

Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft.
Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Actes de la Société
Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative
= Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

Band: 147 (1967)

Artikel: Problèmes de la structure des profondeurs et l'évolution de la terre

Autor: Belousov, V.V.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-90666>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 07.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Problèmes de la structure des profondeurs et l'évolution de la terre

V. V. BELOUSSOV (Moscou)

Chaque année sur le globe terrestre se produisent en moyenne 20 forts tremblements de terre dont un catastrophique. Au cours des dernières 100 années, les séismes ont fait plus d'un demi-million de victimes humaines.

Les séismes seraient bien moins dangereux si l'on avait la possibilité de les prévoir. A l'heure actuelle on ne possède que les moyens d'établir avec plus ou moins d'exactitude le lieu et la force maximum des séismes qui peuvent se produire ici ou là, mais nous ignorons le moment où ils se déclencheront. La cause de notre incapacité de prévoir le moment où se produira le tremblement de terre réside dans notre connaissance très limitée de la nature des processus profonds qui provoquent les mouvements de l'écorce terrestre.

A la surface de la Terre se produisent des éruptions volcaniques. Les statistiques montrent que dans l'ensemble elles sont moins dangereuses pour l'humanité que les séismes, mais parfois elles aussi provoquent de grandes catastrophes, surtout si un volcan qui pendant longtemps (pendant des siècles parfois) était considéré comme définitivement éteint, entre soudain en activité. Il en fut ainsi pour le Vésuve, dans l'année 79 de notre ère, lorsque furent enterrées sous les cendres Pompéi, Herculanium et Stabies.

Inattendue fut l'éruption du Mont-Pelée dans la Martinique, en 1902, lorsque les gaz ardents anéantirent la ville de Saint-Pierre faisant 30000 victimes.

Dans ces cas également la possibilité de prédire d'avance l'imminence de l'éruption aurait permis d'éviter les victimes humaines. Bien que certains progrès aient été enregistrés dans ce domaine au cours des dernières années, nous nous heurtons néanmoins à des difficultés provoquées par nos connaissances limitées des processus qui se produisent au sein de la Terre.

Il existe certains phénomènes géologiques qui, sans avoir un caractère aussi catastrophique, n'en causent pas moins des désagréments à l'homme. On sait que les habitants des côtes des Pays-Bas mènent depuis des siècles une lutte opiniâtre contre la mer qui envahit le littoral, et érigent à ces fins des jetées qu'ils exhausent toujours davantage. La cause de l'offensive des flots contre la terre ferme réside dans l'affaissement lent, qui se mesure annuellement par des millimètres de l'écorce terrestre. Tandis que non loin de là, en Scandinavie, celle-ci, au contraire, se soulève provoquant

l'assèchement lent des ports et des détroits. Ainsi, au cours des siècles derniers, certains ports conçus à l'époque pour le mouillage de gros navires, se sont ensablés au point que seul de petites embarcations peuvent y accoster. Etant donné que les ouvrages portuaires modernes sont conçus pour une longue durée, il serait important de pouvoir prévoir dans quelle mesure la profondeur des eaux à leur proximité pourrait se modifier par la suite. Mais pour cela, aussi nos connaissances du caractère et de l'orientation des processus profonds qui provoquent l'affaissement et le soulèvement de l'écorce terrestre sont insuffisantes.

Mais les affaissements et les soulèvements lents de l'écorce terrestre ne se produisent pas seulement sur les côtes, mais également à l'intérieur des continents, où ils influent sur le régime des ouvrages et des systèmes d'irrigation. Car, avec le temps, même les courants des fleuves et des canaux peuvent changer de direction si à la suite des mouvements inégaux de l'écorce terrestre l'inclinaison de la surface terrestre se modifie. Cela aussi, il faudrait pouvoir le prévoir.

A beaucoup de fins géologiques, il importe beaucoup de connaître les causes et les lois des mouvements de l'écorce terrestre et de la montée à la surface du magma liquide qui se produisaient non seulement à des époques historiques, mais bien avant, au cours des ères géologiques dont la durée se calcule par des dizaines et des centaines de millions d'années. Car des déformations de l'écorce terrestre et des processus magmatiques dépend la répartition dans le sol des gîtes minéraux. Le pétrole et le gaz se concentrent dans les voûtes des coupes formées par le soulèvement des couches de l'écorce. Les minéraux se cristallisent à partir des solutions qui circulent dans les fissures des roches, fissures qui se forment à la suite des contraintes provoquées par la contraction ou la tension au sein de l'écorce terrestre. Les minerais se forment également sous l'action du magma ou à la suite du métamorphisme des roches, c'est-à-dire de leur recristallisation sous l'influence de hautes températures et des pressions.

Donc, pour pouvoir pronostiquer exactement les endroits où gisent les minéraux utiles il faut avoir des notions sur les causes et les conditions de la formation des montagnes, des plissements, des failles, ainsi que de la montée du magma de différentes compositions et du métamorphisme des roches.

Nous voyons ainsi que pour faire face aux nombreux problèmes pratiques il serait très important d'étendre nos connaissances des processus qui se produisent dans les entrailles de la Terre et qui, en surface, se manifestent par des mouvements de l'écorce terrestre, par ses déformations et ses ruptures, par la montée du magma et le métamorphisme des roches. Inutile de souligner que la connaissance de ces processus a également une immense portée théorique et scientifique. Or, force nous est de constater que pour le moment nos connaissances dans ce domaine sont très limitées. Il existe actuellement une série d'hypothèses quant aux processus profonds, hypothèses étayées par tels ou tels arguments, mais il n'existe pas encore de théorie authentique, unique sur ces processus.

Il est clair aujourd'hui que les causes des différents processus endogéniques résident à des profondeurs différentes. Certains petits soulèvements et affaissements de l'écorce terrestre, qui n'affectent que des surfaces peu étendues, mesurant quelques kilomètres, et les déformations de roches tout aussi localisées, ayant l'aspect de plissements peu importants ou de ruptures locales peu profondes sont provoqués par des processus qui se déroulent au sein même de l'écorce terrestre. L'un de ces processus peut être, par exemple, la granitisation, c'est-à-dire la transformation des roches sédimentaires et métamorphiques en granit à la suite de leur fusion. Lors de la granitisation, le volume des roches augmente de 10-15%. Les granits encore chauds, qui gisent à l'état plastique sous forme de lentilles parmi les autres roches à une profondeur de 10-15 km, sont en état d'instabilité; sous le poids des roches qui les recouvrent ils se compriment facilement à certains endroits et s'accumulent en d'autres, provoquant des déformations dans les couvertures (fig. 1).

