические желобы, океанические хребты, осевые структуры срединно-океанических хребтов СОХ, структуры, связанные с трансформной системой СОХ [1, 3].

Число замеров азимутов форм рельефа составило по суше 4623, по океанам — 6034; общее число замеров азимутов разрывных нарушений — 6363. Данные сводились в двумерные матрицы, на основании которых были построены розы-диаграммы.

Результаты исследования. Общая направленность линейных форм рельефа по суше представлена в розе-диаграмме на рис. 1, а. При всей ее распыленности на ней можно увидеть выделяющиеся лучи преобладающих систем направленности. Эти системы имеют субмеридиональное (азимут 0—10°), субширотное (азимут 80—90°) направления при наличии более коротких, менее явных, но заметных 2 диагональных (СВ и СЗ) систем в диапазоне углов 30—60 и 120—150°.

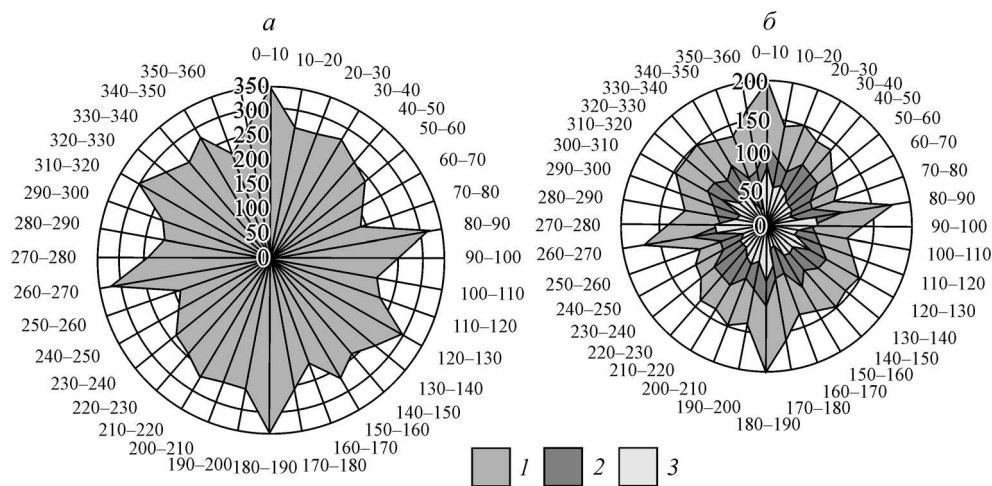


Рис. 1. Розы-диаграммы направлений линейных форм рельефа континентов Земли.

а — суммарная для всех типов рельефа, б — сопоставление различных форм рельефа.

На круговых шкалах — направления лимба, град.; на радиальных — количество замеров в среднем по 165 км.

1 — реки, 2 — береговая линия, 3 — хребты.

