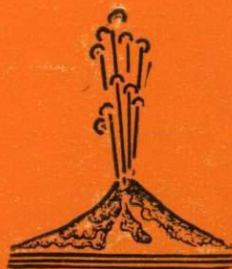


ТЕКТОНИКА И ВУЛКАНИЗМ ПЛАНЕТ

TECTONICS and VOLCANISM of PLANETS

ԵՐԵՎԱՆ  
ԵՐԵՎԱՆ  
YEREVAN

1977



В Библиотеку  
Института  
Геологических наук  
Академии Наук Армении  
от редактора и одного  
из авторов

Рафферельо

3179/80 2817

Проблемы планетоло-  
гии. Том 2.

Планетология и вулканизм плане:

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ ПЛАНЕТОЛОГИИ (IAP)  
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР  
СЕКЦИЯ ПЛАНЕТОЛОГИИ ДО ВАГО ПРИ АН СССР  
АРМЯНСКОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

# ПРОБЛЕМЫ ПЛАНЕТОЛОГИИ

ТОМ 2

## ТЕКТОНИКА И ВУЛКАНИЗМ ПЛАНЕТ

(В СВЯЗИ С ИХ РАЗВИТИЕМ И ВНУТРЕННИМ СТРОЕНИЕМ)



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР  
ЛЕНИНГРАД - ЕРЕВАН  
1977



2817

Ответственный редактор

Г.Н.КАТТЕРФЕЛЬД

**МАТЕРИАЛЫ**

к Симпозиуму № 8

Международной Ассоциации Планетологии

«ТЕКТОНИКА И ВУЛКАНИЗМ ПЛАНЕТ

(в связи с их развитием и внутренним строением)»

Ереван,

16-22 ноября 1977.

УДК 523.4+551.1+523.43+523.41+523.34

## ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА

За десятилетие, истекшее после выхода первого тома «Проблем планетологии» (Острада, 1967), экспериментальная астронавтика обеспечила науки о планетах многими новыми ценными данными и материалами. Сравнительная геология планет или планетология, а также планетография, планетофизика, планетохимия и другие планетные науки за это время продвинулись далеко вперед, особенно в изучении физики и геологии Марса (1971-72) и Меркурия (1974-75).

Во 2-ой том «Проблем планетологии» включено 33 статьи и доклада (в сокращенном изложении), подготовленных советскими и зарубежными планетологами к Симпозиуму Международной Ассоциации Планетологии (IAP) «Тектоника и вулканизм планет (в связи с их развитием и внутренним строением)», Ереван, 16-22 ноября 1977.

IAP, основанная по предложению советских ученых 23 августа 1968, за истекшие 10 лет организовала и провела уже семь Международных Симпозиумов:

- в 1968 - (1) Интерпретация данных, полученных с лунных зондов,  
Хантингтон Бич, США,
- (2) Водные ресурсы внутренних планет, Лас Вегас, США;
- в 1969 - (3) Лунные переходящие явления, Хантингтон Бич, США;
- в 1970 - (4) Формы рельефа и структуры поверхности Марса,  
Хантингтон Бич, США;
- в 1971 - (5) Физика, химия и форма Луны, Москва, СССР;
- в 1972 - (6) Планетология, Монреаль, Канада, и
- (7) Новые подходы к планетологическим проблемам,  
Монреаль, Канада.

Значение равновесной температуры в центре рассматриваемых тел (в рамках теории Дебая и Дюлонга-Пти) оценивается формулой

$$T_c = \frac{C_m}{C_v} \cdot \frac{GM}{2A_0R},$$

дающей для Земли  $T_c = 7500^\circ\text{K}$ , Венеры:  $6400^\circ\text{K}$ , Марса:  $1500^\circ\text{K}$ , Меркурия  $1060^\circ\text{K}$  (здесь  $A_0$  - универсальная газовая постоянная,  $C_m/C_v$  - отношение молярной теплоемкости к удельной теплоемкости, равное по Дюлонгу-Пти 2 для каменных и железных метеоритов).

5. Рассматривая каждую из планет земной группы, как единую напряженную систему и учитывая резко превалирующую роль гравитационных источников энергии над другими источниками, можно показать (на основе теоремы вириала), что эти планеты будут уплотняться и сжиматься, если их средняя температура меньше значения  $T_{cr} = GM / 10 RC_v$  ( $C_v$  - удельная теплоемкость планет). Расчеты по этой формуле показывают неотвратимость сжатия и контракционного коробления твердых внешних слоев массивных планет (для Земли и Венеры  $T_{cr}$  равняется приблизительно  $6500^\circ\text{K}$ , для Луны:  $350^\circ\text{K}$ , Марса:  $1300^\circ\text{K}$ ). Эффект такого сжатия для Земли по астрономическим данным выражается в уменьшении ее радиуса со скоростью 100 см за последние 2000 лет. Такой же темп контракции намечается для Юпитера, который, как теперь известно, излучает энергии из собственных недр в 2,5-3 раза больше, чем получает от Солнца.

Другим важным механизмом коробления и нарушения сплошности твердых оболочек планет является уменьшение их эллиптичности вследствие приливного торможения (Лейбензон, 1911).

В толще Земли лунно-солнечное приливное торможение создает сеть глобально выраженных глубинных разрывов, При прочности  $3000 \text{ кг/см}^2$  литосфера испытывает диастрофизм теоретически через каждые 110 млн лет

(Асланян, 1976). Заметную роль в развитии разрывных нарушений литосферы должна играть также переформировка фигуры планеты в результате изменений ее объема (Каттерфельд, 1962), перераспределения внутренних масс и изменения по этой причине положения планеты относительно оси вращения (Оганезов, 1976).

6. Магматические расплавы в глубоких недрах планет земной группы являются, по всей вероятности, в значительной мере первозданными и продолжают сохранять высокую активность при условии диссипации в них энергии гравитационного сжатия, приливного торможения, конвекционных течений и, частично, разогрева радиогенным теплом, теплом экзотермических реакций и др. В малых планетах ввиду отсутствия достаточно мощных источников энергии сколько-нибудь большие массы первозданных расплавов, по-видимому, не сохранились.

В условиях изменения объема, фигуры, положения и сплюснутости планет земной группы подъем гипоматических расплавов из подкоровых областей (жвельных андезитов, базальтов, пикритов, ультрамафитов) представляется как процесс крупномасштабного глобального фильтр-прессинга, использующего энергию гравитационного поля планет при их сжатии (процесс гравитационного процеживания планет). Другие механизмы вулканической активности — адиабатический газлифт, плотностная инверсия, вязкостная инверсия, разуплотнение магмы и др., активно проявляются лишь в неглубоких внутрикоровых очагах. Ввиду сферичности литосферы зоны разрывов в ней имеют в плане чаще серповидную форму, чем обуславливается форма подавляющего большинства вулканических цепей (Асланян, 1976). Крупные размеры вулканических сооружений на малых планетах обуславливаются, по-видимому, малостью силы тяжести и атмосферного давления (Асланян, 1977). Явление спрединга в зонах срединно-океанических хребтов и сопряженное с ним явление вулканической активности рассматриваются как следствие диапиризма мантийных масс, разви-

вающегося в зонах больших пластических и разрывных деформаций литосферы в условиях приливного торможения и гравитационного сжатия Земли (Асланян, Арутюнян, Воларович, Левкин, 1976).

7. Главное дипольное магнитное поле Земли связывается с внутренним твердым ядром Земли с порядковым номером  $k = 5$  и атомным номером в пределах  $Z = 24 - 36$  (основной состав: Fe - Ni с примесями более тяжелых элементов, включая Pt, Re, Os, Au, Mo и др.). По аналогии с законом квантовой теории магнетизма, можно полагать, что указанное дипольное поле может принимать во времени  $2K + 1$ , т.е. 11 различных пространственных ориентаций. Судя по тому, что инверсии дипольного магнитного поля происходят в периоды глобально выраженного вулканического пароксизма, а последний приурочивается к этапам наибольшего сжатия планеты (Земли), можно полагать, что соответствующее изменение направления электрических токов происходит вследствие изменения природы элементарных носителей тока (например, перехода от электронной проводимости к дырочной, совершающегося, возможно, в этапы относительно интенсивного сжатия планеты). Возможно аномальные ориентации векторов остаточного намагничивания лав отражают указанные особенности изменения направления магнитного поля планет (Асланян, 1962, 1963).

8. Термодинамическим мотивом эволюции вещества планет является принцип минимума смещения, выражающийся в дифференциации исходных относительно высокоэнтропийных малоупорядоченных пыле-газовых масс, метеоритной шихты или магматических расплавов на более простые и сравнительно однородные, малоэнтропийные, более упорядоченные фракции и фазы. В терминах теории разделения такая шихта будет соответствовать «исходному субстрату», относительно простой дифференциат - «продукту», а остаток - «отвалу». Связь между этими динамическими переменными в простей-

шем случае отражена в уравнении минимальности смещения  $f = \beta x y$ , где  $x$  и  $y$  - концентрации «продукта» и «отвала» ( $\beta$  - коэффициент пропорциональности). Дифференциация ювенильной или литогенной магмы на простые производные (включая рудоносные флюиды, рудные квазиматмы и др.) подчиняется указанному принципу, причем существенное значение на ход процесса оказывают резкие нарушения устойчивости дифференцируемых систем, приводящие нередко к катастрофическим эффектам. Эффект вулканического пароксизма есть отклик на подобное нарушение в условиях разрыва литосферы, так же как землетрясения являются откликом на лавинообразное нарастание напряжений на уровне предела ее прочности.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 2817
- А.Т.Аслабян (1962). «Основы количественной теории магнитного поля Земли». Ереван.
- А.Т.Аслабян (1963). Квантовое представление внутреннего строения Земли. - Изв. АН Армянской ССР, Геол. и геогр. науки, XVI, № 6, Ереван.
- А.Т.Аслабян (1976). Предельные значения мощности и прочности литосферы в свете теории гравитационного сжатия и приливного торможения Земли. Изв. АН Армянской ССР, Науки о Земле, № 1, Ереван.
- А.Т.Аслабян (1976). Сжимающаяся Земля как фильтр-прессинговый механизм для экструзии гипоматмических расплавов. - Изв. АН Армянской ССР, Науки о Земле, № 6, Ереван.
- А.Т.Аслабян, А.В.Арутюнян, М.П.Воларович, А.И.Левыкин (1976). Об одном возможном механизме становления гипербазитовых поясов и спрегматических структур литосферы. - Изв. АН Армянской ССР, Науки о Земле, № 5, Ереван.
- А.П.Виноградов (1959). «Химическая эволюция Земли», М.
- Г.Н.Каттерфельд (1962). «Лик Земли и его происхождение», М.
- Л.С.Лейбензон (1911). Деформация упругой сферы Земли. - Собрание трудов, т. IY. Изд. АН СССР, М., 1955.
- Г.Г.Оганезов (1976). К теории тектонической деформации земного свода. - Изв. АН Армянской ССР, Науки о Земле, № 2, Ереван.



## ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕКТониКИ И Вулканизма Луны, Меркурия и Марса

Ю. А. Ходак, И. Н. Томсон, Ю. М. Малиновский, В. Б. Нейман

( Лаборатория осадочных полезных ископаемых АН СССР, Москва ;  
Институт геологии рудных месторождений, петрографии,  
минералогии и геохимии АН СССР, Москва ;  
Секция космического естествознания Московского Отделения  
Всесоюзного Астрономо-геодезического Общества при АН СССР )

Планеты земной группы по геологическому строению и степени дифференциации недр располагаются в следующий ряд усложняющегося развития : безатмосферные Луна и Меркурий, затем Марс с крайне разреженной атмосферой и полярной криосферой, далее обладающая густой углекислой атмосферой Венера и в завершении ряда Земля уже с кислородно-азотной атмосферой, гидросферой, осадочными и метаморфическими толщами с их «углекислым дыханием» по А. В. Сидоренко и др., интенсивным магнитным полем, биосферой с человеком, с активным ротационным режимом вращения ( Г. Н. Каттерфельд и др., 1965 и пр. ). С этих позиций значительный интерес представляет изучение тектоники и вулканизма Луны, как наиболее приближенного к нам планетного тела, а также других твердых планет, в том числе и изучение данных процессов в сравнительном аспекте.