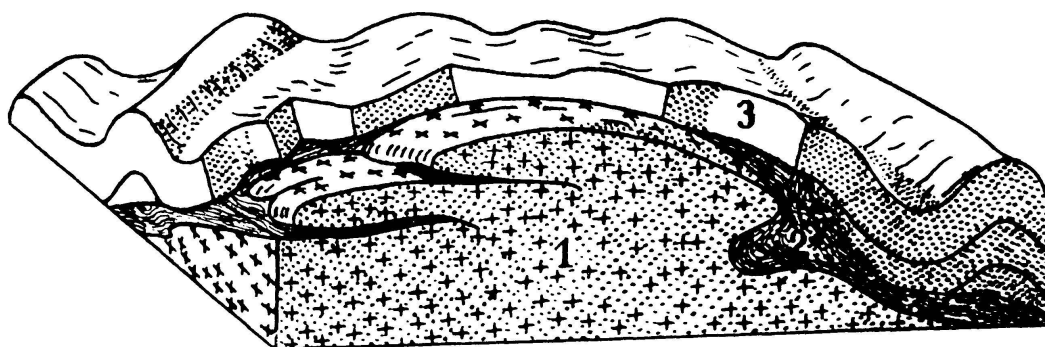


Figure 1

La forme des dômes gneissiques et granitiques (1) et la déformation des couches métamorphiques (2) et sédimentaires (3) en Groenland. D'après J. HALLER

Mais la vie tectonique de l'écorce terrestre se base sur la formation et la lente évolution des grands soulèvements et affaissements. Dans les zones dites mobiles ou géosynclinales, ces soulèvements et affaissements ont une forme fortement élongée, la largeur de chacun varie généralement entre 50 et 100 km et les mouvements verticaux auxquels ils sont soumis se développent à la vitesse moyenne de 1 cm par an. L'amplitude des mouvements verticaux atteint dans ces cas de 12-15 km. Disposés côte à côte, ces soulèvements et ces affaissements entraînent la division très contrastée de l'écorce terrestre en crêtes élevées et profondes dépressions, caractéristiques pour les régions montagneuses (fig. 2).

Dans d'autres régions, appelées stables ou plates-formes, les soulèvements et les affaissements ont des contours arrondis ou irréguliers, leur diamètre atteint des centaines de kilomètres (parfois plus de 1000 km), la vitesse des mouvements verticaux dans leurs limites se calcule par des fractions de millimètres par an, et l'amplitude ne dépasse pas quelques

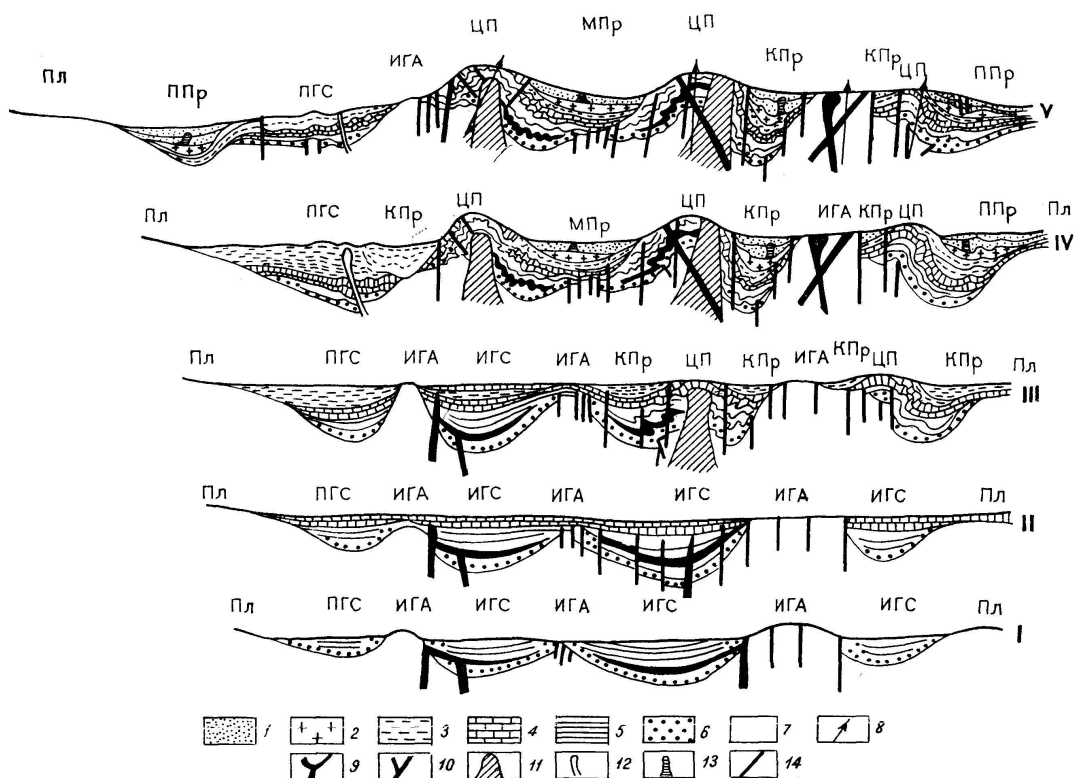


Figure 2

Les stades du développement d'un géosynclinal. Schéma d'après V. BELOUSSOV et M. GZOVSKY. I-V = les stades successives pendant un cycle géotectonique. Пл = plate-forme; ПГС = para-géosynclinal; ППр = avant-fosse; КПр et МПр = dépressions intermontanes; ЦП = soulèvement central; ИГС = intragéosynclinal; ИГА = intra-géoantiforme

1-6 = formations sédimentaires, formées pendant le cycle en considération; 7 = roches formées pendant les cycles précédents; 8 = volcans; 9, 10, 12 = intrusions magmatiques diverses; 11 = massifs granitiques; 13 = coupoles diapiriques; 14 = failles

kilomètres. Ce sont les régions où les mouvements verticaux sont tranquilles et où les contrastes entre les soulèvements et les affaissements sont peu importants. Cette évolution est caractéristique des plaines (même figure).

Il est indubitable que la totalité de l'écorce terrestre prend part à ces mouvements verticaux, leur cause doit donc se trouver au-dessous de l'écorce, dans le manteau de la Terre.

A quelle profondeur se développent ces processus initiaux? On sait que les foyers sismiques les plus profonds ont été enregistrés à 700 km de profondeur environ. A 900 km de profondeur se manifeste un brusque changement dans la vitesse de diffusion des ondes sismiques: tandis que jusqu'à cette limite elle augmente très rapidement au-dessous, jusqu'à la frontière du noyau, elle n'augmente que très graduellement (fig. 3).

