

Список литературы: 1. Белоусов В. В. Основы геотектоники. — М.: Недра, 1976. 2. Тектоносфера Земли. — М.: Недра, 1978. 3. Зазуляк П. М., Зингер В. Е., Киричук В. В., Мещеряков Г. А. Поле дисперсий аномалий силы тяжести Земли и геологические структуры материков. — Геодезия, картография и аэрофото- съемка, 1982, вып. 36. 4. Cochran J. R., Talwani M. Free-air gravity anomalies in the world's oceans and their relationship to residual elevation. — Geophys. J. Roy. Astron. Soc., 1977, 50, № 3. 5. Kanie H. G. et. al. Detailed  $1^\circ \times 1^\circ$  gravimetric Indian Ocean geoid and comparison with GEOS-3 radar altimeter geoid profiles. Geophys. J. Roy. Astron. Soc., 1978, 55, № 3. 6. Atlas für jedermann. — Leipzig, 1978.

Статья поступила в редколлегию 06. 10. 81

УДК 528.21

П. М. ЗАЗУЛЯК, В. Е. ЗИНГЕР,  
В. В. КИРИЧУК, Г. А. МЕЩЕРЯКОВ

## ПОЛЕ ДИСПЕРСИЙ АНОМАЛИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ ЗЕМЛИ И ТЕОРИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕКТОНИКИ ПЛИТ

За последнее десятилетие в изучении процессов, происходящих в недрах Земли и на ее поверхности, ведущее положение заняла так называемая новая глобальная тектоника — тектоника плит [1, 5, 6, 11]. Теория глобальной тектоники плит — это система взглядов на развитие тектоносферы Земли, состоящей из литосферы и астеносферы, составными частями которой являются теория спрединга и тектоника плит. В соответствии с этой системой взглядов литосфера Земли разделена на шесть плит первого порядка — Евроазиатская, Африканская, Американская, Индийская, Тихоокеанская, Антарктическая, движущихся по малым кругам относительно некоторых полюсов. Учет всей сложности тектонических процессов привел сторонников новой глобальной тектоники к необходимости дальнейшего выделения из основных плит блоков меньших размеров, названных плитами второго и следующих порядков.

В настоящее время в рамках глобальной тектоники плит литосфера делится на 11 плит (см. рисунок) [16], при этом современная тектоническая активность связывается только с местами соприкосновения этих плит, в то время как внутри плит имеет место «полное ... спокойствие» [2].

Известно, что для любых тектонических построений одинаково важны как данные о вещественном составе геосфер (в частности, тектоносферы), так и сведения о геофизических полях — тепловом, сейсмическом, магнитном и гравитационном. Так, сопоставление аномального гравитационного поля Земли с основными тектоническими плитами позволило установить следующую общую закономерность [13]. Отрицательные аномалии силы тяжести проявляются главным образом внутри плит, в то время как активные и тектоническом смысле границы плит, как правило, связаны с положительными аномалиями.



Схема тектонических плит земной коры.

На наш взгляд, не менее интересным является анализ поля дисперсий аномалий силы (ПДАСТ) тяжести с точки зрения глобальной тектоники плит. Прежде всего из сопоставления карты изодисперсий ПДАСТ [4] с картой основных тектонических плит (см. рисунок) для каждой из плит можно получить следующие значения дисперсий (табл. 1). Данные табл. 1 в соответствии с классификацией регионов поля аномалий силы тяжести Земли, стационарных по дисперсии [4], свидетельствуют о том, что рассматриваемые плиты, в общем, делятся на две группы.

Таблица 1

Средние дисперсии аномалий силы тяжести для основных тектонических плит

| Название плиты | $D$ ,<br>(млг) <sup>2</sup> | Название плиты | $D$ ,<br>(млг) <sup>2</sup> |
|----------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|
| Американская   | 490                         | Индийская      | 570                         |
| Антарктическая | 230                         | Карибская      | 420                         |
| Аравийская     | 340                         | Кокос          | 260                         |
| Африканская    | 200                         | Наска          | 250                         |
| Евроазиатская  | 320                         | Тихоокеанская  | 120                         |
|                |                             | Филиппинская   | 320                         |