На лунной поверхности в общем плане выделяются : 1 ) изостатически приподнятый с обилием цирковых кальдер древний крахистый «материк», остов которого сложен, согласно пробам «Луны 20» и «Аполлонов 15» и 16», анортозитами и 2 ) опущенный, наложенный на «материк» пояс проплавленных, залитых былой базитовой лавой «морских» впадин преимущественно видимой стороны. Эволюция Луны после ее формирования и ударов по ее поверхности крупных метеоритов сводится к формированию «материка», депрессий, цирков, местами с пепловыми лучами на фоне дифференциации состава планеты в интервале 4,5-1,5 млрд. лет, судя по абсолютному возрасту проб. Эта эволюция, от-

ражаемая в стратиграфической последовательности комплексов горных пород и структур и намечаемая рядом исследователей еще с конца 19-го века ( М. Левш и П. Коизе, А. В. Хабаков, Ю. Шумейкер, Г. Н. Каттерфельд, Ю. А. Ходак, А. Л. Суханов и В. Г. Трифионов, Р. Шайк и др. ), представлена определенными периодами. С учетом предварительно выделенных типов дифференциатов первично ультрабазитового состава эволюция Луны может быть изображена в следующем виде.

Периоды	Типы магматических пород
Древнейший, крижистый ( КВ простираения гор Гемус ), около 4,6 млрд. лет	Пироксеновые перидотиты, местами существенно оливиновые, дуниты, нередко брекчии
Древний - Фра Мауро, апенинский - Са-габбро-анортозитовый ( КВ простираения ), около 4 млрд. лет	Кварцевые, санидиновые, базитовые порфириты с тридимитом, кристобалитом, анортито-битовнитовые, лабрадоровые анортозиты и анортозитовое габбро, их брекчии, катаклазиты
Гиппархский, древний цирковский Алтайский - древние расщелины типа Алтая, Рейта и др.	Андезито-базитовые порфириты, брекчии К-, Na-K рядов Ниггли ( как и везде ниже ), кварцевые, ванидиновые андезито-базитовые порфириты К-ряда ( по «Аполлону 14» ) ( Ю. А. Ходак, 1972 ) Санидиновые К-дацитовые порфириты, брекчии с гранитоидными жилками ( по «Аполлону 12» ) ( М. Drake et. al. 1970 ), троктолиты шпинелевые, гранодиориты К-, Na-K-рядов ( по «Аполлону 15» ) ( J. Ryder , 1975 ) Нориты - Са-полевошпатовые пироксеновые порфириты : бедные К, REE, P ряда, богатые К, REE, P К-, Na-K-

	рядов
<p><u>Раннеморской</u> - фекундитатовый из моря Изобилля, транкиллитовый из моря Спокойствия, около 3,5-4 млрд. лет, катархей-архей</p>	<p>Морские базиты - диабазовые порфири-ты, габбро, их брекчи, обычно - ряда, оливино-пироксеновые ( по «Луне 16»), оливино-пироксено-Са-полевошпатовые - богатые Ti и оливином ( Ti-Fe и др. ), богатые Ti, Fe ( FeO до 23% ), иногда с вулканическими стеклами ( с SiO<sub>2</sub> до 60% ) ( по «Аполлону 11» ), богатые Ti ( TiO<sub>2</sub> 8,5-13,5% ), существенно Fe-Ti базальтоиды ( по «Аполлонам 11», 17» ), ильменитовые, несколько обогащенные K ( K-Na -, иногда бедного K-ряда ) Ильменито-железистые базальтоиды, бедные K, ильменитовые оливино-пироксеновые, оливино-пироксеновые с обилием Ti-Fe пиконитов, существенно железистые, существенно оливиновые, пиконитовые</p>
<p><u>Птолемеевский</u> - основной цирковый</p> <p><u>Имбрийский</u> ( по морю Дождей )</p>	
<p><u>Позднеморской</u> - <sup>л)</sup>процедариевый ( по Океану Бурь ), 3-3,5 млрд. лет</p>	<p>Пироксено-тридимитовое габбро, также кристобалитовое, санидиновое, преимущественно с ромбическими пироксенами или с моноклинными, с обилием вулканических стекол ( с SiO<sub>2</sub> до 80% ) ( по «Аполлонам 12», отчасти 14» )</p>
<p><u>Зратосфенский</u>, цирковый</p>	<p>Предположительно, как и ниже. Базитовые, андезито-базитовые порфири-ты</p>

Коперниковский, цирковый, часто с пепловыми лучами	цирковых кальдер, их пепловых светлых лучей
Молодой морской ( море Паров ), предположительно 0,5-1 млрд. лет	Предположительно верхний протерозой.
Молодой цирковый	Молодые базитовые и базито-андезитовые порфириты
Современный	Туфы опустившихся днищ кальдер цирков, трещин типа Арнадея
	Реголиты, спеки, шлаки и т.д.

Переходя к Меркурию, отметим, что его поверхность похожа на лунную. На нем также намечается древний «материк» с развитием цирков, хотя и в меньшей степени, чем на Луне; наблюдается и протяженная площадь проплавленных морских участков, вдающихся в виде извилистых заливов в древние хребты «материка», кстати, менее рельефного, чем лунный. Интересной особенностью «материка» Меркурия является наличие на нем большого количества цирков с протяженными светлыми лучами; днища ряда цирков от пеплового материала светлые. Эволюция планеты не отличается принципиально от лунной; продолжительность перодов ее развития, ввиду отсутствия данных абсолютного возраста пород, можно сейчас оценить лишь по сопоставлению с Луной.

В отличие от Луны и Меркурия больший по размерам Марс характеризуется несколько иными чертами своего строения и развития. На Марсе намечается, фиксируемый и гипсометрией, приподнятый, но почти лишенный цирков массив вокруг Олимпа и Элизима с гигантскими вулканами. Массив обрамлен опущенным поясом в целом темноватых «морей», менее проплавленных, чем на Луне, и с обилием цирков, хотя и в меньшей степени, чем даже на меркурианском «материке». Анализ гравитационных данных показывает, что они увязываются с новейшей динамикой подкорковых масс, видимо выходящих местами на поверхность в северном полушарии планеты. Эти зоны одновременно являются и пло-

щами развития активного молодого вулканизма, предсказанного Г. Н. Каттерфельдом (1965)\*. Данные площади обрамляются значительным субэкваториальным грабеновым раздвигом Агафодемон (Копрат/Долина Маринера), прослеживающимся на тысячи километров в восток-северо-восточном направлении по контакту с массивом Олимпа. К юго-востоку от него находится талассоидного типа впадина Эллада, также как и массив лишённая цирков. Современная структура планеты не в полной мере отвечает динамике на ней движений крупных блоков поверхностной оболочки. Как видим, эволюция Марса, обладающего полярными шапками из смеси льда  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  и разреженной углекислой атмосферой, характеризуется уже новыми особенностями по сравнению с Лунной и Меркурием. Представляется, что состав марсианской поверхности может оказаться в целом несколько более кислым, чем лунной, а именно не базитовым, а андезитовым или андезито-базитовым (К. Бенеш, И. В. Галибина, Г. Н. Каттерфельд, Ю. А. Ходак и др.)\*\*.

Рассмотренные общие вопросы тектоники и вулканизма Луны, Меркурия и Марса подтверждают большую дифференцированность строения Марса по сравнению с меньшими по размерам Лунной и Меркурием, значительную активность на нем молодого вулканизма, проявляющегося в виде крупных щитовых вулканов типа Олимпского, Аскрейского, Павлинского, Арского; высота этих вулканов достигает 25-30 км. Отмеченное подтверждает положение об усложняющемся развитии геологического строения, степени дифференциации недр планет начиная от Луны и Меркурия к Марсу и далее к Венере и Земле в зависимости от их массы и в известной степени от динамики осевого вращения.

\*) Г. Н. Каттерфельд. Вулканическая активность на Марсе. - Природа, № 8, 1965; G. N. Katterfel'd. «Volcanic activity on Mars». NASA Technical Translation F-410, Washington, D.C. - January 1966.

\*\*) К. Бенеш, И. В. Галибина, Г. Н. Каттерфельд. Тенденция развития планет земной группы. - Изв. АН СССР, Сер. Геол., № 5, 1975. Ю. А. Ходак. «География и геология планет», М., 1972.

## ЗАМЕЧАНИЯ К ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ ЗЕМНЫХ ПЛАНЕТ

К. Бенеш

Оставский Горный институт, ЧССР

Г. Н. Каттерфельд

Ленинградский Государственный университет, СССР

### I. Введение

Исследования поверхностей соседних планет дали убедительные свидетельства универсальности вулcano-тектонических процессов и их значительной роли в геологическом развитии Луны, Меркурия, Марса и Венеры. Вулканические породы были найдены на Луне и без сомнения будут открыты на Меркурии, Марсе и Венере. Однако, современные планетологические исследования приводят к выводу, что по своей вулканической истории и активности планеты существенным образом отличаются друг от друга.

Существуют явные различия между вулканизмом Луны и Земли и вулканизмом Марса и Земли. С одной стороны, имеются планеты, обладающие мощной литосферой без признаков современной вулканической активности (например, Луна или Меркурий), в которых взаимодействия между мантией и корой и диапировые поднятия магматических рашлавоу давно прекратились, и, с другой стороны, такие более массивные небесные объекты, где эти процессы происходили в недавнее время (фанерозойские вулканы Марса и четвертичный вулканизм Земли).

Благодаря успехам экспериментальной астронавтики стали возможны систематические исследования вулканических форм рельефа на отдельных планетах. Некоторые из этих планетных форм более или менее сравнимы с земными, другие — специфичны для той или иной планеты, или для той или иной стадии ее развития. Планетная вулкано-логия ставит ряд ключевых проблем, решение которых способствует также лучшему пониманию вулканической истории нашей Земли.

В настоящее время выявлено, что меньшие и менее развитые пла-

неты, такие как Луна ( $R = 1736$  км) и Меркурий ( $R = 2439 \pm 1$  км), имеют древнейшие (катархейские и архейские) типы литосферы.

Сильно насыщенная кратерами кора доморского (катархейского) возраста относится к «материковому» (terrae) или «анортозитовому» типу.

В Морскую эру развития Луны ( $3,8 - 3,0 \cdot 10^9$  лет назад) процессы магматической активности привели к возникновению морских формаций, среди которых различаются древние и более молодые базальтовые породы (по терминологии Дж.Спэрра — «лунабазн» и «ноубазн»). Морская кора, в отличие от анортозитовой, развивалась регионально и резко асимметрично — преимущественно на видимой стороне Луны. (На Марсе площадь морских формаций — базальтовых равнин значительно больше и сосредоточена преимущественно в северном полушарии). При картировании вулканитов, образовавшихся в Морскую эру, в пределах одного и того же моря выделяется несколько периодов их развития, которые в свою очередь могут быть разбиты на более мелкие стратиграфические подразделения (Г.Н.Каттерфельд, 1977). При лунной базальтизации важную роль играли лавовые потоки. Они особенно хорошо документированы в Море Дождей, где впервые были обнаружены стратиграфическое перекрытие и разновозрастность отдельных потоков. Все эти наблюдения исключают внезапное, катастрофическое образование морской коры. Несмотря на то, что поверхность лунных равнин была существенно модифицирована и выравнена более поздней космическо-метеоритной эрозией, она все еще показывает нам хорошо различимые вулканические формы и структуры: пологие или более крутые куполы, группы вулканических холмов, плато, извилистые долины (русла лавовых потоков), морские гребни, дайки и т.д. Сходные образования в 1972-75 гг. были идентифицированы также на морских равнинах Меркурия и Марса.