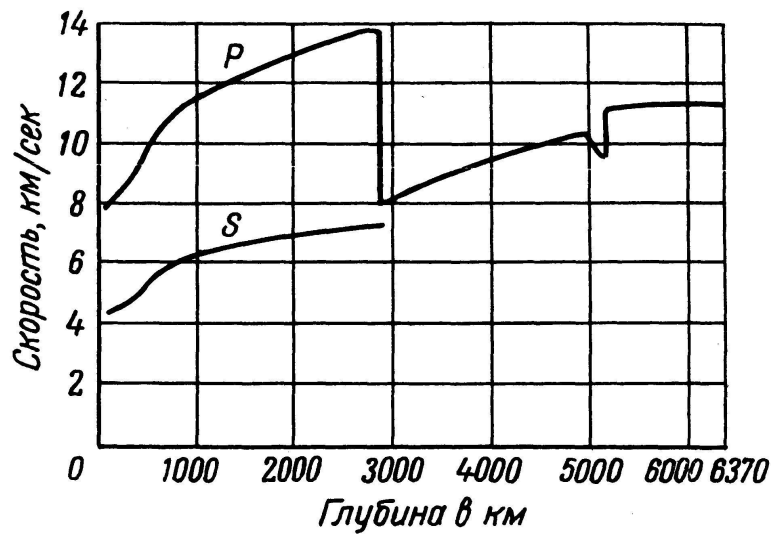


Figure 3

Vitesses d'ondes sismiques aux profondeurs diverses. P = ondes longitudinales
S = ondes transversales

A 100–200 km de profondeur sous les continents et à 50–400 km sous les océans, on remarque dans le manteau une couche où la vitesse des ondes sismiques diminue quelque peu – c'est l'asténosphère où «le conducteur d'ondes» – et qui constitue une zone d'amollissement de la matière et de sa mobilité relative. La base du manteau est à la profondeur de 2900 km où commence le noyau de la terre.

Ainsi, le manteau peut être divisé en deux parties: supérieure et inférieure. La première est hétérogène et mobile. La seconde est stable et homogène. C'est pourquoi l'hypothèse selon laquelle le manteau supérieur est justement la région où prennent naissance les processus tectoniques et magmatiques est très vraisemblable. La limite inférieure du manteau supérieur se trouve à environ 900 km de profondeur. Compte tenu des inexactitudes dans la détermination de cette limite, nous pouvons en déduire que c'est la couche supérieure de la Terre, d'une épaisseur de près de 1000 km, qui nous intéresse.

Il est absolument évident que les moyens techniques modernes ne nous permettent pas de pénétrer directement de la surface à de pareilles profondeurs. Le puits de forage le plus profond n'atteint même pas 8 km. Pour élucider les processus qui se déroulent dans toute l'immense épaisseur du manteau supérieur on est obligé d'avoir recours à des méthodes indirectes qui fournissent des informations sur telles ou telles propriétés physiques de la matière. Ce sont les méthodes géophysiques: sismiques, gravimétriques, magnétométriques, géothermiques.

Quant à la composition chimique de cette même matière, pour réussir à la déceler on doit recourir simultanément à plusieurs méthodes indirectes.

L'utilisation simultanée de ces méthodes permet de déterminer dans une certaine mesure la structure la plus probable d'un secteur donné de l'écorce terrestre et la composition la plus probable de la matière tant de l'écorce terrestre que du manteau supérieur.

Cependant, il est très important qu'on y ajoute aussi les résultats des observations géologiques. Celles-ci mettent en lumière la structure superficielle de l'écorce terrestre. Dans les régions volcaniques, elles permettent, d'après la lave éjectée par les volcans et les projections volcaniques solides de juger également de la composition des matières dans les profondeurs où réside le foyer volcanique. Mais l'essentiel, c'est que les méthodes géologiques permettent de reconstituer l'histoire de l'écorce terrestre, de ses mouvements et des processus magmatiques et métamorphiques qui s'y déroulent.

L'étude de l'histoire géologique permet de conclure que les différentes zones dites tectoniques que l'on observe actuellement à la surface de la Terre, reflètent divers stades successifs de son évolution.

Par exemple, il existe à la surface de l'écorce terrestre des zones de plissement. On sait qu'elles se sont constituées à différentes époques. Il existe des zones de plissement calédoniennes, où les couches se sont plissées vers la fin du Paléozoïque inférieur, c'est-à-dire il y a environ 400 millions d'années. Les zones de plissement dites hercyniennes datent de plus tard. Les couches s'y sont plissées vers la fin du Paléozoïque, c'est-à-dire il y a environ 200 millions d'années. Enfin, les plus jeunes sont les zones de plissement alpines. Ici, leur déformation date d'il y a 30-35 millions d'années et même moins. Il existe aussi des zones de plissement très anciennes, prépaléozoïques.

Il est de règle générale qu'après la formation d'une zone de plissement, les mouvements de l'écorce terrestre à cet endroit s'affaiblissent graduellement et qu'une plate-forme s'y constitue. Conformément à l'âge différent des zones de plissement, les plates-formes sont elles aussi plus anciennes ou plus jeunes.

L'utilisation de ces conclusions de la science géologique en même temps que des données géophysiques permet de juger des changements intervenus au cours des âges dans la marche de l'évolution géologique, dans la structure profonde de l'écorce terrestre et du manteau supérieur, autrement dit permet de se faire une idée des processus qui se déroulent dans les grandes profondeurs.

Par exemple, si la géophysique établit que l'écorce terrestre est plus épaisse au-dessous des zones récentes de plissement, plus mince sous les zones plus anciennes et encore plus mince sous les plates-formes très anciennes, il faut sans doute en déduire qu'au cours des âges l'épaisseur de l'écorce terrestre diminue.

Essayons d'exposer très brièvement les principes qui serviront probablement de base à la future théorie des processus profonds.

Il a été établi qu'en règle générale l'écorce terrestre des continents est plus épaisse sous les jeunes chaînes montagneuses et plus mince sous les plaines. Elle semble flotter sur le manteau supérieur plastique. Les

montagnes s'élèvent parce qu'en dessous d'elles l'écorce a une « racine » qui plonge profondément dans le manteau. Cette racine est 5 ou 6 fois plus longue que la hauteur des monts qu'elle supporte.

L'épaisseur moyenne de l'écorce des continents est de 35 km, mais au-dessous du Pamir ou des Andes elle atteint de 70–80 km, tandis qu'en dessous des anciennes plates-formes elle est de 30 km.

Sous les océans, l'écorce est sensiblement plus mince. Sa partie solide a en tout 5 ou 6 km d'épaisseur, et avec la couche d'eau elle ne dépasse pas 11 ou 12 km.