Первая группа включает в себя шесть плит — Кокос, Наска, Антарктическую, Африканскую, Аравийскую и Евроазиатскую — и относится к III региону ( $200 \leq D \leq 400$  млг<sup>2</sup>). Вторая группа состоит из четырех плит — Американской, Индийской, Филиппинской и Карибской — и относится к IV региону ( $400 \leq D \leq 800$  млг<sup>2</sup>). Лишь одна из плит — Тихоокеанская — относится ко II региону. При этом связь между средней дисперсией аномалии силы тяжести и размером плиты отсутствует. Если, согласно [8], ввести

понятие контрастности ПДАСТ, то наименее контрастными называются Тихоокеанская, Аравийская и Филиппинская плиты, а наиболее контрастными — плиты Наска, Американская и Индийская, для которых характерно относительно резкое чередование всех шести регионов, стационарных по дисперсии [4]. Таким образом, контрастность ПДАСТ так же, как и его средние характеристики, не связаны с размерами тектонических плит.

Как известно [1, 8], границы между тектоническими плитами бывают трех типов — дивергентные, конвергентные и трансформные. По карте изодисперсий аномального гравитационного поля Земли [4] мы определили средние характеристики ПДАСТ для границ каждой из 11 плит и сгруппировали эти данные в соответствии с тремя типами границ. Результаты приводятся в табл. 2.

Таблица 2  
Характеристики ПДАСТ  
для различных типов границ между плитами

| Тип границ               | $D_{\min}$<br>(мг) <sup>2</sup> | $D_{\max}$<br>(мг) <sup>2</sup> | $D_{\text{ср}}$<br>(мг) <sup>2</sup> |
|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Дивергентный             | 30                              | 810                             | 260                                  |
| Конвергентный            |                                 |                                 |                                      |
| а) на континентах        | 370                             | 570                             | 470                                  |
| б) на окраинах материков | 270                             | 1450                            | 620                                  |
| Трансформный             | 115                             | 1100                            | 430                                  |

Если учесть, что дивергентные границы характеризуются мелкофокусными землетрясениями, слабым вулканизмом и лишь относительно небольшими максимумами теплового потока, в то время как для конвергентных границ характерен широкий диапазон вулканизма, глубокофокусные землетрясения и мощный тепловой поток, то различия характеристик ПДАСТ, представленных в табл. 2, вполне закономерны. Трансформные границы, для которых свойственна неглубокая сейсмичность, слабо выраженный рельеф и нормальный (близкий к среднеглобальному) тепловой поток, занимают по характеристикам ПДАСТ, как и ожидалось, промежуточное положение. Следует также отметить, что уничтожение «старой» литосферы на конвергентных границах в поясах столкновения плит происходит как в пределах континентов, так и вдоль активных материковых окраин. При столкновении континентальных плит происходит либо более равномерное сжатие литосферы (например, граница между Индийской и Евроазиатской плитами — Гималайский складчатый пояс), либо сдвиг одной плиты под другую, приводящий к мощному изостатическому поднятию на поверхности (например, граница между Африканской и Евроазиатской плитами — Альпийский геосинклинальный пояс). Уничтожение же старой литосферы на окраинах материков происходит в так называемых зонах Бенюфа, в районах глубоководных желобов. Это различие вида деформации литосферы, как следует из табл. 2, также находит свое отражение в характеристиках ПДАСТ.

Широкий диапазон изменения дисперсий аномалий силы тяжести в пределах границ одного и того же типа, возможно, объясняется различными скоростями спрединга (дивергентные границы), столкновения (конвергентные границы) и скольжения (трансформные границы). Так, по палеомагнитным данным [17], скорость спрединга в пределах Восточного Тихоокеанского хребта изменяется от 6 см/год (21° N) до 12 см/год (9° N). К сожалению, в настоящее время точные оценки указанных скоростей известны лишь для ограниченного числа районов материков \*. Согласно [9], для дивер-

Таблица 3  
Характеристики ПДАСТ  
фиксированных и подвижных тектонических плит

| Название плиты | $D_{\text{ср}}$<br>(мг) <sup>2</sup> | Название плиты | $D_{\text{ср}}$<br>(мг) <sup>2</sup> |
|----------------|--------------------------------------|----------------|--------------------------------------|
| Африканская    | 200                                  | Антарктическая | 230                                  |
| Аравийская     | 340                                  | Наска          | 250                                  |
| Евроазиатская  | 320                                  | Американская   | 490                                  |
| Американская   | 490                                  | Индийская      | 570                                  |
| Индийская      | 570                                  | Тихоокеанская  | 120                                  |

гентных границ скорость спрединга составляет 0,3—1 см/год (район Эфиопского рифта); для трансформных границ скорость скольжения равна 0,8—3,5 см/г в районах трансформных разломов Сан-Андреас (Калифорния), Альпийского (Новая Зеландия) и Северо-Анатолийского (Турция).