Тщательные исследования превосходного фотографического материала, полученного «Лунар Орбитером 5», показывают, что за главной

магматической стадией, которая вызвала базальтовую «океанизацию» обширных пространств, последовали расплавления более или менее локального характера, имевшие место в Эратосфенский и Коперниковский периоды. Такие локальные проявления вулканизма можно обнаружить в ряде мест Океана Бурь, например на эратосфенском плато Рюмкер, в эратосфенском купольном поле Маршуса, в цирках Коперник (возраст  $0,9 \cdot 10^9$  лет), Аристарх, Тихо ( $\sim 0,2 \cdot 10^9$  лет) и в некоторых других. Однако в общем послеморская вулканическая активность на Луне имела тенденцию становиться все более и более локальной.

Таким образом, в истории вулканизма Луны может быть выделено по крайней мере 4 главные стадии:

I - Доморская эра - возникновение аортозитовой коры в масштабе всей планеты,

II - Морская эра - стадия «океанизации» в региональном масштабе,

III - Послеморская эра - стадия локальной вулканической активности и

IV - период вулканотектонического покоя (Каттерфельд, 1969; Венец, Katterfeld, 1973; Бенеш, Галибина, Каттерфельд, 1975).

Изложенная история лунного вулканизма не является уникальной - она, по крайней мере в общих чертах, применима и к другим мало развитым планетам земного типа - Меркурию и Марсу.

Анализ различных типов коры Меркурия и предварительные выводы об истории развития его поверхности - на основе критериев сравнительной планетологии, изучения морфологии и измерений альбедо - были сделаны в статьях: К.Венец, G.N.Katterfeld, 1967; Г.Н.Каттерфельд, 1970; В.Murray et al., 1974; P.Leonardi, 1974; К.Бенеш, И.В.Галибина, Г.Н.Каттерфельд, 1975; Г.Н.Каттерфельд, 1977, и др.

Примитивная кора менее развитых планет, условно называемая «материковой», резко контрастирует с сильно расчлененной и весьма разнородной гранитной корой земных континентов. Базальтовые слои, возникшие в результате процессов «океанизации», напротив, отлича-

ются менее глубокими различиями, будь это на Луне, Меркурии, Марсе или Земле. Известно, что Земля — это планета с молодыми магматизмом, тектоникой и вулканической активностью. Она находится в зрелой стадии своей геологической эволюции и имеет совершенно специфичный тип коры с ее уникальным гранитно-метаморфическим слоем. Такой слой не возник на какой-либо из менее развитых планет. Тектоническое строение современной Земли также очень специфично, и поэтому оно вряд ли сравнимо со строением Луны, Меркурия или Марса. На этих планетах нет ни орогенов земного типа, ни срединно-океанических хребтов с осевыми рифтами (рифтовыми долинами), ни настоящих островных дуг (вулканических цепей, параллельных глубоководным океаническим впадинам). Это основное и очень характерное различие между Землей и другими планетами. Несмотря на различия в стадиях развития этих планет, на них можно констатировать плутоно-вулканические процессы, а также предполагать наличие их на Венере.

## 2. Основные вулканические явления на поверхности Луны, Меркурия и Марса в их сравнении с вулканическими явлениями на Земле.

Наш обзор не включает Венеру, так как данных о формах рельефа и породах ее поверхности и их распределении в масштабе всей планеты недостаточно. В настоящее время имеются лишь радиолокационные данные о круглых впадинах и кратероподобных структурах (Goldstein and Rumsay, 1972; Driscoll, 1973) и сведения о составе пород в трех участках поверхности, изученных «Венерами 8, 9 и 10» (Каттерфельд и Бенеш, 1972; Бенеш, Галибина, Каттерфельд, 1975; Виноградов, Флоренский, Базилевский, Селиванов, 1976).

С точки зрения сравнительной планетологии особую важность приобретает то обстоятельство, что многие из особенностей поверхности Луны можно обнаружить не только на Меркурии, но частично и на Марсе. Этот факт подчеркивает важность лунной геологии (селенологии). Не Земля, а Луна является ключом к лучшему пониманию менее развитых планет и наиболее ранней стадии эволюции планет.

Процессы базальтизации имели место в районах с более высокой проницаемостью, т.е. в тектонически ослабленных районах. Причиной трещиноватости могли быть региональные куполообразные поднятия и интрузии, с другой стороны, нельзя исключить и роль ударной тектоники.

На Луне базальтовые формации встречаются не только в морях, но и в других районах ее поверхности, например на дне некоторых ширков (Платон и др.). Темные морские формации образуют также участки в пониженных «материковых» районах, которые не обозначаются как моря на лунных картах. В некоторых случаях они находятся даже на более высоком уровне (плато Вартентин) или образуют затвердевшие лавовые озера. Темные равнинные образования со сравнительно немногочисленными кратерами также характерны для «океанического» полушария Меркурия. Что касается Марса, ситуация более сложна. На нем было отложено гораздо большее количество равнинообразующего материала, чем на Луне и, возможно, на протяжении гораздо более длительного времени.

Равнинные формации менее развитых планет — независимо от того топографического уровня, который они занимают — являются продуктами ареально-трещинного вулканизма. Их ближайшими земными аналогами являются океанические абиссальные равнины или континентальные платобазальты. Как известно, земные платобазальты занимают обширные ареалы и развивались на протяжении длительного времени. Извержения в бассейне Параны (Южная Америка) длились в течение триасового, юрского и ранне-мелового периодов и распространены на площади 8 млн км<sup>2</sup> (Океан Бурь на Луне занимает площадь около 2 млн км<sup>2</sup>); трапповые излияния в Тунгусском бассейне Сибири имеют пермский и триасовый возраст, а в целом сибирские траппы изливались на протяжении всей мезозойской эры; однородные по составу платобазальты Декканской синеклизы в Индии достигают мощности в несколько тысяч метров, и т.д. Однако, наибольшее региональ-

ное распространение следует приписать базальтовым извержениям на дне океанов. Все эти параметры соответствуют равнинным формациям лунных морей, исключая их возрасты. В отличие от морских формаций менее развитых планет все известные земные аналоги значительно моложе (фанерозойские). Вполне возможно, однако, что их роль была более значительной в архейской истории нашей планеты. Таким образом, они вполне сравнимы с аналогичными формациями на других планетах.

На Луне выход лавовых потоков в вертикальном разрезе впервые наблюдался экспедицией «Аполлона 15» на внутреннем склоне Долины Хэдди, в краевой части Моря Дождей. Один из наиболее четких (самых молодых) языков лавы в этой области имеет около 130 км в длину и от 20 до 50 км в ширину. На равнинах Марса в Амазонии и других областях также наблюдаются последовательные потоки с передней частью в виде языков, которые напоминают земные базальтовые потоки и базальтовые потоки, наполняющие морские бассейны на Луне.

Марс является исключением в том отношении, что в некоторых его равнинных районах развились вулканы с вершинными кальдерами; при этом щитовые вулканы Амазонии и Фарсиды выглядят молодыми и имеют гигантские размеры и высоту (Олимп имеет  $D = 600$  км и  $H$  до 32 км). Особый интерес представляет Фарсида, где на широком тектоническом поднятии расположены вулканы с кальдерами: Арский, Павлиний, Аскрейский, а также Цераунский купол. Другой замечательной особенностью поднятия Фарсиды, описанной несколькими авторами (Nartmann, 1973; Carr, 1974), является колоссальная система его радиальных тектонических элементов. Имеются веские основания считать Фарсиду типичной областью «унаследованных» проявлений вулканизма, имевших место на протяжении значительной части истории Марса. Первоначально имелась усеянная кратерами первичная кора типа лунных «материков». В стадию «океанизации» она явилась ареной арально-трещинного вулканизма, продукты которого покрыли более древ-

ний рельеф. В более позднее время, когда кора стала толще, начался новый вулканический цикл с колоссальным куполообразованием, образованием трещин и с вулканизмом гавайского типа. За исключением одной фазы (куполообразование) мы сталкиваемся с аналогичной последовательностью, например, в центральной части Великого (Тихого) океана.

На Марсе, диаметр которого близок к радиусу Земли, процессы «океанизации» длились, возможно, дольше, чем на Луне и, может быть, на Меркурии. Поэтому базальтовые и другие продукты этих процессов занимают большую часть поверхности планеты, а первичная кора сохраняется преимущественно в южном полушарии (еще один случай антиподальности). По определениям Г.Н. Каттерфельда (1975) и М. Кэрра (Carr, 1976), на Марсе имеются равнины со средним возрастом около 200 миллионов лет («средне-олимпийские»), более древние («амазонские») — от  $1$  до  $2 \cdot 10^9$  лет, и древнейшие («ранне-аладовские») — с возрастом от  $3,5$  до  $4 \cdot 10^9$  лет. (Все эти оценки основаны на подсчете плотности кратеров). Оценка возраста древнейших морских равнин Марса, если она верна, хорошо коррелирует с алтайским периодом Морской эры на Луне.

Вулканические явления на Марсе были подробно описаны и проанализированы рядом авторов (Каттерфельд, 1965; McCauley et al., 1972; Carr, 1973; Hédergári, 1974; West, 1974, и др.), но здесь мы хотели бы привлечь внимание к формам площадного вулканизма, которые наиболее характерны для всех менее развитых планет.

Суммируя результаты исследования их поверхностей, мы приходим к выводу, что процессы базальтовой «океанизации» сыграли весьма значительную роль в планетологической истории. Чем меньше радиус планеты, тем короче периоды океанизации и наоборот. На Марсе в областях Фарсиды и Элизкума наблюдаются конечные стадии «океанизации», реализующиеся в сравнительно молодых вулканах центрального типа.

Лишь начиная с Морской эры (коррелируемой с нашим археем), на менее развитых планетах различные формы проявлений вулканизма (ре-

гионального или локализованного) становятся сравними с проявлениями вулканизма на Земле.

### 3. Заключение

Планеты земного типа развивались не хаотически, но в соответствии с некоторыми общими законами и процессами. Магматические и вулканические процессы являются всеобщими, имеющими место на всех земных планетах. Некоторые из вулканических форм рельефа специфичны для той или иной планеты (вулканы Гавайского типа на Земле и Марсе), тогда как другие взаимно сравнимы (вулканизм площадного типа на Луне, Меркурии, Марсе и Земле).

Современные планетологические исследования позволяют заключить, что отдельные планеты различаются по своей тектонической истории и вулканической активности. Наиболее резкие контрасты наблюдаются в системе Земля-Луна, состоящей из двух физически различных объектов.

Всем земным планетам присущи процессы «океанизации». Они служат причиной того, что обширные пространства поверхности планет покрыты более молодым типом коры базальтового состава. В то время как материковая кора Земли с ее гранитным слоем представляется уникальной, существует большое сходство между «океанической» корой Луны, Меркурия, Марса и Земли. На менее развитых планетах процессы «океанизации» уже прекратились, сначала на Луне и Меркурии, затем — на какой-то более поздней стадии — и на Марсе.

Многие черты Земли (уникальные складчатые системы, сложность строения и состава литосферы, богатство минеральных ресурсов и другие особенности постархейского развития) специфичны и не характерны для других планет (Каттерфельд, Хаин, Ходак, 1965; Бенеш, 1965; Венец, Katterfeld, 1967). Это обусловлено главным образом тем фактом, что ни одна другая планета не была в состоянии такой мобильности и не обладала таким запасом воды (форсирующей геосинклинальное развитие), как Земля, с ее наибольшей массой и активной ротационной динамикой.