Les ondes sismiques et les données gravimétriques indiquent qu'avec la profondeur, les propriétés physiques des roches de l'écorce terrestre se modifient. D'ici est né le schéma classique divisant l'écorce continentale

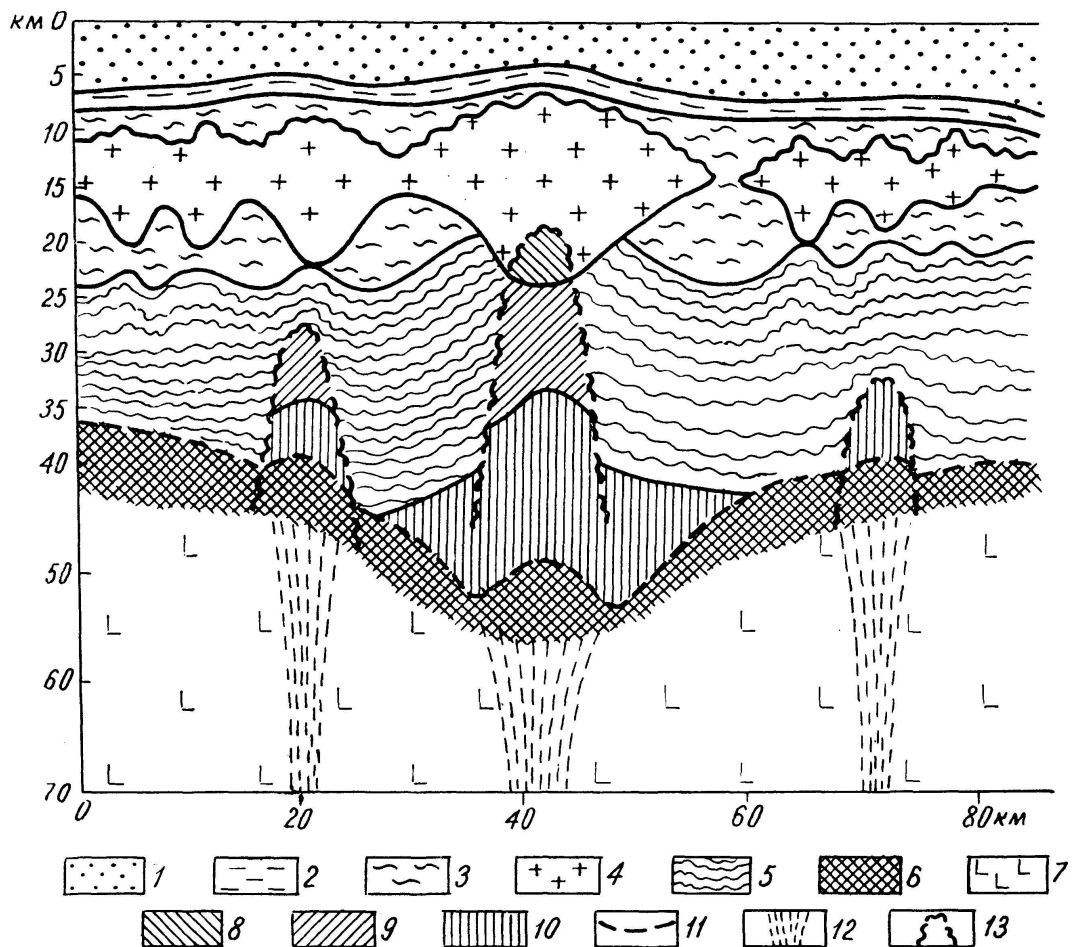


Figure 4

La structure de l'écorce terrestre. Schéma d'après V. BELOUSSOV. 1 = roches sédimentaires; 2 = schistes verts métamorphiques; 3 = roches métamorphiques amphibolitiques; 4 = granits; 5 = roches métamorphiques granulitiques; 6 = écloğites du manteau supérieur; 7 = péridotites du manteau supérieur; 8–10 = roches magmatiques; 11 = base de l'écorce; 12 = voix d'ascende des fusions magmatiques; 13 = domaines de fusion dans l'écorce

en trois couches: sédimentaire, granitique et basaltique (fig. 4). Nous connaissons bien les roches sédimentaires dont l'épaisseur varie, suivant les lieux, de 0–15 km. La couche granitique n'est pas composée uniquement de granits, mais de diverses roches métamorphiques, et surtout de gneiss. Personne jusqu'à présent n'a vu les roches de la couche basaltique. Celle-ci probablement n'est que partiellement composée de roches magmatiques basiques (de type gabbro), mais dans une plus grande mesure – de roches métamorphiques denses qui, sous l'influence du réchauffement et de la haute pression, se sont déshydratées – ont perdu une série de leurs parties composantes légères.

Au-dessous des océans la couche granitique n'existe pas. Sous la couche sédimentaire peu épaisse (pas plus de 1 km) gisent immédiatement des roches où les ondes sismiques se propagent à une vitesse caractéristique pour les basaltes et les autres roches magmatiques basiques. Le fait que les volcans qui se dressent au milieu de l'océan n'éjectent qu'une lave basaltique, laisse supposer que dans les océans la couche dite «basaltique» est effectivement basaltique.

Une particularité très importante de la structure du manteau supérieur est la présence d'un «conducteur d'ondes», c'est-à-dire d'une couche où les ondes sismiques se propagent au ralenti, et qui est donc relativement plus plastique et moins dense que les couches supérieures et sous-jacentes. L'épaisseur du conducteur d'ondes est bien plus grande sous les océans et moindre sous les continents. Dans le premier cas, il commence à une profondeur de 50 km et se termine à une profondeur de 400 km, dans le second cas il gît entre 100 et 250 km de profondeur (fig. 5).

La plupart des données actuelles témoignent qu'initialement le manteau supérieur était composé de péridotites.

Mais en réalité, la composition du manteau supérieur est indubitablement plus complexe. Lors du réchauffement du péridotite par la chaleur radiogène il se met en fusion partielle et il se forme du magma basaltique liquide. Il est permis de supposer que le «conducteur d'ondes» constitue justement la zone de fusion du basalte à partir du péridotite. Le basalte fondu est disséminé dans le «conducteur d'ondes» sous forme de gouttelettes ou de pellicules enveloppant des cristaux. Dans l'ensemble, son volume constitue probablement 10% du volume total du «conducteur d'ondes».

L'action réciproque du manteau supérieur et de l'écorce est sans doute déterminée dans une grande mesure par les propriétés du «conducteur d'ondes». Etant donné que la densité de sa matière est moindre que celle des couches supérieures, à sa surface apparaît une instabilité mécanique: la plastique et plus légère (approximativement de 0,1 g/cm³) matière du «conducteur d'ondes» a tendance à émerger à travers la matière plus lourde de la couche plus haute. Cette instabilité aboutit avant tout à la formation d'aspérités à surface du «conducteur d'ondes». Le basalte liquide se concentre sur les saillies des aspérités, y forme des accumulations – les asténolithes – capables de se détacher de la surface du «conducteur d'ondes» et d'émerger.