Поэтому невозможно пока сделать однозначных выводов о связи характеристик ПДАСТ со значениями скоростей на границах тектонических плит.

Согласно концепциям новой глобальной тектоники плиты движутся с различными скоростями от областей спрединга (срединно-океанических хребтов) в направлении областей сжатия и зон Бенюфа (горных поясов внутри континентов и островных дуг и глубоководных желобов на окраинах материков). В работах [10, 13] было показано, что аномальное гравитационное поле и ПДАСТ Мирового океана по структуре асимметричны относительно оси глобального рифтового пояса. Кроме того, в работе [10] отмечается, что, если зафиксировать в некоторой системе координат положения Африканской и Антарктической плит и постулировать удаление от них с течением времени оставшихся плит, то смысл асимметрии аномального гравитационного поля будет заключаться в том, что большие по величине отрицательные аномалии силы тяжести соответствуют перемещающимся плитам. В табл. 3 приведены результаты анализа ПДАСТ в этом аспекте, из которых следует, что, за исключением Тихоокеанской плиты, подвижным плитам соответствуют, как правило, большие по величине дисперсии аномалий силы тяжести. Кроме того, учитывая сказанное ранее о контрастности ПДАСТ различных тектонических плит,

\* То есть определения скоростей геодезическими методами.

можно утверждать, что, в общем, ПДАСТ движущихся плит более контрастно, чем ПДАСТ фиксированных.

В настоящее время существует ряд оценок скоростей относительных движений почти для всех тектонических плит\* [5, 7]. Мы воспользуемся угловыми скоростями движения различных плит относительно неподвижной Антарктиды [3] и оценками линейных скоростей относительных движений всех плит в совокупности [14] и сопоставим их со значениями дисперсий аномалий силы тяжести соответствующих плит. Из табл. 4 следует, что между полем скоростей движения тектонических плит и ПДАСТ прослеживается

Таблица 4  
Дисперсии аномалий силы тяжести  
и скорости относительных движений тектонических плит

| Название плиты | Угловая<br>скорость<br>(сек. дуги<br>100 лет<br>[3]) | Линейная<br>скорость<br>(см/год<br>[14]) | $D_{\text{ср}}$<br>(млг) <sup>2</sup> |
|----------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|
| Евразийская    | -0",108                                              | 1,2                                      | 320                                   |
| Африканская    | 0",117                                               | 1,6                                      | 200                                   |
| Антарктическая | —                                                    | 1,8                                      | 230                                   |
| Наска          | —                                                    | 2,1                                      | 250                                   |
| Американская   | -0",196                                              | 2,8                                      | 490                                   |
| Аравийская     | —                                                    | 3,3                                      | 340                                   |
| Индийская      | 0",214                                               | 5,4                                      | 570                                   |
| Тихоокеанская  | 0",388                                               | 6,5                                      | 120                                   |

прямая корреляционная зависимость, которая, однако, нарушается в случае Евразийской и Тихоокеанской плит. По этому поводу прежде всего следует отметить, что погрешности определения скоростей плит в настоящее время оцениваются величиной порядка 0,8 см/год [12], что в случае Евразийской плиты составляет 70% величины скорости ее движения. Что же касается Тихоокеанской плиты, то, на наш взгляд, здесь необходимо принять во внимание следующие соображения. Тихоокеанская плита является единственной из шести главных тектонических плит практически целиком покрытой корой океанического типа, что, несомненно, сказывается на структуре ее аномального гравитационного поля. Кроме того, детальное изучение морфологии этой плиты заставило в последнее время выделить из нее гораздо меньшие по размерам самостоятельные краевые плиты — Филиппинскую, Наска, Кокос, — которые характеризуются существенно большей дисперсией аномалий силы тяжести, чем центральная часть Тихоокеанской плиты.