# ВОЗМОЖНОСТЬ И НЕВОЗМОЖНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ПЛАНЕТАХ ЗЕМНОГО ТИПА

П. Хедервари

Будапешт, Венгрия

В соответствии с современным уровнем знаний вулканизм можно считать космическим явлением, если мы будем иметь в виду планетные тела земного типа. Под понятием «планеты земного типа» мы имеем в виду планеты и спутники с твердой корой, со сравнительно высокой средней плотностью и имеющие малый размер по сравнению с планетами-гигантами солнечной системы, например, Юпитером. К ним относятся: Луна, Меркурий, Марс, Венера, Земля.

В данном сообщении рассматривается возможность (или невозможность) существования в настоящем (или прошлом) времени определенных, характерных явлений, которые часто встречаются в связи с деятельностью «живых» (активных в настоящее время) земных вулканов.

Следует иметь в виду два важных различия среди планет земного типа: с одной стороны, разницу в ускорении их силы тяжести и, с другой стороны, различие в их атмосферных условиях, если атмосфера имеется вообще. Что касается ускорения силы тяжести, оно имеет следующие значения (по «Справочнику Британской Астрономической Ассоциации», 1970): Луна: 0,165; Меркурий: 0,373; Марс: 0,380; Венера: 0,873; Земля: 1,00.

Атмосфера Луны и Меркурия практически (с точки зрения вулканизма) не имеет значения. У Марса — разреженная, а у Венеры — очень плотная атмосфера. Атмосферу Земли можно считать нормальной (т.е. принять за стандарт).

Следует сказать еще несколько слов о вулканизме земного типа. Как теперь хорошо известно, вулканизм сыграл важную роль в истории Марса. Японские наблюдатели, как и наблюдатели других стран,

много раз сообщали о вспышках и других явлениях на Марсе, которые можно считать проявлениями вулканизма; во всяком случае, по крайней мере некоторые из них могут быть признаками современной вулканической активности на этой планете. Склоны горы Олимп, щитового вулкана на Марсе высотой в 25 км, ровные, без каких-либо ударных кратеров, что свидетельствует о том, что его лавовый покров может быть сравнительно недавнего происхождения. На краю другого мощного кальдерного вулкана Марса было открыто "горячее пятно", которое, возможно, обусловлено внутренним теплом. Дж.Ф.Капен наблюдал длинную полосу, которая могла быть изверженным облаком, переносимым марсианским ветром. Эти и некоторые другие данные говорят о том, что и сейчас на Марсе могут быть действующие вулканы.

"Явление Альфонса", открытое Н.А.Козыревым, объяснялось как извержение вулкана, а У.Камерон придерживается мнения, что многие, если не все так называемые переходящие лунные явления также могут иметь внутреннее происхождение. По мнению автора, эти явления могут быть поствулканическими, сопровождаясь иногда лавовыми потоками или выпадением пепла.

Согласно спектральным наблюдениям Н.А.Козырева, на Венере также могут быть активные вулканы. Радиолокационное зондирование показало, что на этой планете имеются кольцевые горы и, по крайней мере, некоторые из них могут быть вулканического происхождения. То же верно и по отношению к Меркурию, хотя на этой планете пока еще не наблюдались переходящие явления.

Кроме этих соображений, мы можем сослаться на статью К.Бенеша и Г.Н.Каттерфельда в настоящем сборнике, где показано, что вулканизм (в широком смысле этого слова) был одним из важнейших факторов в развитии планет земного типа.

Вулканические явления крайне разнообразны. Мы займемся лишь

некоторыми из них.

Вулканические явления на Земле и других планетах.

<u>Явление</u>	<u>Луна</u>	<u>Меркурий</u>	<u>Марс</u>	<u>Венера</u>	<u>Земля</u>
Полёты вул- канических бомб	Чисто баллисти- ческие	Чисто бал- листические	Со слабым тормо- жением	С сильным торможе- нием	С умеренным торможением
Частицы пепла в извержен- ных обла- ках	Падают на поверхность в соответствии с за- коном свободного па- дения (закон Галилея)		Плава- ют в тече- ние ко- роткого времени в зависимости от силы изверже- ния и от местных и региональ- ных метеорологических факторов	Плавают в течение дли- тельного времени	
Излияния лавы	Возможны	Возможны	Возможны	Возможны	Возможны
Возникно- вание по- душечных лав	Невозмож- но	Невозмож- но	Невозмож- но	Невозмож- но	Возможно
Пламя при сто- рании газов	Невозмож- но	Невозмож- но	Вероятно, возможно	Вероятно, возможно	Возможно

Явление	Луна	Меркурий	Марс	Венера	Земля
<b>Jökulhlaur</b> (извержения под слоями льда и ледниками и выз- ванные ими навод- нения)	Невозмо- ны	Невозмо- ны	Возможны в полярных районах и, может быть, в Элладе	Невозмо- ны (нет льда!)	Возможны (Исландия, о-в Ян- -Майена, Анды, Але- утские о-ва, Ан- тарктида)
Лахары (вулканические грязевые потоки)	Невозмо- ны	Невозмо- ны	Вероятно, это явление было воз- можным (возникно- вание хао- тических районов?)	Проб- лема- тичны, вероят- но, воз- можны	Возможны
Цунами (сейсми- ческие морские волны), вызванные извержениями	Невозмо- ны	Невозмо- ны	Невозмо- ны	Невозмо- ны	Возмож- ны
Грязевые волны (в воде)	Невозмо- ны	Невозмо- ны	Невозмо- ны	Невозмо- ны	Возмож- ны
Волна мелких вулканических обломков (на суше)	Возможна	Возможна	Возможна	Возможна	Возмож- на
Палящие вулка- нические тучи	Возможны*	Возможны*	Возможны	Возможны	Возможны

\* ) Это утверждение автора вызывает сомнения. (Редактор).

<u>Явление</u>	<u>Луна</u>	<u>Меркурий</u>	<u>Марс</u>	<u>Венера</u>	<u>Земля</u>
Возникновение меандрирующих до- лин, вызванное (подгрунтовыми) лавовыми потоками или обрушением лавовых труб	Возможно	Возможно	Возможно	Возможно	Возможно
Воздушные волны, вызванные вулкан- ическими взры- вами	Невозмо- жны	Невозмо- жны	Возмож- ны, но лишь в умеренной степени	Возмож- ны	Возможны
Направленные взрывы - взрывы в определённом направлении, в за- висимости от фор- мы действующего кратера	Возможны	Возможны	Возможны	Возможны	Возможны
Максимальная высо- та, достигаемая выброшенными вверх пепловыми тучами в случае <u>чрезвычайно</u> бурных, кальдерооб- разующих, взрывных извержений	Вероятно, значите- льно больше 100 км, считая от по- верхности	Вероятно, больше 100 км	Вероятно, больше 100 км	Вероятно около 100 км или меньше	Около 80 км (Крака- тау, извер- жение 1883 г.)

<u>Явление</u>	<u>Луна</u>	<u>Меркурий</u>	<u>Марс</u>	<u>Венера</u>	<u>Земля</u>
Фреатические и фреатомагматические извержения (вызванные взаимодействием внутреннего тепла и подгрунтовых вод, взрывами водяного пара, полувулканическими выбросами)	Невозможны	Невозможны	Возможны (благодаря наличию льда и снега в полярных районах и, может быть, в Элладе, если имеются действующие вулканы или трещинные извержения)	Вероятно, возможны	Возможны
Метеорологическое и/или климатологическое влияние извержений	Невозможно	Невозможно	Возможно, в умеренной степени	Возможно, но в значительной степени	Возможно в значительной степени
Процессы гидротермальной активности	Отсутствуют	Вероятно отсутствуют	Возможны	Возможны	Возможны
Дуговые вспышки при взрывах	Невозможны	Невозможны	Вероятно возможны	Возможны	Возможны (например, <u>Везувий</u> )

<u>Явление</u>	<u>Луна</u>	<u>Меркурий</u>	<u>Марс</u>	<u>Венера</u>	<u>Земля</u>
Современные пост-вулканические выделения газа	Возможны («преходящие лунные явления»)	Нет данных	Возможны	Возможны	Возможны
Образование лавовых озёр	Невозможно	Нет данных	Возможно	Возможно	Возможно
Современные извержения лавы	Возможны (явления в кратере <u>Альфонс</u> )	Нет данных	Возможны	Возможны	Возможны
Смерчи, вызванные бурными извержениями	Невозможны	Невозможны	Вероятно, возможны	Вероятно, возможны	Возможны (например, <u>Тамбора</u> )
Возникновение новых островов, вызванное подводными вулканическими процессами	Невозможно	Невозможно	Невозможно	Невозможно	Возможно

# ТЕКТОНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ ВУЛКАНИЗМА НА ЛУНЕ, МАРСЕ И ЗЕМЛЕ

А.В.Авдеев, А.И.Поляков

Институт геологических наук АН КазССР, Алма-Ата, СССР

Успехи геологии, селенологии и космокартографирования Марса, Меркурия и, отчасти, Венеры позволяют наметить эволюционный ряд планет земной группы: Луна - Меркурий - Марс - Венера - Земля (К.Бенеш, И.В.Галибина, Г.Н.Каттерфельд, 1975). Рассмотрим три планеты этого ряда - Луну, Марс и Землю, каждая последующая из которых имеет примерно на порядок большую массу (1 : 8,7 : 81).

Коры Луны и Марса из легкого, существенно плагиоклазового материала и тяжелых оливин-пироксен-ильменитовых и оливин-пироксен-шпинелевых подкорковых кумулятов образовались в раннепослеаккреционный период кристаллизационно-флотационной гравитационной дифференциации частично или полностью расплавленных планет или их мантий.

По Дж.Ф.Хейсу и Д.Уолкеру (1975) 4,6 - 3,8 млрд. лет назад на Луне преобладали процессы ударного кратерообразования, брекчирования, метаморфизма и плавления коровых пород на глубинах менее 60 км; тогда же были экскавированы планетезиμαлями крупные бассейны. Часть из них в интервале 3,8 - 3,6 млрд. лет была залита богатыми титаном ( $TiO_2 > 8\%$ ) базальтами (Море Спокойствия, Море Ясности) как продуктами частичного плавления первой подкорковой оливин-пироксен-ильменитовой зоны на глубинах около 100 км. Позже, 3,4 - 3,1 млрд. лет назад, излились бедные титаном ( $TiO_2 < 5\%$ ) базальты Океана Бурь, Моря Дождей и Моря Изобилия, возникшие при частичном плавлении более глубоких (200-400 км) подкорковых зон. Импактные события коперниковского периода (0,9 млрд. лет) уже практически не сопровождались излияниями базальтовых магм (Х.Х.Шмитт, 1975).

Ранняя история Марса копирует лунную. Качественно новым этапом развития Марса является этап рифтогенеза, сжатия и сопутству-

ющих вулканических процессов. Единственным крупным рифтом Марса является «S»-образная многоступенчатая структура Атафодемон (Corrates), протягивающаяся на 7000 км и наиболее полно раскрытая на своем широтном отрезке. Главные расщелины рифта сопровождаются параллельными, а на замыканиях — решетчатыми трещинными гребнями с насаженными на них кратерными цепочками. Кратеры не имеют аккумулятивных валов и по генезису скорее принадлежат структурам дегазации — обрушения. Вероятно, рифтовые трещины растяжения и скола континентальной коры инъецировались базальтовыми магмами. Выходы базальтов можно ожидать в днищах главных расщелин, в краевых же частях рифта расплавы дегазировали, но, по-видимому, не достигали поверхности. Интенсивный вулканизм на Марсе с образующим вулкано — купольных, кальдерных, гигантских кольцевых структур и стратовулканических построек с диаметрами до 600 км и высотой до 30 км с вершинными кальдерами до 100 км в поперечнике проявлен в зонах скатия, комплементарных главному рифту, но имеющих иное простирание (СВ 10,37,45°).