ГЕОСИНКЛИНАЛЬ

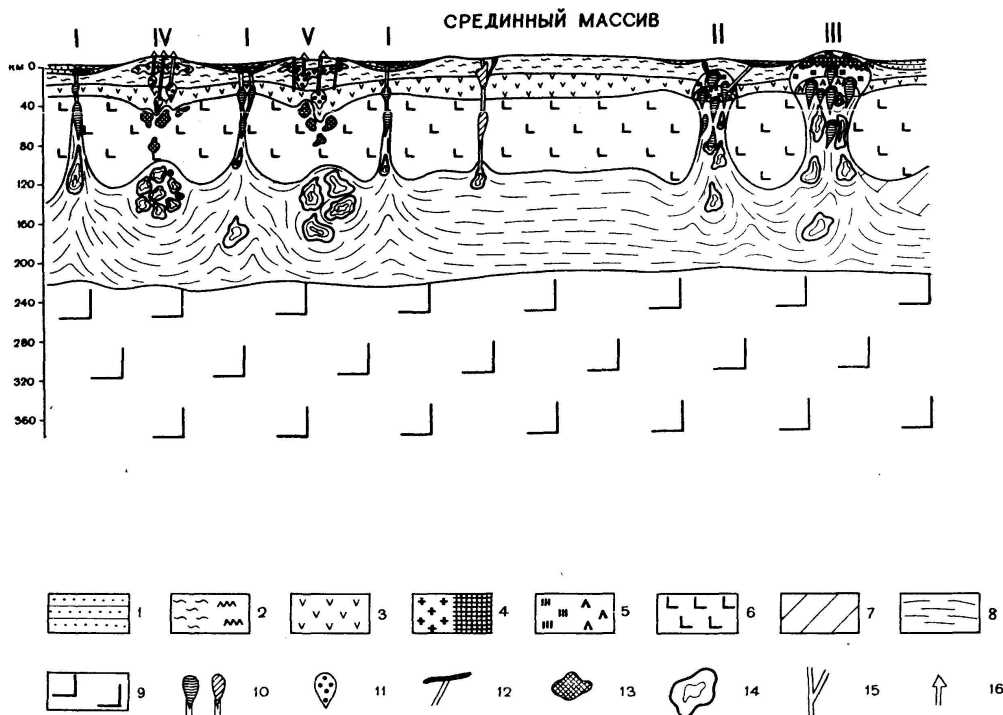


Figure 5

Schéma des processus profonds dans les zones géosynclinales. D'après V. BELOUSSOV. 1 = roches sédimentaires; 2 = couche «granitique»; 3 = couche «basaltique»; 4 = massifs de granits en formation; 5 = domaines du métamorphisme; 6 = couche la plus supérieure du manteau; 7 = «conducteur d'ondes» sismiques; 8 = couche du manteau supérieur, située au-dessous du «conducteur d'ondes»; 9 = massifs magmatiques; 10 = domaines de fusion dans l'écorce; 11 = intrusions et effusions magmatiques superficielles; 12 = blocs éclogitiques descendants dans le manteau; 13 = roches denses résiduelles dans le «conducteur d'ondes»; 14 = failles; 15 = volcans.

I-IV = zones intragéosynclinales diverses

Certains astérolithes montent rapidement jusqu'à la surface et forment des épanchements superficiels de laves basaltiques. D'autres s'arrêtent à proximité de la base de l'écorce ou à l'intérieur de celle-ci. Ces astérolithes jouent un grand rôle dans la vie de l'écorce terrestre. Ils apportent avec eux la chaleur des grandes profondeurs et en réchauffant l'écorce provoquent dans ses roches des phénomènes métamorphiques jusques et y compris la formation de granits. Sous l'influence de la chaleur, l'eau s'évapore des couches inférieures des éléments mobiles s'en dégagent, tels que des silices et partiellement des métaux alcalins. Ces éléments mobiles émigrent vers le haut, soulignant ainsi la division de l'écorce en deux couches: la couche «granitique», plus légère, au-dessus, et la couche «basaltique», plus lourde, au-dessous (fig. 4).

L'afflux actif des matières ainsi que de la chaleur, du manteau supérieur vers l'écorce, est caractéristique pour les zones mobiles, les géosyn-

clinaux. Au fond, cet afflux des matières et de la chaleur depuis les profondeurs en direction de la surface est justement la cause de la mobilité de l'écorce terrestre dans les géosynclinaux. A mesure que l'énergie interne à un endroit donné s'épuise (à la suite de la perte considérable du basalte liquide dans le «conducteur d'ondes») la mobilité de l'écorce s'affaiblit et le géosynclinal se transforme en plate-forme dont l'écorce subit des mouvements tranquilles (fig. 6).

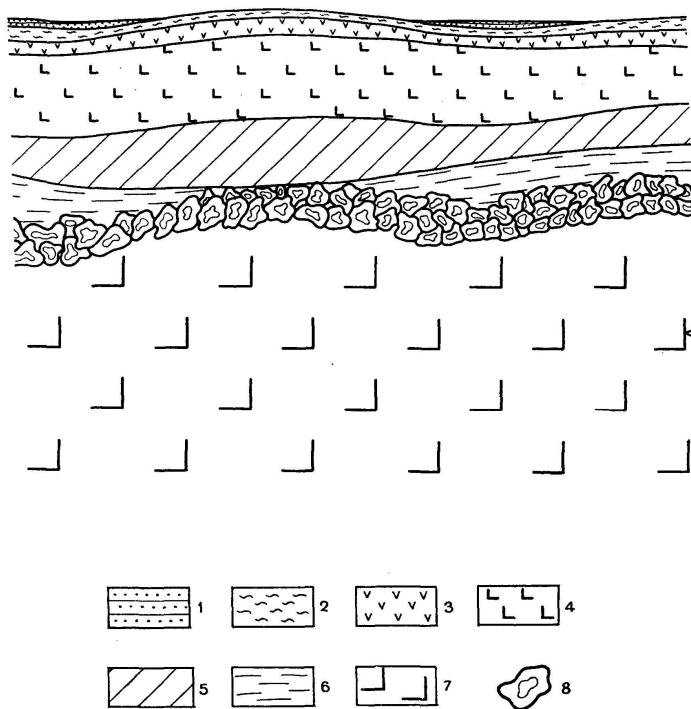


Figure 6

Schéma des processus profonds sous les plates-formes. D'après V. BELOUSSOV.
 1 = roches sédimentaires; 2 = couche «granitique»; 3 = couche «basaltique»;
 4 = couche la plus supérieure du manteau; 5 = partie du «conducteur d'ondes»
 refroidie et inactive; 6 = partie du «conducteur d'ondes» active; 7 = manteau supérieur
 au-dessous du «conducteur d'ondes»; 8 = roches denses résiduelles dans le «conducteur
 d'ondes»

En géologie, la question se pose depuis longtemps du caractère et de l'orientation des mouvements primaires de l'écorce terrestre, c'est-à-dire provoqués directement par des causes qui résident dans les grandes profondeurs. Il est notoire que l'écorce effectue des mouvements verticaux inégaux qui aboutissent à la formation d'élévations et de dépressions et à leur modification au cours du temps. Mais l'on sait également que dans les géosynclinaux les couches de roches se plissent. Pendant longtemps, les plissements des roches étaient considérés comme la preuve de la contraction horizontale de l'écorce terrestre, contraction au cours de la-

quelle les couches se froissent. Les contractions étaient attribuées à la diminution du volume de la partie du globe terrestre, située en dessous de l'écorce, lors de son refroidissement.