Как известно [11, 13], описание кинематики малых плит является сложной задачей, а тем более учет ее при оценке скоростей основных тектонических плит. Естественно, что вследствие этого определение скорости движения Тихоокеанской плиты как кон-

солидированного единого участка литосферы по скорости спрединга на оси Тихоокеанского хребта, расположенного крайне асимметрично по отношению к ложу океана, вряд ли является реальной. И, наконец, необходимо учитывать крайне сложный характер движения этой плиты. Согласно [16], в различных частях огромной по площади Тихоокеанской плиты скорость ее движения изменяется как по величине, так и по направлению. Так, на границе с Индийской плитой (дуга Тонга, дисперсия — 270 млг<sup>2</sup>, скорость — 4,5 см/год) она движется перпендикулярно к границе [15], а вдоль Калифорнии и Алеутской гряды (граница с Американской плитой, дисперсия — 210 млг<sup>2</sup>, скорость — 3,8 см/год) ее движение носит скользящий характер [15].

Как видно из вышеизложенного, лишь некоторые статистики и структуры поля дисперсий силы тяжести Земли могут быть истолкованы с позиций глобальной тектоники плит, что не должно вызывать удивления. По мнению многих исследователей (см. например, [2]), существует ряд важных геологических и геофизических феноменов, не вписывающихся в новую глобальную тектонику. Это объясняется, по-видимому, тем, что в настоящее время вряд ли возможно появление не только исчерпывающей, но и сколь угодно широко охватывающей внутренние процессы эволюции Земли теории из-за больших «белых пятен» в наших знаниях о ее недрах.

- Список литературы: 1. Артюшков Е. В. Геодинамика. — М.: Наука, 1979. 2. Белоусов Р. В. Основы геотектоники. — М.: Недра, 1975. 3. Бузук В. В., Панин В. М. Об изменении гравитационного поля Земли, обусловленном вековыми движениями полюсов, изменением скорости вращения и дрейфом континентов. — В кн.: Геодезия. Новосибирск, 1977, т. 1/41. 4. Зазуляк П. М., Зингер В. Е., Киричук В. В., Мещеряков Г. А. Поле дисперсий аномалий силы тяжести Земли и геологические структуры материков. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1982, вып. 36. 5. Ле Пишон. Спрединг океанического дна и дрейф континентов. — В кн.: Новая глобальная тектоника. М.: Мир, 1974. 6. Ле Пишон, Франшито Ж., Боннин Ж. Тектоника плит. — М.: Мир, 1977. 7. Морган В. Тектоника плит. — В кн.: Новая глобальная тектоника. М.: Мир, 1974. 8. Тектоносфера Земли. — М.: Недра, 1978. 9. Хаин В. Е. Неомобилизм и современные движения. Современные движения земной коры. Теория, методы, прогноз. — М.: Наука, 1980. 10. Cochran J., Teltow M. Tree air gravity anomalies in the world's oceans and their relationship to residual elevation. — Geophys. J. Roy. Astron. Soc., 1977, v. 50, N 3. 11. Henneberg H. G. Local precision nets for monitoring movements of faults and large engineering-structure. Repts. Dep. Geod. Sci., 1978, N 280. 12. Kaula W. M. Absolute plate motions by boundary velocity minimizations. — J. Geophys. Res., 1975, v. 80, N 2. 13. Lambeck K. Methods and geophysical applications of satellite geodesy. — Rep. Prog. Phys., 1979, v. 42. 14. Ritsema A. R. Geodesy, crustal dynamics and earthquake prediction. — Centen. Neth. Geod. Commiss., 1979. 15. Savage J. C. Strain patterns and strain accumulation along plate margin. — Repts. Dep. Geod. Sci., 1978, N 280. 16. Solomon S., Sleep N. Some simple physical models for absolute plate motions. — J. Geophys. Res., 1974, v. 79, N 17. 17. Spess F. N. Geodetic measurements at sea floor spreading. — Repts. Dep. Geod. Sci., 1978, N 280.

\* К сожалению, до сих пор все эти оценки получены с помощью косвенных методов (например, по палеомагнитным данным и т. п.).