Те же закономерности в проявлении вулканизма характерны и для Земли, особенно на геосинклинальном этапе ее развития (с 1,1 млрд. лет назад до настоящего времени).

В современных океанических рифтах извергается толеит-базальтовая магма из малоглубинных (< 100 км) мантийных очагов вдоль параллельных рифтам трещин. Выводные каналы фиксированы обильными мелкими конусами и маарами. Как правило, поперечники конусов не превышают первых сотен метров, даже мощные стратовулканические постройки имеют четкие линейные формы (Текла).

Гораздо более крупные размеры свойственны океаническим вулканам, сложенным более разнообразными базальтоидными дифференциатами, тяготеющим к узлам пересечения разноориентированных разломов и удаленным от срединно — океанических хребтов к периферии океанских бассейнов (Гавайские, Галапагосские, Канарские и др. острова).

Обычно это щитообразные вулканы высотой до 9 км с вершинными кратерами, щит-кратерами, кальдерами и эллиптическими трещинными зонами с максимальными поперечниками в 4 - 6 - 11 км.

В континентальных рифтовых зонах, например, Восточно - Африканской, преобладающим типом питающихся из более глубинных (>100 км) щелочно-базальтоидных очагов вулканических сооружений также являются мелкие шлаковые конусы, маары. Более редки крупные стратовулканы с вершинными кальдерами типа «бункеров над раскрывающимися рифтами» (по Е.Е.Милановскому, 1974) диаметром 4 - 10 км, причем обширные кальдеры вроде Нгоро-Нгоро (до 20 км) скорее представляют исключение, чем правило.

В близмеридиональных зонах сжатия континентальных окраин и островных дуг на Земле развиваются более крупные вулканические сооружения обычно в такой последовательности: щитообразные базальтовые → конические андезит-базальтовые стратовулканы → кальдеры и депрессии с андезит-дацит-липаритовым и поздним базальтовым вулканизмом. Поперечники кальдер и депрессий, как правило, зависят от мощности (типа) коры и при средних размерах 10 - 20 км достигают 45 км. В поздних орогенах запада США отмечены округлые депрессии диаметром 140 км (плато Моголлон по В.Е.Эльстону, 1965), а на космических снимках ERTS дешифрируются кольцевые структуры диаметром до 500 - 800 км, сопровождающиеся известково-щелочными вулканитами (структуры Снейк, Большой Бассейн и др.).

По диаметрам кольцевых разломов вулканические структуры Марса близки земным позднеорогенным (субсеквентным) структурам на мощной континентальной коре, а по высоте - гавайским щитам из переслаивающихся потоков маловязкой базальтовой лавы.

Дешифрирование космоснимков Луны убеждает в том, что образование ее коровых кольцевых структур и инициация магматизма связаны с импактными процессами (ударно-взрывная тектоника). Эндогенное

тепло обеспечивало высокую температуру подкоровых зон, образование расплавов и подимпактных конвективных ячеек. Вместе с тем большая мощность ( $\sim 60$  км) и тугоплавкость лунной коры не способствовали проявлению вулканизма в чистом виде. Плавление силикатов и подъем коровых и глубинных расплавов оказывались возможными лишь при суммировании результатов внутренних и импактных процессов и их энергий.

Формирование земных и марсианских рифтов и зон сжатия связано, скорее, с астеносферной конвекцией. Рифты, по-видимому, возникают над зонами подъема и дивергенции, а сжатие реализуется над зонами опускания или конвергенции конвективных струй. Магматические очаги в первом случае концентрируются в телах первичных, во втором случае — телах вторичных диапиров. Подъем первичных диапиров сам по себе является материальным выражением восходящей конвекции, вторичные же диапиры возникают при частичном плавлении опускающихся конвективных масс. Докембрийским этапам развития Земли были более свойственны изометричные, поздним — линейные диапиры.

Существенную роль в термодинамическом режиме «развитых» планет земной группы играет вторичное тепло термомеханического происхождения, выделяемое в результате тектонических движений и деформаций (А.И.Поляков, 1975, 1976), которые могут быть вызваны как внутренними (гравитационное сжатие, конвекция, плотностная инверсия), так и внешними, космическими причинами.

Рассмотрение вопроса о тепловыделении при деформациях, вызванных приливными силами, показало, что гравитационное влияние со стороны Солнца приводит к появлению закручивающего момента (торка) и тенденции смещения сферических оболочек планет относительно друг друга. Смещение неустойчиво и локализуется в узких сферических слоях, приводя к существенному снижению их вязкости. Поскольку мощность диссипируемой энергии пропорциональна тензору скоростей де-

формации, выделенная тепловая энергия концентрируется в волноводах, способствуя генерации магмы.

В соответствии с гипотезой разгрузки Р.Аффена (1959) растягивающие напряжения приводят к снижению гидростатического давления, падению температуры плавления и генерации магматических очагов. Поскольку длительная прочность на отрыв пород невелика, растяжение реализуется в надстеносферном слое образованием трещин отрыва, рифтовых грабен и рвов. Уровень вторичного механического тепла при рифтообразовании незначителен. Подъем магм осуществляется по закону Архимеда. Конкретные механизмы подъема — плотностная инверсия, увеличение объема, газовое вскипание магмы в близповерхностных условиях.

В областях интенсивного сжатия на Земле действующие силы велики, уровень тепловыделения значителен. Области характеризуются повышенными тепловыми потоками на поверхности и существенным прогревом вещества на глубине. Рассмотрение процесса деформирования слоистой модели с различными механическими свойствами и температурами плавления слоев позволяет обосновать возможность непосредственного возникновения расплавов у границ слоев. Незначительное снятие напряжений вследствие, например, землетрясений, изменения ротационного режима планеты и т.п., усиливает процесс генерации магмы; наиболее полно акселерация должна проявляться на вращающихся планетах в зонах меридионального простирания, что подтверждается земными и марсианскими примерами.

Анализ напряженного состояния в областях сжатия определяет главный механизм подъема магм — тектоническое выжимание (вязкостная инверсия), к которому присоединяются механизмы увеличения объема, плотностной инверсии, газового вскипания (Е.И.Паталаха, А.В. Авдеев, 1975 ).

# НЕКОТОРЫЕ СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВУЛКАНИЗМА

## ЗЕМЛИ И ЛУНЫ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Р.А.Аракелян, К.Г.Ширинян

Институт геологических наук АН Армении, Ереван, СССР

1. На космических и аэровысотных снимках различного масштаба на территории Армянского вулканического нагорья отчетливо выделяются огромные вулканические массивы (Большой Арарат, Арагац, Чилдыр, Эрушет, Абул-Самсар, Сеханд, Ишханасар и др.), крупные полигенные конусовидные вулканические горы (Малый Арарат, Тендурек, Сипан, Немрут и др.) и многочисленные, сравнительно мелкие вулканические аппараты в виде самостоятельных или побочных (на склонах крупных полигенных вулканов) конусовидных построек (преимущественно шлаковых), представляющих моногенные вулканы. Опираясь на характерные морфологические формы рельефа, видимые на космических снимках, разработаны критерии дешифрирования и морфологическая классификация вулканов.

2. В глобальном плане расположение крупных полигенных вулканов и вулканических массивов контролируется с одной стороны линеаментами и тектоническими линиями близширотного простирания (Анатолийско-армяно-иранская дуга), с другой - линеаментами близмеридионального (Арагац-Самсар-Кабарджин-Казбек-Эльбрус) и отчасти диагонального (Немрут-Сипан-Тендурек-Арарат-Варденис) простираний. Пространственное расположение моногенных вулканических аппаратов имеет более сложный - разноориентированный характер. Они приурочиваются к трещинам, протяженность и ориентация которых согласуются с тектонико-магматическими условиями, свойственными верхним этажам земной коры.

3. Линеаменты различных морфогенетических типов, контролирующие расположение вулканов и питающих их подводных глыб -

бинных каналов, на космических и аэровысотных снимках разграничиваются достаточно четко. Более того, линеаменты, связанные с проявлениями вулканизма, позволяют обнаруживать многочисленные вулканические аппараты и постройки, которые на существующих геологических картах не значатся.

4. Выявляется закономерная линеаментная связь промежуточных магматических очагов, что указывает на их близость по времени образования, а также линеаментная связь промежуточного очага с вулканическим аппаратом.

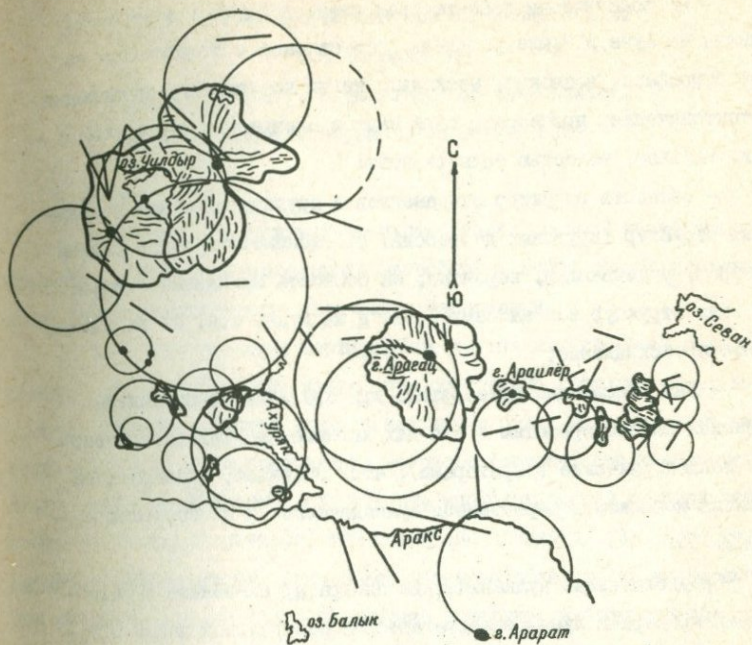
5. Выявляются возможные промежуточные очаги отдельных вулканов в виде крупных круговых депрессий (в отличие от геологических кольцевых структур, которые несоизмеримо меньше вулканических), в пределах которых соответствующие вулканы занимают периферическое положение. На этом основании делается вывод о том, что центры вулканических извержений располагаются на периферии депрессии вулканических очагов (фиг.1).

Эта картина находит объяснение в особом механизме образования каналов при подъеме кровли магматического очага.

Размеры указанных круговых депрессий сопоставимы по размерам и значимости с вулканическими аппаратами, расположенными на периферии самих депрессий. Эти закономерности проверены на космических снимках вулканов Армянского вулканического нагорья, Кавказа, Камчатки, Италии и др., по-видимому, имеют глобальный характер и позволяют несколько иначе, чем существующие представления, объяснить механизм образования вулканов.

6. Сравнительный анализ вулканизма Луны и Земли показывает следующее:

- вулканические постройки и аппараты на Луне несравненно крупнее, чем на Земле и по крупности не имеют своих аналогов на нашей планете (по данным сравнения равномасштабных глобальных снимков);



Фиг.1 Схема расположения вулканов и депрессий  
вулканических очагов

Условные обозначения

- ☼ Вулканические аппараты и их потоки
- Депрессии вулканических очагов
- Разрывные нарушения

- морфологически и по распределению продуктов извержения вулканы на Луне и Земле различны, что связано с отсутствием на Луне атмосферы, возможно, несколько иными по масштабу проявлениями тектонических процессов, связанных с внутренним строением Луны и, главное, малостью силы тяжести;

- общность структур линейментов и крупных линейных и кольцевых структур (круговых депрессий) и закономерная связь с ними вулканов, указывающая, вероятно, на общность механизма зарождения этих структур как на Земле, так и на Луне, т.е. на их эндогенное происхождение;

- многочисленные метеоритные кратеры Луны не подчинены указанным закономерностям и для них характерны круговые депрессии (концентрические с кратерами), что, очевидно, указывает на различия механизмов образования вулканических и метеоритных кратеров.