Maintenant, après la découverte de la radioactivité et la détermination du contenu d'éléments radioactifs dans des roches, personnes ne croit plus que la Terre se refroidit: lors de la désagrégation radioactive, ses entrailles dégagent une quantité de chaleur suffisante pour maintenir pendant encore des milliards d'années la température actuelle du sous-sol et même peut-être de l'élever.

Il s'est en même temps avéré que pour expliquer le plissement des couches il n'était pas du tout nécessaire d'avoir recours à l'hypothèse de contraction horizontale de l'écorce. Une étude minutieuse a montré qu'il existait différents types de plissements. Très répandu est le plissement en forme de coupôles, dû à l'élévation locale de certains secteurs de l'écorce terrestre sans que cette dernière se contracte. L'hypothèse de la contraction surgit lorsque l'on observe les plus de froissement fortement comprimés qui se suivent sans interruption. Mais il s'est avéré que la compression des couches, qui aboutit directement à leur plissement, peut être considéré comme un phénomène secondaire, dérivé des mouvements verticaux et provoqué par la pesanteur. Celle-ci entraîne les couches sur les pentes des élévations tectoniques et à la suite du glissement, les couches dévalent lentement vers le bas et s'accroissent en formant des plis. Cela se produit aux endroits où les mouvements verticaux intenses et contrastés de l'écorce terrestre provoquent la formation d'un relief tectonique fortement sectionné. Cette situation est caractéristique pour les géosynclinaux (fig. 7, 8, 9).

Pour illustrer ce mécanisme, nous reproduisons trois figures montrant les résultats des modèles de laboratoire préparés en matière plastique en accord avec la théorie physique de similarité.

Si ce point de vue s'avère juste (il est partagé par beaucoup, mais pas par tous les géologues), la tâche qui nous incombe – élucider le caractère des processus qui se produisent dans les grandes profondeurs – s'en trouvera fortement facilité. Dans ce cas, il conviendra d'en rechercher les causes uniquement dans les mouvements verticaux de l'écorce terrestre.

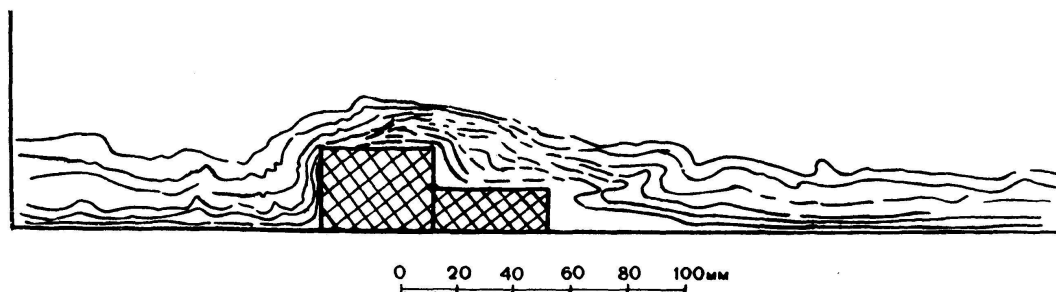
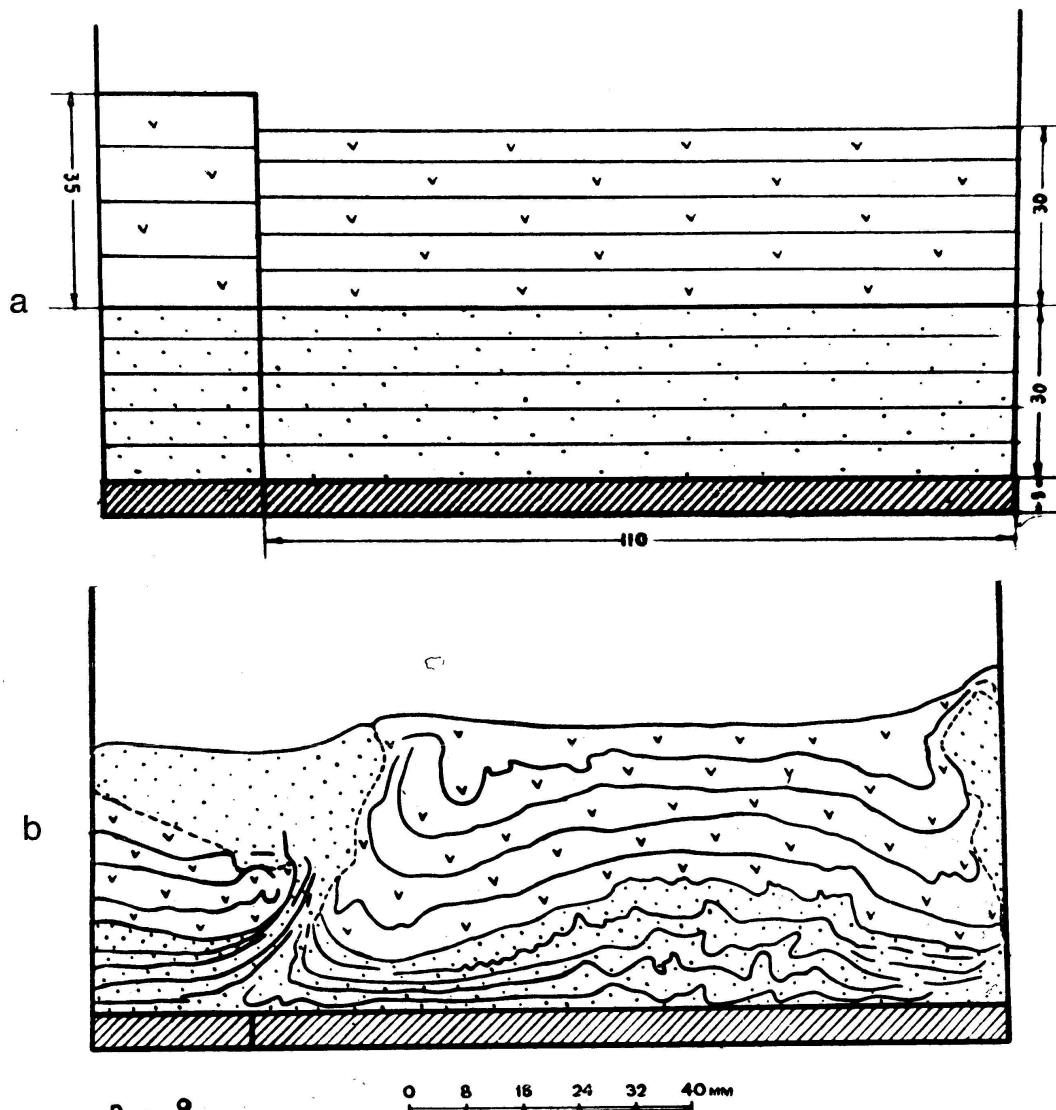


Figure 7

Expériment de laboratoire modélant les plis gravitationnelles. Colophane sert comme matériel. D'après N. LEBEDEVA



Puc. 8

Figure 8

Expériment de laboratoire modélant les plis. a = modèle originelle; en haut est la mixture de calophane et d'huile de graissage (70% et 30% respectivement); en bas est la même mixture (65% et 35%); b = structure formée après que l'équilibre gravitationnelle fût atteinte. D'après N. LEBEDEVVA.