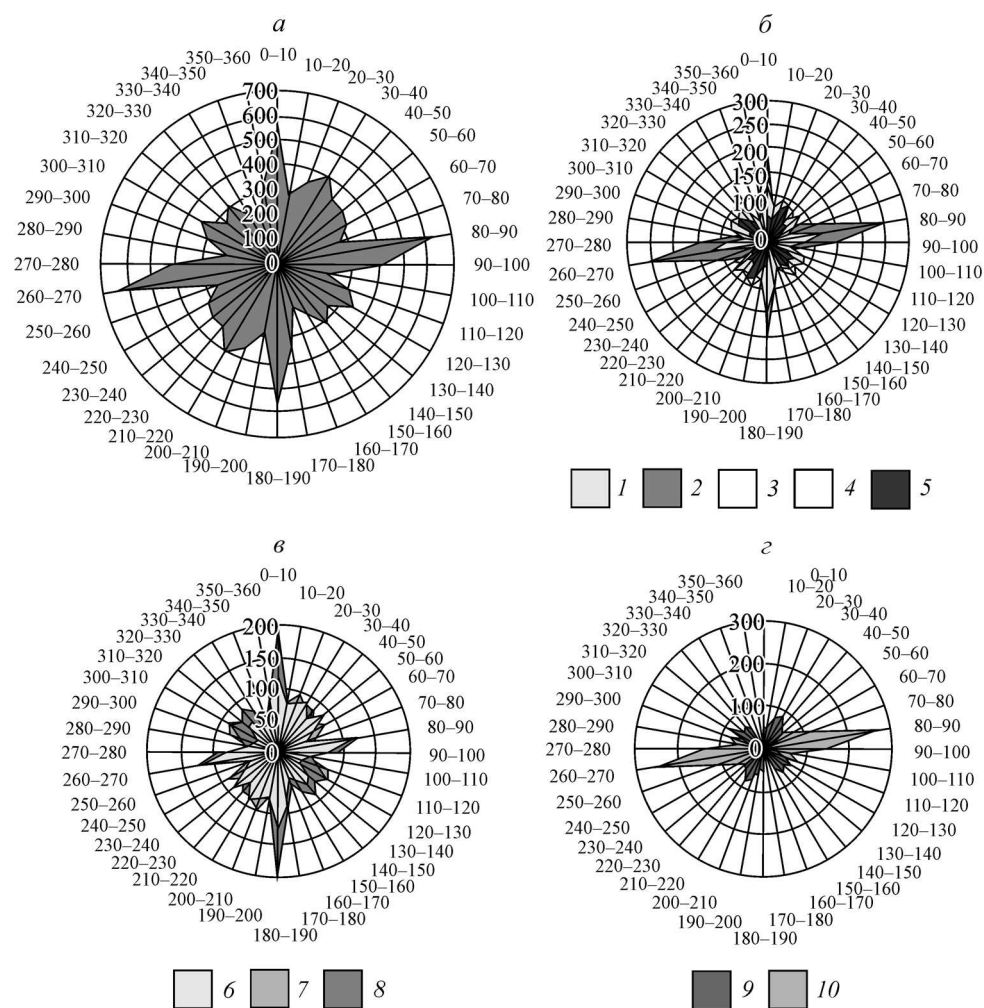


Рис. 2. Розы-диаграммы направлений линейных форм рельефа дна океанов Земли.

a — суммарная для всех типов рельефа океанического дна; *б* — сопоставление всех океанических типов рельефа: 1 — хребты, 2 — трансформы, 3 — желоба, 4 — конт. склоны, 5 — срединно-океанические хребты; *в* — сопоставление направлений бровок континентальных склонов (6), желобов (7), асеймичных хребтов (8); *г* — сопоставление направлений структур СОХ (9) и трансформов (10).

На круговых шкалах — направления лимба, град.; на радиальных — количество замеров в среднем по 165 км.

На рис. 1, б представлена структура суммарной розы-диаграммы в виде трех сопоставленных роз-диаграмм, соответствующих трем разным типам рельефа. Из их сопоставления видно, что три основных типа рельефа суши Земли имеют практически сходные характеристики направленности: у всех трех имеются субмеридиональная, субширотная и две диагональные системы, причем с практически полным совпадением лучей, характеризующих разные формы рельефа как по направлениям, так и по относительным длинам.

Далее была построена сводная роза-диаграмма линеаментов по океанам (рис. 2, а). В ней присутствуют хорошо выраженные субмеридиональная, субширотная и две диагональные системы, с направлениями соответственно 0—10, 80—90, 30—60 и 120—150°. Направления главных систем те же, что и на суше, но значительно лучше выраженные. Объясняется это, по-видимому, тем, что на суше воздействие на рельеф экзогенных процессов гораздо интенсивнее, чем на дне морей и океанов. Береговая линия