Предполагаемые вулканические аппараты, связанные с метеоритными кратерами Луны, располагаются в центральной части круговых депрессий, что указывает на экзогенный характер их образования.

7. Приведенная выше новая информация, полученная из анализа разномасштабных космических снимков, дает возможность детализировать разработку вопросов сравнительной характеристики планет земной группы, так как указанные выше закономерности прослеживаются также по материалам съемки Луны, Меркурия и Марса. Следовательно, имеются все основания для разработки единой морфогенетической классификации планетных вулкано-тектонических структур.

# ПРИНЦИПЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ ПЛАНЕТ

Г. Н. Каттерфельд

Ленинградский Государственный университет,

Лаборатория аэрометодов МинГео СССР.

## Введение

1. Методика геологического картирования земной поверхности применима к изучению поверхности литосферы и любой другой планеты, когда имеется достаточное количество наблюдений.

2. Планетологическое картирование других планет имеет больше средств для решения своих задач, чем собственно геологическое; помимо (1) принципа суперпозиции (наложения более молодых слоев на более древние), для определения возраста формаций оно использует также следующие критерии: (2) степень морфологической сохранности (чем древнее форма рельефа, тем более она стерта); (3) плотность распределения кратеров (чем более насыщена поверхность кратерами, тем она древнее (рис. 1); (4) альbedo поверхности (чем светлее поверхность, тем более древними породами она сложена; альbedo является также носителем информации о их петрохимическом составе (рис. 2). Эти критерии мало применимы (2) или вообще неприменимы (3 и 4) в земных условиях, тем более для древних (до-кайнозойских и особенно докембрийских) образований.

3. Важным элементом геологической карты, облегчающим восприятие ее многоплановой информации (возраст, структуры, петрохимический состав и т.д.) является цвет. Для хроностратиграфических подразделений ранга периодов (систем) используется определенная последовательность цветов. В пределах одного и того же периода более интенсивные оттенки цвета используются для более древних его эпох (отделов), менее интенсивные — для более молодых.

В селенологических легендах Отдела Астрогеологии Геологической Службы США возраст обычно показывается более или менее спек-

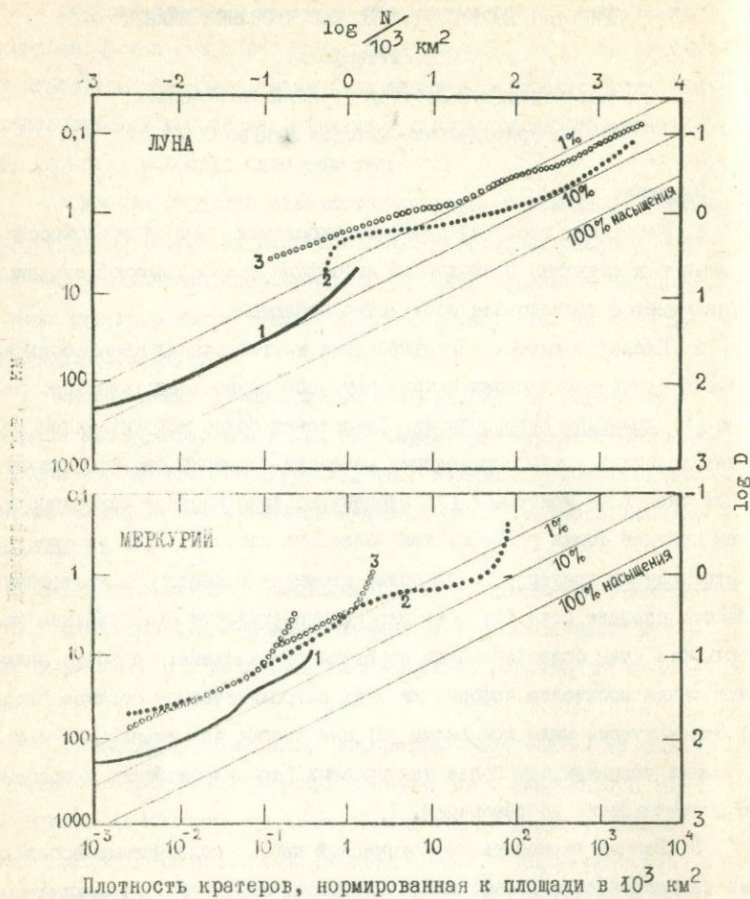


Рис. 1. Распределение кратеров по частоте и размерам для древних доморских (жирные линии) и более молодых морских (точечные линии) поверхностей Луны и Меркурия.

Луна: 1 - древние «материки» с высокой плотностью кратеров и возрастом порядка  $4 \cdot 10^9$  лет (по данным «Аполлона 16»); морские покровы с малой плотностью кратеров: 2 - алтайские, с возрастом около  $3,8 \cdot 10^9$  лет (по данным «Аполлона 14»); 3 - процелляриевые, с возрастом  $3,1-3,3 \cdot 10^9$  лет (по данным «Аполлона 12»).

Меркурий: 1 - доморская поверхность восточной части западного полушария (сектор кратера Кэйпер); морские покровы: 2 - на равнине Одина (восточнее Моря Жары); 3 - в Море Жары.  
(Сост. по данным Брюса Мёррея и др., 1974)

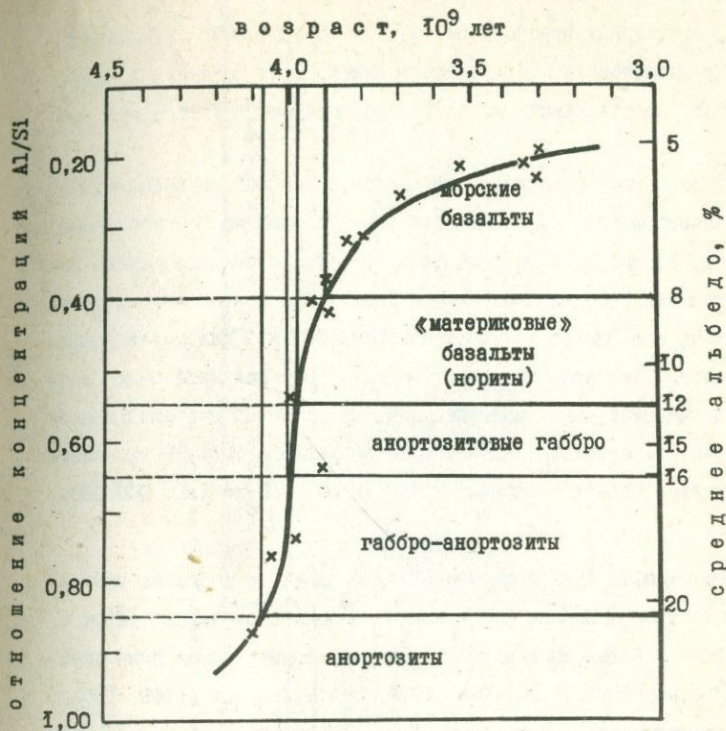


Рис. 2

Зависимость между петрохимическим составом различных типов пород лунной поверхности, ее альbedo и возрастом  
(Сост. по данным Дж.И.Тромбки и др., 1975, В.В.Шевченко, 1975)

Зависимость между отношением интенсивностей  $I$  рентгеновского излучения Al/Si и альbedo  $\rho$  (по 115 точкам отсчета) аппроксимируется уравнением  $I = 0,088\rho + 0,158$ , при коэффициенте корреляции  $r = 0,70$ . По другим, более полным данным (Adler et al., 1973; Andre et al., 1976),  $r = 0,78$ .

трально: в сторону красного цвета для более молодых образований, в сторону фиолетового — для более древних; для древнейших (до-Имбрийских) образований используется коричневый цвет и его оттенки.

Однако, последовательность цветов, принятая по предложению А.П.Карпинского для геологического картирования на Международном Геологическом Конгрессе в Болонье в 1881 г., с тех пор широко используется уже не одним поколением геологов, а поэтому более предпочтительна и в планетологическом картировании. Для целей планетологического картирования Луны, Марса и Меркурия нами были разработаны редуцированные модификации геологической цветовой последовательности, использованные для составления в 1974-75 гг. цветных карт этих планет в масштабах от 1:2 000 000 до 1:15 000 000.

### ЛУНА

Стратиграфия Луны и периодизация истории ее развития начали разрабатываться в Европе еще в конце прошлого столетия (Леви и Поизё, 1896). Дальнейший вклад в изучение стратиграфии Луны внесли В.Хоммель (1919), Г.Мак-Юэн (1929) и А.В.Хабаков (1949, 1960). Первые геологические карты Луны были опубликованы почти одновременно в Советском Союзе (А.В.Хабаков, 1960) и Соединенных Штатах Америки (Р.Дж.Хэкман, 1961). Европейская школа лунной стратиграфии в ее современной модификации выделяет 3 эры развития Луны — Доморскую, Морскую и Послеморскую, подразделяемые на 9 периодов (систем): 1. Древнейший, 2. Небуляриевый, 3. Гипсархский; 4. Алтайский, 5. Птолемеевский, 6. Процелляриевый; 7. Эратосфенский, 8. Ранний Коперниканский и 9. Поздний Коперниканский (Табл. I и 2).

Американская школа выделяет четыре основных подразделения лунной стратиграфии, впервые разработанных для района Коперника — Архимеда (Шумейкер и Хэкман, 1962) и несколько модифицированных позднее (Мак-Колей, 1967; Уилхелмс, 1970): Коперниканская система

Табл. I. Развитие представлений о периодизации лунной истории и стратиграфии Луны за 80 лет (1896 - 1977)

М.Левин и П.Пиззе, 1896	В.Хоммель, 1919	Г.Мак-Ден, 1929	А.В.Хабаров, 1949, 1960	Б.Шумейкер и Р.Хакман, 1962	Г.Н.Каттерфельд, 1966, 1969			А.Л.Сулягов и В.Г.Трифонов, 1969 и 1974	
			Период	Период	Эра	Период	Индекс	Морские комплексы	Кратерные комплексы
У	У I	У II	У II. Современный	У. Коперниканский У I. Эратосфенский	Древняя Морская	У II. Современная эпоха	М	Самые молодые морские комплексы	Коперниканский Эратосфенский
		У I. Коперниканский				С	?		
У I	У I	У I	У. Океанский	Ш. Пропеллярный	Морская	У. Пропеллярный	О	Пропеллярный	Архимедовский подкомплекс
Ш	Ш	Ш	У I. Птолемеевский	П. Имбрический		У I. Птолемеевский	Р	Медийский подкомплекс	Птолемеевский
	П	П	Ш. Алтайский		Ш. Алтайский	А	Алтайский	?	
П	I	I	П. Гиппархский	I. До-Имбрический	Новая Морская	П. Гиппархский	Н	?	Гиппархский
			I. Древнейший			I. Древнейший	Ant	Небулациевый и Древнейший	Ant
I					Эра до образования лунной коры				

— материал лучистых кратеров и коррелятные им породы; Зратосфенская система — отложения кратеров, более древние, чем материал лучистых кратеров, но моложе морских пород; Имбрийская система — темноцветные морские породы, отложения Архимеда и других затопленных кратеров, покров выбросов из Моря Дождей и их корреляты; Доимбрийская система, — везде более древняя, чем покров имбрийских выбросов. При отсутствии в том или ином районе этих региональных подразделений, экстраполяции делаются на основе 1) плотности наложенных кратеров, 2) корреляции морфологии с возрастом, т.е. на основе указанных выше критериев (2) и (3) планетологического картирования.