On me demandera peut-être: et alors, la dérive des continents et leurs déplacements horizontaux sur des milliers de kilomètres? Car le parallélisme des côtes atlantiques de l'Amérique du Sud et du Nord, d'une part, de l'Europe et de l'Afrique, de l'autre, semble indiquer que ces deux blocs de continents n'en constituaient jadis qu'un seul qui se scinda et qu'entre ses deux parties écartées s'ouvrit «l'Atlantique».

Mais ne nous hâtons pas trop. Certains faits réfutent à l'évidence l'hypothèse de la dérive des continents.

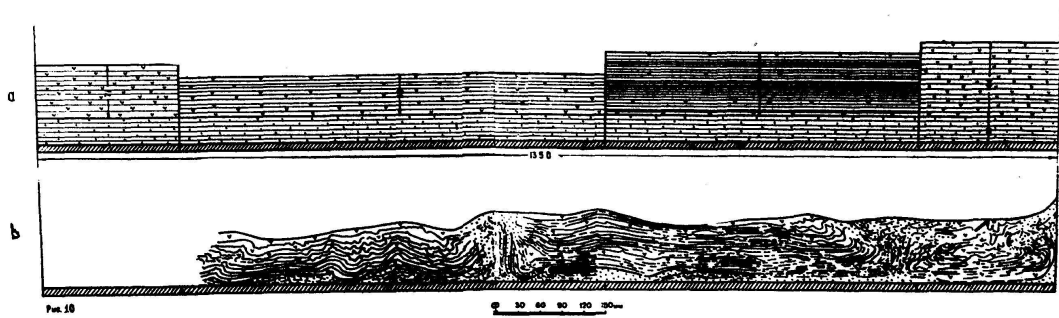


Figure 9

Expériment de laboratoire modélant les plis. a = modèle originelle; les mêmes matériaux comme sur la figure 8; b = structure formée après que l'équilibre gravitationnelle fût atteinte. D'après M. LEBEDEVVA

Etant donné que les éléments radioactifs se concentrent de préférence dans les roches acides, sur les continents leur masse essentielle se concentre dans l'écorce terrestre et même dans sa partie supérieure – la couche granitique. C'est justement d'ici qu'afflue à la surface la principale partie du flux thermique continental. Que se passera-t-il si l'on écarte le continent mettant à nu le manteau supérieur qui se trouve en dessous? Le flux thermique s'affaiblira sensiblement. Les calculs indiquent qu'il devra s'affaiblir de trois fois au moins. Par conséquent, si les océans se sont formés comme des fissures entre des continents écartés, dans les océans le flux thermique devra être au moins trois fois moindre que sur les continents. Or, en réalité, l'intensité moyenne du flux thermique sur les continents et dans les océans est identique. On ne peut l'expliquer que par le fait qu'au-dessous des océans la quantité des éléments radioactifs est la même qu'au-dessous des continents, mais qu'ils ne sont pas concentrés dans l'écorce (car l'écorce basaltique est pauvre en éléments radioactifs), mais sont dispersés dans le manteau supérieur. Il s'ensuit que les régions océaniques et continentales de la Terre diffèrent par leur structure et la composition non seulement de l'écorce, mais aussi du manteau supérieur. Les différences entre ces régions s'étendent jusqu'à de grandes profondeurs, aussi le déplacement horizontal de l'écorce sur le manteau est absolument exclu.

L'étroite liaison de l'écorce avec le manteau supérieur sous-jacent est également confirmée par la stabilité et la longue durée des zones d'affaissement et de soulèvement de l'écorce terrestre à la surface de la Terre. Comme on l'a vu, les causes de ces mouvements sont dues à des processus qui se déroulent dans le manteau supérieur. Aussi, au cas où l'écorce se déplacerait sur le manteau, ces zones d'affaissement et de soulèvement de l'écorce se déplaceraient elles aussi à la surface des continents. Or, la synclise de Moscou, c'est-à-dire la région de lent affaissement au centre de la plate-forme russe, reste au même endroit depuis au moins 600 millions d'années.

Ainsi, l'écorce et le manteau supérieur sont inséparables. Ils évoluent de concert formant une enveloppe unique: la tectonosphère. Si l'on ad-

met que les continents se déplacent, il faut alors supposer que tout l'ensemble de la tectonosphère – qui constitue une couche de 1000 km d'épaisseur – se déplace, tandis que tous les mouvements à son intérieur se poursuivent sans modifications. Mais à l'opposé de l'écorce des continents, la tectonosphère ne forme pas de blocs isolés. Elle entoure tout le globe terrestre d'une enveloppe unique. La tectonosphère continentale n'a tout simplement pas où se déplacer, sans même parler des causes qui pourraient provoquer un mouvement sur des milliers de kilomètres à l'horizontale d'une masse de roches d'une épaisseur d'un millier de kilomètres.

L'ensemble des données permet en somme de conclure que les continents ne se déplacent pas, qu'ils se sont formés à l'endroit même où ils se trouvent aujourd'hui, et cela est vrai aussi pour les océans.

Au début les continents, semble-t-il, se sont formés par l'accumulation à la surface de matériaux légers (basaltiques et granitiques), éjectés du manteau supérieur. Ce processus se déroulait de façon inégale, c'est pourquoi les continents ne se sont pas formés partout, mais à quelques endroits seulement et par la suite leur surface s'est graduellement étendue. Mais à en juger par le fait que les structures géologiques des continents sont souvent coupées le long des bords des océans et que visiblement elles se prolongeaient jadis là où se trouvent maintenant les océans, avec leur écorce basaltique, il y a eu des périodes où les continents étaient plus étendus qu'aujourd'hui. Le fait que des océans ou certaines de leurs parties n'existaient pas en ce temps et qu'à leur place se trouvait la terre ferme a une grande importance. Cette hypothèse concerne tout l'océan Atlantique et une grande partie de l'océan Indien. Sur leur emplacement il y avait des continents qui se sont écroulés faisant place aux océans. Cela devait marcher de pair avec la transformation de l'écorce et du manteau supérieur continentaux en écorce et manteau supérieur océaniques.