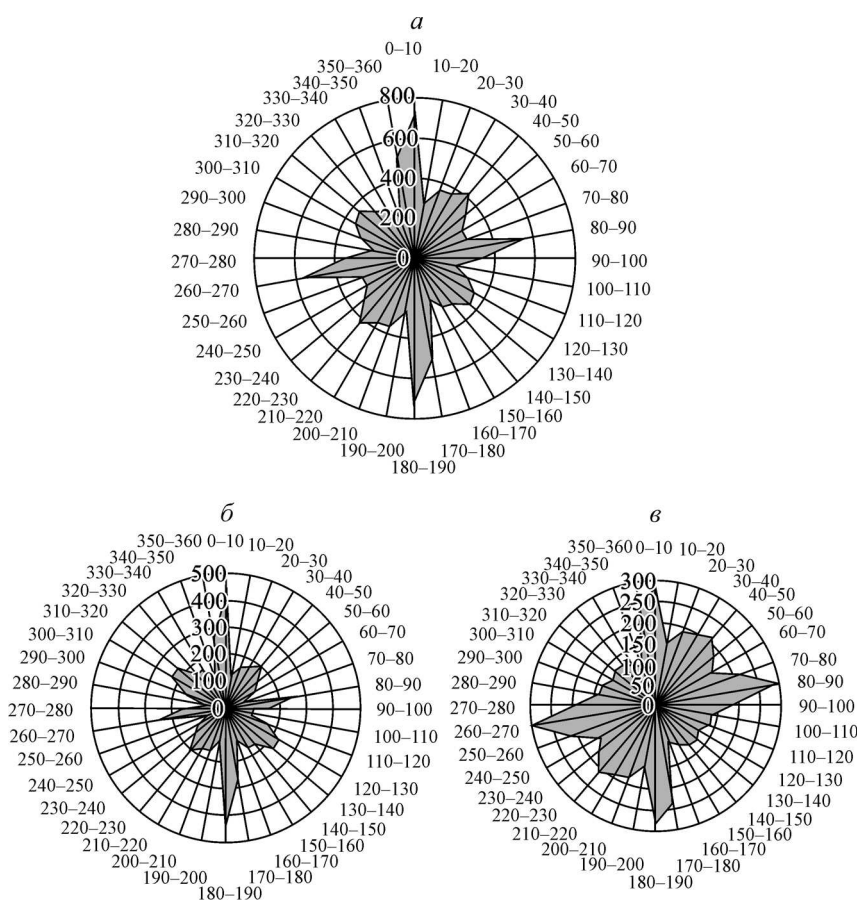


Рис. 3. Розы-диаграммы направлений разрывных нарушений Земли.

a — суммарная, *б* — по суше, *в* — по дну океанов.

На круговых шкалах — направления лимба, град.; на радиальных — количество замеров в среднем по 165 км.

все время меняет свою конфигурацию, направления рек также бывают изменчивы; кроме того, исказить закономерности направленности линейных форм рельефа могут попадающие в круг измерений элементы кольцевых и вихревых структур, также выражающиеся в формах рельефа.

На рис. 2, *б—г* сопоставлены розы-диаграммы направлений различных линейных форм рельефа дна океанов и морей, разделенные по типам.

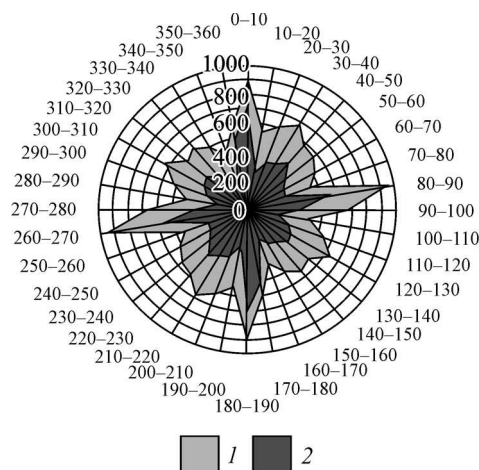
Как видно из рис. 2, *б*, различные формы рельефа океанического дна так же, как и на суше, подчиняются тем же закономерностям направленности — 4 главным системам. Но есть и некоторые особенности. Если в направленности континентальных склонов, желобов и асейсмичных хребтов видны все 4 главные системы, развитые примерно так же, как и на розах-диаграммах суши (рис. 2, *в*), то направленность срединно-океанических хребтов (СОХ) и трансформов подчинена лишь 1—2 системам из тех же четырех. СОХ формируют только две диагональные системы при почти полной подавленности прочих, трансформы в основном тяготеют к субширотной системе (рис. 2, *г*).

Этот факт свидетельствует, по-видимому, о серьезном отличии природы системы срединно-океанических хребтов и связанной с ней системы трансформных разломов от природы прочих линейных форм рельефа земной поверхности.

Направленность разрывных нарушений Земли показана на трех розах-диаграммах на рис. 3, *а—в*. Из них видно, что и разрывы земной коры подчинены тем же 4 главным

Рис. 4. Сопоставление общей направленности линейных форм рельефа и разрывных нарушений Земли.

На круговой шкале — направления лимба, град.; на радиальной — количество замеров в среднем по 165 км. 1 — линейные формы рельефа, 2 — разрывные нарушения.



системам направлений, что и линейные формы рельефа поверхности — 0—10, 80—90, 30—60 и 120—150°.

Направленность разрывов в океанах показывает большее развитие диагональной СВ системы и подавленность диагональной СЗ системы; на суше картина близка к обратной. При всех этих различиях тяготение разрывов к четырем главным направлениям, таким же, как и у форм рельефа, очевидно.

Сходство главных систем направленности линейных форм рельефа Земли и ее разрывных нарушений (рис. 4) приводит к выводу о существовании единой вещественной основы для всех линейных форм рельефа и разрывных нарушений Земли. По-видимому, в земной коре существует единая регулярная линеamentная сеть планетарного масштаба, закономерностям которой подчинена основная масса линейных форм рельефа и разрывных нарушений. Ниже приведены некоторые очевидные особенности строения этой сети (рис. 4).