Таким образом, выделяемые обеими школами стратиграфические подразделения совпадают только для после-морских формаций, а для морских и до-морских они различаются (см. Табл.1). Сравнение карт, составленных на основе европейской и американской методик селенологического картирования, было сделано в работах К.Бенеша (1972) и Д.Уилхелмса (1972).

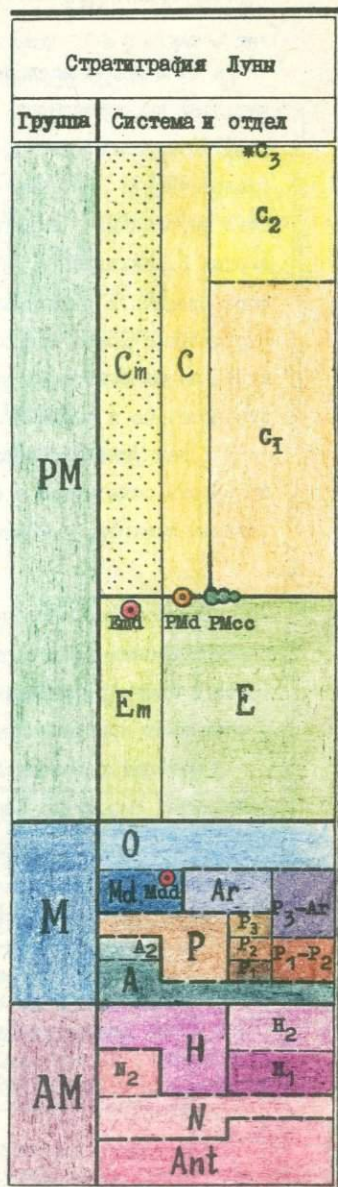
Демонстрируемые на данном Симпозиуме цветные геолого-морфологическая и геологическая карты Луны в масштабах 1:5 000 000 составлены автором по данным дешифрирования снимков лунной поверхности с «Лунар Орбитеров» и «Аполлонов» (1-ая карта), а информация о ее петрохимическом составе и абсолютном возрасте пород (2-ая карта) была получена из распределения лунного альbedo и данных анализа образцов, доставленных на Землю (т.е. с использованием четвертого критерия планетологического картирования). Метеоритный счетчик лунного времени (критерий 2) также оказался вполне пригодным для целей селенологического картирования, так как сделанные ранее на его основе оценки абсолютного возраста морских и других формаций Луны по порядку величины совпали с теми, которые были получены из прямых радиоизотопных определений.

В основу построения геолого-морфологической карты Луны положена оригинальная хроностратиграфическая цветовая легенда (Табл.2);

Таблица 2

## ХРОНОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА ЛУНЫ

Хронология Луны			Время, 10 <sup>9</sup> лет
Эра	Период и эпоха		
Послеморская	Коперниканский комплекс морских образований	Коперниканский	Современный Поздний Коперниканский
		Коперниканский	Ранний Коперниканский
Морская	Эратосфенский комплекс морских образований	Эратосфенский	Эратосфенский
			Процелляриевый *
Доморская	Небуляриевый	Древнейший	Гиппарх-Поздняя Гиппархская
			Гиппарх-Ранняя Гиппархская
			Н <sub>2</sub>
			Н <sub>1</sub>
			Н <sub>2</sub>



\*) Морские периоды в истории Луны

она является результатом 14-летнего исследования различных принципов и цветовых решений построения фотогеологических карт Луны. (Первые карты Луны, составленные автором, были опубликованы 12 лет назад).

В отличие от всех имеющихся аналогичных карт, как американских, так и отечественных, в ней дается не произвольный, а строго последовательный подбор цветов, соответствующий раскраске земных геологических карт, более привычной для глаза геолога, а количество выделяемых стратиграфических подразделений равно 18. (На картах Д. Уилхелмса - Дж. Мак-Колея (1971) и В. Г. Трифонова (1974), составленных в масштабах 1:5 000 000 и 1:10 000 000, количество стратиграфических подразделений равно 12 и 9). В американской карте используются 43 цвета и оттенка (не только для изображения возраста, но и различных формаций), что очень дробит общую картину и затрудняет восприятие карты. На нашей карте большая детальность сочетается с более экономным использованием изобразительных средств, - 28-ми цветами и оттенками.

### МЕРКУРИЙ

Геолого-морфологическая карта Меркурия составлена по данным дешифрирования космических снимков, полученных с «Маринера 10» в марте и сентябре 1974 и марте 1975. Она имеет масштаб 1:4 000 000 и покрывает приблизительно 45 % поверхности планеты.

В истории развития Меркурия нами выделяются 3 эры (группы) - Доморская, Морская и Послеморская, подразделяемые каждая на 3 периода (и соответствующие им стратиграфические системы) (Табл. 3): 1. Древнейший, 2. Небуляриевый, 3. Трисмегийский; 4. Нептунский, 5. Калорисский\*, 6. Лигурийский\*\*; 7. Антониадиевый, 8. Кэйперовский, 9. Новейший.

\*) От Caloris basin - бассейн Марс.

\*\*) В честь Джованни Скиапарелли, открывшего наиболее крупные темные пятна на поверхности Меркурия. Лигурией называется область на севере Италии и равнина внутри бассейна Марс.

Таблица 3

Предварительная хроностратиграфическая шкала Меркурия  
и ее сравнение с периодизацией истории Луны

Меркурий		Луна		Время, 10 <sup>9</sup> лет
Эра	Период	Эра	Период	
Послеморская PM	Поздний послеморской (образование наиболее молодых лучистых кра- теров)	Послеморская PM	Поздний Коперниканский	0
	Средний послеморской (образование лучистых кратеров типа Кейпера, а также наиболее молодых кратеров без луче- вых систем)		Ранний Коперниканский	1
	Ранний послеморской (послеморские кра- теры, уже лишённые светлых лучей)		Эратосфенский	2
Морская M	Поздний морской	Морская M	Процелляриевский	3
	Средний кратерный		Птоломеевский	
	Ранний морской		Алтайский	
Доморская AM	Поздний доморской	Доморская AM	Гиппархский	4
	Средний доморской		Небуляриевый	
	Ранний доморской		Древнейший	
Космогоническая стадия		Космогоническая стадия		5

В Древнейший (ранний доморской) период происходило образование анортозитовой коры планеты. Нептунский и Литуржийский периоды относятся к Морской эре и представлены древними и более молодыми базальтовыми полями, залегающими в «морях» типа Моря Нептуна и Моря Марс. В остальные периоды происходило образование цирковых и кратерных комплексов пород. Наиболее молодые кратеры Кёйперсвской и Новейшей систем обладают хорошо развитыми светлыми лучевыми системами, что позволяет уверенно отличать их от всех более ранних кратерных комплексов предшествующих периодов.

На карте выделены разломы и другие линейные структуры разных порядков, образующие четко выраженные глобальную и региональные (радиальные и концентрические) системы.

Предварительный анализ структурно-морфологического строения Меркурия позволяет заключить, что а) Меркурий находится на промежуточной стадии развития между Луной и Марсом (причем значительно ближе к Луне, чем к Марсу); б) Меркурий — сжимающаяся планета, о чем свидетельствует большое развитие взбросов и надвигов\*. Более точное определение возраста этих структур с использованием указанных выше критериев позволит уточнить время, длительность и масштаб процесса сжатия, а тем самым — и его вклад в историю развития поверхности планеты.

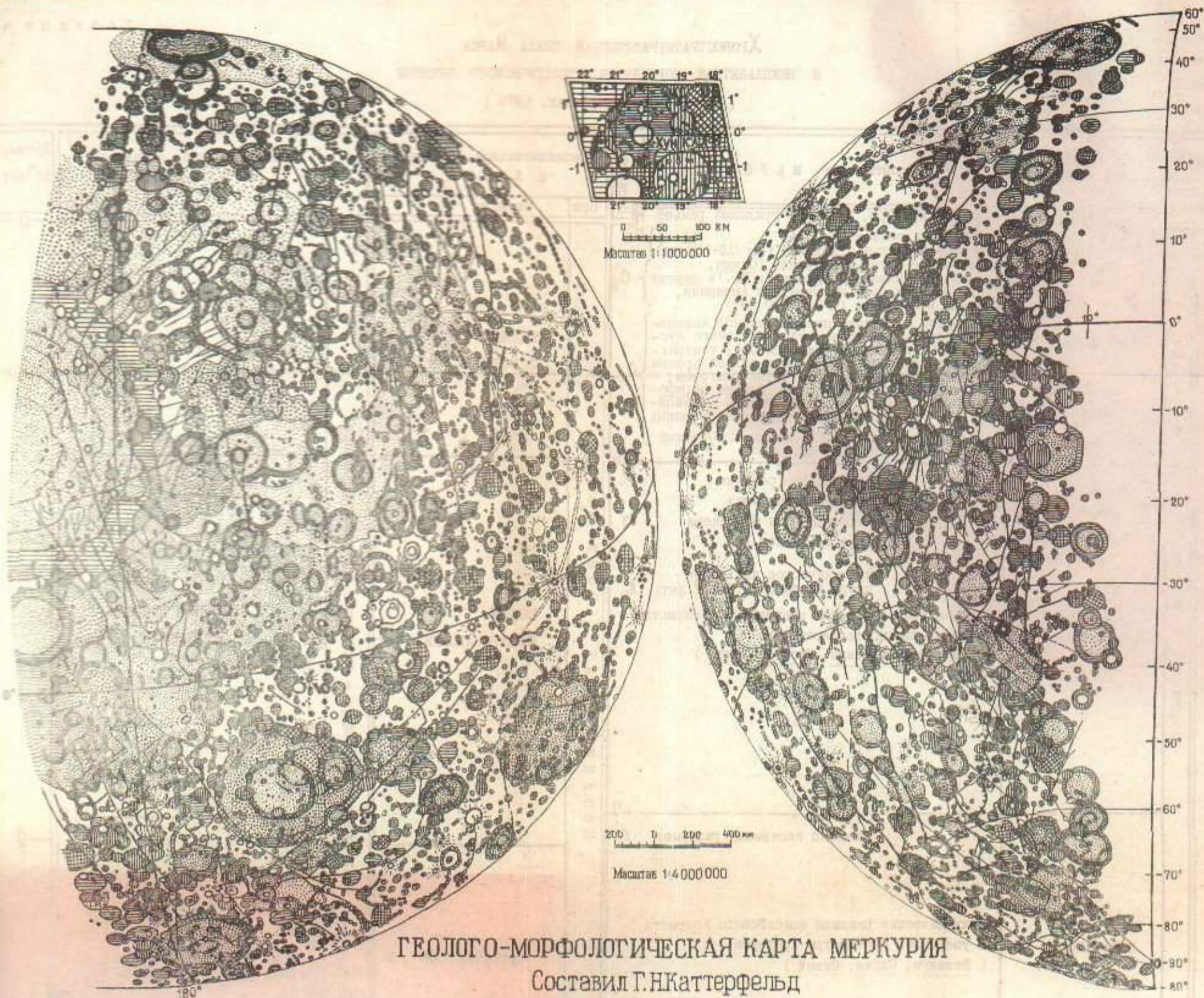
#### МАРС

Нами составлены глобальные ареологические карты в масштабах от 1:6 000 000 до 1:15 000 000. Фотогеологическая, геолого-морфологическая и морфогенетическая карты Марса выполнены по данным дешифрирования космических снимков миллионного масштаба, полученных с «Маринера 9», «Марса 4» и «Марса 5».