Il est possible que lors du très fort réchauffement du manteau supérieur (souvenons-nous que dans les océans le manteau supérieur est plus chaud que sous les continents) ses matériaux en fusion s'éjectaient à la surface de l'écorce continentale. Après le refroidissement et la cristallisation, la densité des roches éjectées augmentait sensiblement. En se réchauffant, les diverses roches de l'écorce continentale se déshydrataient et au cours de leur refroidissement ultérieur leur densité augmentait aussi et une grande partie se transformait en roches métamorphiques très denses: les éclogites dont la densité atteint $3,5 \text{ g/cm}^3$. Les blocs alourdis de l'écorce s'enfonçaient dans le manteau supérieur et s'y diluaient (fig. 10).

Le dégagement des éléments légers du manteau lors de la formation des continents constitue le processus de différenciation des matières du manteau. Le processus que nous venons d'envisager – l'absorption de l'écorce continentale par le manteau – représente le processus inverse, la homogénéisation. Le premier se déroule à des températures comparativement modérées qui suffisent seulement à fondre partiellement la matière du manteau supérieur. Le second exige un réchauffement bien plus puissant, provoquant la fusion complète de cette même matière. Si les éléments

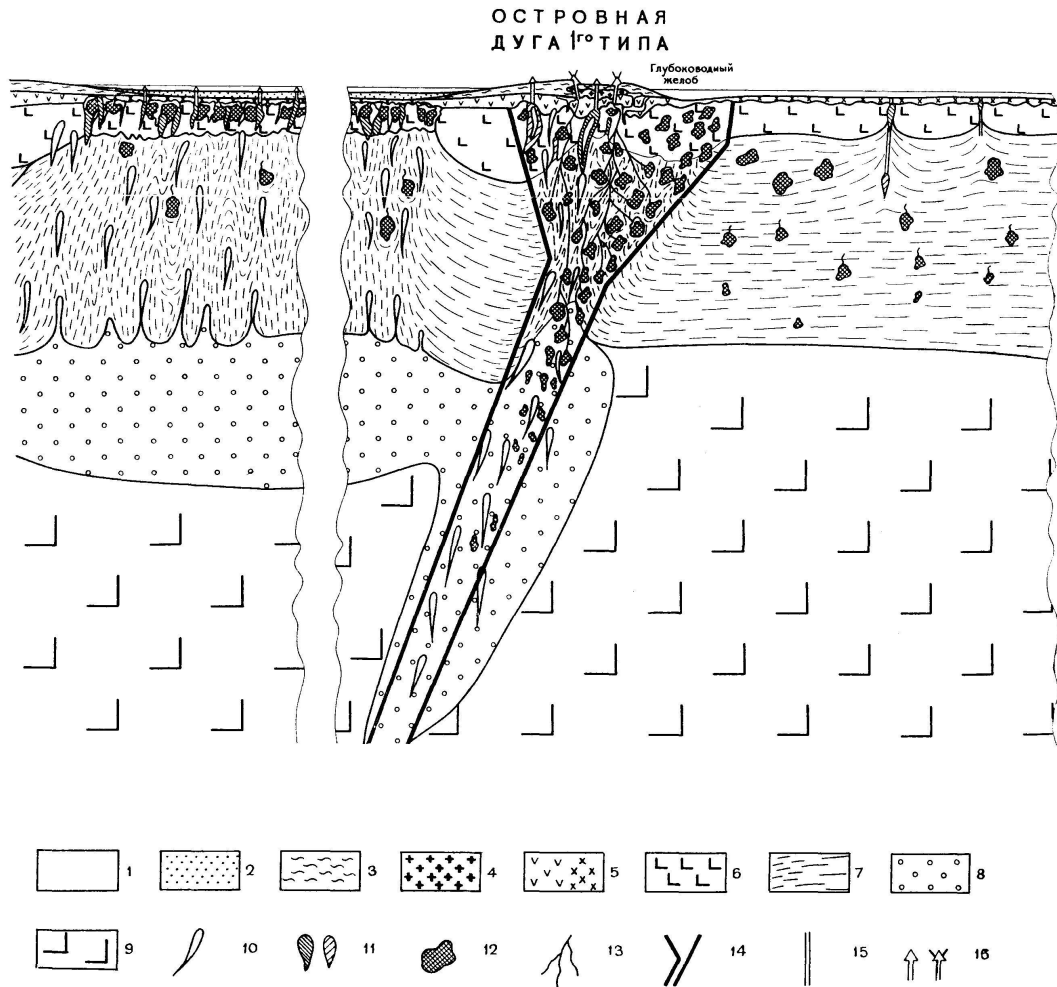


Figure 10

Schéma des processus profonds dans les régions de basification de la croûte. 1 = l'eau; 2 = roches sédimentaires; 3 = couche «granitique»; 4 = massifs de granits en formation; 5 = couche «basaltique»; 6 = couche la plus supérieure du manteau; 7 = «conducteur d'ondes»; 8 = péridotite en fusion; 9 = péridotite solide; 10 = massifs ascendants de péridotite; 11 = massifs ascendants de basalt; 12 = blocs de la croûte condensés descendants; 13 = voix d'ascence du magma andésitique; 14 = failles majeures; 15 = failles mineures; 16 = volcans

radioactifs contenus dans la Terre provoquent (ou ont provoqué jusqu'à présent) le réchauffage accru du globe terrestre, le stade continental doit logiquement être suivi par le stade océanique. D'abord se forment les continents, puis ils se détruisent et sont remplacés par les océans. L'eau qui emplit ceux-ci s'est elle aussi dégagée du manteau lors de sa fusion, ainsi que de l'écorce continentale lors de son réchauffement.

Mais alors comment expliquer le parallélisme des côtes opposées de l'Atlantique? Ne témoigne-t-il pas en faveur de la dérive des continents? Parmi les côtes océaniques on trouve une quantité dont la configuration est semblable, bien que l'on sait que la plupart d'entre eux ne se sont

jamais trouvés en contact. Il existe sans doute des lois présidant à la formation de la configuration des continents et des océans. On a lieu de supposer que l'écorce et le manteau supérieur de la Terre sont pénétrés par un réseau de cassures parallèles, disposées régulièrement, dont l'origine n'est pas claire. Il est possible que lors de l'écroulement d'une partie du continent ces brisures parallèles déterminent le parallélisme des côtes.

Nous n'avons effleuré ici que quelques problèmes concernant la structure et l'évolution de l'écorce terrestre et du manteau supérieur. Et ces problèmes eux aussi ont été abordés de façon très schématique. Mais cela suffira probablement à comprendre à quel point ces problèmes sont complexes et combien d'efforts seront encore nécessaires avant de pouvoir les résoudre d'une façon plus ou moins correcte. Il faudra des dizaines d'années de travail acharné de plusieurs générations de scientifiques avant de pouvoir se faire une idée de ce qui se passe à des dizaines et des centaines de kilomètres au-dessous de nous. Faisons de sorte que l'apport de la génération actuelle dans le déchiffrement des énigmes des grandes profondeurs de la Terre soit aussi considérable que possible.