1. Существование конечного числа систем линеаментов:
 - субмеридиональной (азимут 0—10°);
 - субширотной (азимут 80—90°);
 - диагональной северо-восточной (азимут 30—60°);
 - диагональной юго-восточной (азимут 120—150°).
2. Ориентировка всех систем линеаментов симметрично относительно меридиана и экватора.
3. Преобладание ортогональной системы над диагональными.
4. Широкий угловой разброс диагональных систем.
5. Чередование главных систем через 45° по азимуту, прямые углы между субширотной и субмеридиональными системами; между диагональными системами.
6. Постоянное устойчивое отклонение субширотной системы в пределах 10° против часовой стрелки.

Проявленность четырех главных направлений планетарной линеamentной сети доказывается многими исследованиями регионального масштаба [2].

Заключение. В результате настоящего исследования выявлена значимость четырех главных направлений линеamentной сети (у других авторов — планетарной трещиноватости, регматической решетки) не только для суши Земли, что было сделано ранее многими исследователями, но и для дна океанов, что позволяет обоснованно утверждать существование линеamentной сети общепланетарного масштаба.

Кроме того, выявлено тяготение к этим четырем направлениям всех типов форм рельефа, а также разрывных нарушений Земли.

Список литературы

- [1] Анохин В. М. Глобальная дизъюнктивная сеть Земли: строение, происхождение и геологическое значение. СПб.: Недра, 2006. 161 с.
- [2] Анохин В. М. Закономерности структурного плана района Магеллановых гор (Тихий океан) // Изв. РГО. 2009. Т. 141. Вып. 1. С. 33—44.
- [3] Анохин В. М., Одесский И. А. Характеристики глобальной сети планетарной трещиноватости // Геотектоника. 2001. № 5. С. 3—9.

- [4] Воронов П. С. Очерки о закономерностях морфометрии глобального рельефа Земли. Л.: Наука, 1968. 122 с.
- [5] Шульц С. С. Планетарная трещиноватость (основные положения) // Планетарная трещиноватость. Л.: Изд-во ЛГУ, 1973. С. 5—37.
- [6] Каттерфельд Г. Н. Планетарная трещиноватость и линейные элементы Земли, Венеры, Марса, Меркурия и Луны. СПб., Изд-во Междунар. фонда истории науки, 2000. 203 с.

Санкт-Петербург
Vladanokhin@yandex.ru

Поступило в редакцию
19 октября 2011 г.

Изв. РГО. 2011. Т. 143. Вып. 6

© И. Н. ДАВИДАН, Ю. П. КЛЕВАНЦОВ, В. А. РОЖКОВ, К. Г. СМЕРНОВ, Д. М. СМЕРНОВА

СИНОПТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ПОЛЕЙ ВЕТРА И ВОЛНЕНИЯ В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ

Остались в далеком прошлом оценки скорости ветра по состоянию поверхности моря (шкала Бофорта) и визуальные определения высот и периодов волн. Но даже такие данные удалось обобщить в виде справочника [1]. Прошли даже те времена, когда были поставлены инструментальные измерения скорости ветра и возвышений поверхности моря в фиксированных точках. Они послужили основой для исследования ветра и волн на промежутке «квазистационарности», в частности для получения аппроксимативных выражений совместного распределения высот и периодов волн, а также для сопоставления визуальных оценок высот и периодов волн с обработкой инструментальных измерений [1, 2].

Промежуток квазистационарности. Реальное ветровое волнение является нестационарным и неоднородным вероятностным процессом, однако при анализе экспериментальных данных для упрощения расчетов вероятностных характеристик допускаются стационарность и однородность волнового поля в пределах определенного промежутка времени и участка пространства.

В работе [2] показано, что волновое поле на отрезке времени 20 мин и участке поверхности моря порядка 10 км может удовлетворять условиям стационарности и однородности.

При этих допущениях распределения вероятностей значений высот h и периодов волн τ аппроксимируются законом

$$F(x) = P\{\zeta \geq x\} = \exp \left[-A \left(\frac{x}{\bar{x}} \right)^k \right], \quad (1)$$

где $\bar{x}$ — среднее значение, A и k — параметры.

Высоты волн подчинены закону Релея ($A = 0.785$, $k = 2$), периоды волн — закону Вейбулла (при $A = 0.712$, $k = 3$).

В иностранных работах, наряду с квантилями распределения высот волн, довольно часто используется понятие «значительная» (significant) высота (h_s), интерпретируемая как среднее значение $1/3$ наиболее высоких волн. Из (1) следует, что $h_s = 1.6h$. По данным Финского института мореведения в северной части моря 22.12.2004 г. при $h_s = 7.7$ м зарегистрирована волна высотой $h = 14$ м. В декабре 1999 г. дважды сделаны записи волн при $h_s = 7.4$ м, в январе 1984 г. — при $h_s = 7.7$ м. В Финском заливе около Хель-