На фотогеологической карте в обобщенной форме и в глобальном масштабе дана стратиграфия этой планеты. Выделяются следующие кру-

---

\* ) Сокращение радиуса Меркурия составило величину по крайней мере порядка  $10^{-3}$  (Стром и др., 1975).



## ГЕОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА МЕРКУРИЯ

Составил Г.Н. Каттерфельд

(по данным дешифрирования снимков с «Маринера 10»)

1975

### ПЕРИОД

### НАИМЕНОВАНИЕ Индекс Э П О Х А Индекс

### РАЗРЫВНЫЕ НАРУШЕНИЯ

**Поздний послеморской**  
(наиболее молодые лучистые кратеры, кратеры с темным галом и светлые лучистые выходы, перекрывающие образования Кэйперовской системы)

Новейший

Index

Nv

разломы: а - I порядка (протяженность - сотни и тысячи километров),

б - II порядка (протяженность - десятки и сотни километров);

в - разломы, выраженные цепочками кратеров;

г - взбросы и надвиги

**Средний послеморской**  
(светлые лучистые кратеры типа Кэйпера и наиболее молодые кратеры без лучевых систем)

Кэйперовский

Index

K

### ЛИНЕАМЕНТЫ

а - гребни (гребни в Море Лари относятся либо к последнему этапу морского лигурийского периода, либо имеют ранний послеморской - антониадиевский - возраст);

б - тектонические уступы;

в - долины

**Ранний послеморской**  
(послеморские кратеры, уже лишенные светлых лучей)

Антониадиевский

Index

A

Поздняя Антониадиевая

Index

A<sub>2</sub>

Ранняя Антониадиевая

Index

A<sub>1</sub>

**Поздний морской**  
(морские базальты в цирках и в молодых круговых бассейнах типа Моря Лари)

Лигурийский

Index

L

Поздняя Лигурийская

Index

L<sub>2</sub>

Ранняя Лигурийская

Index

L<sub>1</sub>

**Средний морской**  
(бассейны типа Моря Лари и обрамляющие их горные кордильеры; кратеры и цирки среднего размера и возраста)

Калорисский

Index

C

Поздняя Калорисская

Index

C<sub>2</sub>

Ранняя Калорисская

Index

C<sub>1</sub>

**Ранний морской**  
(морские базальты в древних морях типа Моря Клитера, Моря Марса и Моря Пана)

Нептунский

Index

N

### ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ФОРМЫ

русла лавовых потоков (риды)

фронт лавового потока

вулканические купола

**Поздний доморской**  
(горные возвышенности, обрамляющие древние моря; древние кратеры и цирки)

Трисмегистийский

Index

T

**Средний доморской**  
(древнейшие кратеры и цирки, местами - базальтовые покровы)

Небуляриевский

Index

Nb

**Ранний доморской**  
(древнейшая межкратерная поверхность, переработанная последующими процессами)

Древнейший

Index

Ant

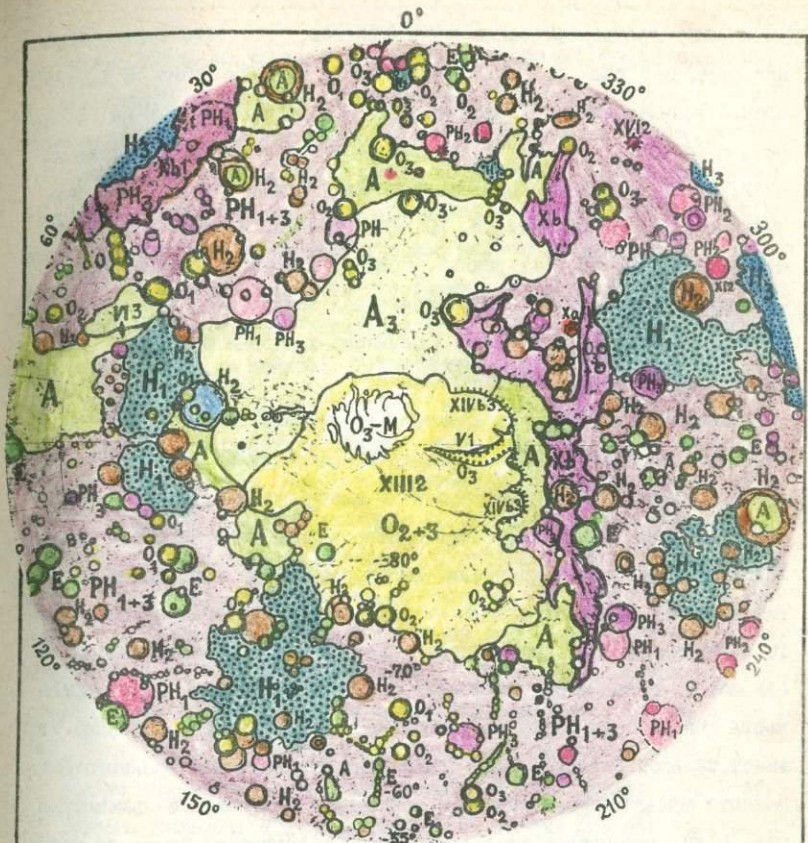
**Примечание:** Наименования морских бассейнов, кратеров, уступов и других форм рельефа см. на стр. 255 - 256 «Каталога топографических названий».

**ХРОНОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА МАРСА**  
И МЕЖПЛАНЕТНАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ  
(Сост. Г.Н. Каттерфельд, 1975)

Таблица 1

Стадии развития	Эрн	События на МАРСЕ	Периоды	Приблизительное сравнение с ЛУНОЙ		Приблизительное сравнение с ЗЕМЛЕЙ		Время, 10 <sup>9</sup> лет	
				Эрн	периоды				
II. ПЛАНЕТОЛОГИЧЕСКАЯ ~ 4,6 · 10 <sup>9</sup> лет	Осадочные и осадочно-вулканические отложения	Современная эпоха	Лучистые кратеры, барханно-грядовый рельеф	0 <sub>3</sub>				0	
		ОЛИМПИЙСКАЯ O	Хаотический рельеф	0 <sub>2</sub>			Kz		
			Полярные слоистые отложения (t ≈ 0,5 · 10 <sup>8</sup> лет)	0 <sub>1-3</sub>	Образование щитовых вулканов (Олимп, Аскрейский, Павиний, Арский и др.) и других вулканических форм на равнинах Амазонии, Фарсиды и Элизима (t = n · 10 <sup>8</sup> лет)	C <sub>2</sub>	ФАНЕРОЗОЙ	Ph	
			Дальнейшее изменение первоначальной поверхности под воздействием субгляциального вулканизма (хаотический рельеф - O <sub>1</sub> ), тектонической активности, ветровой и водной эрозии и дефляции (равнины с системами разломов, гребнисто-желобчатый рельеф, каналы (Агафодемон (O <sub>2</sub> ) и др.), каньоны, риллы, эрозионные долины, дефляционные борозды)						
		Возникновение кратеров в пределах гористой суши и на бескратерных равнинах	~0,6			0,6			
		АМАЗОНСКАЯ A	Субполярные равнины с «гравированными» котловинами и бороздами (t ≈ 1 · 10 <sup>9</sup> лет)	A <sub>3</sub>					1
			Вулканическое кольцевое плато Альба (t ≈ 1,2 · 10 <sup>9</sup> лет)	A <sub>2</sub>					
			Вулканические равнины амазонского возраста с малой плотностью кратеров (Амазония, Фарсида, Утопия, Хриса)		РАННИЙ КОПЕРНИКАНСКИЙ C <sub>1</sub>	СРЕДНИЙ И ПОЗДНИЙ ПРОТЕРОЗОЙ Pr <sub>2+3</sub>			
		ЕЛИСЕЙСКАЯ E	Равнины с системами разломов	E <sub>2</sub>					2
			Вулканические равнины елисейского возраста с умеренной плотностью кратеров (Элизим, Сирия, Синай)		ЭРАТОСФЕНСКИЙ E	РАННИЙ ПРОТЕРОЗОЙ Pr <sub>1</sub>			
Вулканическо-золотые равнины в «морских» бассейнах Элладе, Аргире и Изиды	H <sub>3</sub>						3		
ЗЛАДОВСКАЯ H	Изменение первоначальной поверхности под воздействием тектонической активности и ветровой эрозии; слабая деградация старых цирков и кратеров; возникновение новых кратеров	H <sub>2</sub>							
	Образование кратерных равнин в пределах гористой суши и древних золотых равнин по периферии северной полярной зоны	H <sub>1</sub>							
	Образование бассейнов Аргире и Эллады и обрамляющих их горных возвышенностей, холмистого и линейно-радиального рельефа. Возникновение многих цирков и кратеров в пределах гористой суши - кратерные поля	PH <sub>3</sub>	ПРОЦЕЛЛЯРИЕВЫЙ * O	АРХЕЙ Ar					
ДОЗЛАДОВСКАЯ PH	Образование вулканических куполов (Адриатический вулкан к СВ от Эллады)	PH <sub>2</sub>							
	Образование первичной коры	PH <sub>1</sub>							
	Первые циклы дифференциации мантии		АЛТАЙСКИЙ * A	КАТАРХЕЙ Ka					
I. КОСМОГЕНИЧЕСКАЯ (относительно короткая, точная продолжительность неизвестна)	ОБРАЗОВАНИЕ СИЛИКАТНОЙ МАНТИИ ПЛАНЕТЫ							4,6(?)	
	ОБРАЗОВАНИЕ СИЛИКАТНОЙ МАНТИИ							5	

\* Морские периоды в истории ЛУНЫ



Геолого-морфологическая карта Марса

(фрагмент – Южная полярная зона)

Масштаб оригинала 1:6 000 000

Условные обозначения см. в Табл. 4

Наименования кратеров и других форм рельефа см.  
на стр. 245–252 «Каталога ареографических названий»

пные хроностратиграфические подразделения, соответствующие эрам или группам (Табл. 4): I. Доэлладовская, II. Элладовская, III. Елисейская, IV. Амазонская и V. Олимпийская. Эры подразделяются на 15 периодов (систем): 1, 2, 3) ранний, средний и поздний доэлладовский; 4, 5, 6) ранний, средний и поздний элладовский; 7, 8) ранний и поздний елисейский; 9, 10, 11) ранний, средний и поздний амазонский; 12, 13, 14) ранний, средний и поздний олимпийский. Олимпийскую эру венчает 15) современная эпоха, представленная светлыми лучистыми кратерами и барханно-грядовым рельефом, имеющими незначительное распространение.

Метеоритный счетчик ареологического времени является пока единственным способом приблизительного определения абсолютного возраста выделяемых типов поверхности и слагающих их пород. Судя по опыту изучения Луны, плотность кратеров (при условии выравнивания ходом времени пространственных неоднородностей выпадающих метеоритных роев) дает правильную оценку для порядка времени, протекшего с момента достаточно обширных поверхностей и слагающих их типов пород, в частности «морских» базальтовых полей. Подавляющая часть поверхности Марса сформировалась в докембрийское время; это имеет большое значение для сравнительного изучения древнего фундамента земной коры, скрытого осадочными толщами, и выявления глобальных закономерностей ее развития в докембрии. Изучение древнего и в особенности докембрийского вулканизма на Марсе представляет особый интерес для познания древних вулканических процессов на Земле, поскольку такие морфоструктуры в земных условиях практически полностью эродированы.

Между марсианским и земным геологическим временем существует корреляция: первые четыре ареологические эры приблизительно соответствуют четырехчленному делению докембрия (по А.П. Виноградову и А.И. Тугаринову), а именно катархею, архею, раннему протерозою, среднему + позднему протерозою. Пятая эра — Олимпийская — по свое-

му объему равна фанерозою. олимпийские вулканические сооружения в этой стратиграфической группе занимают среднее положение, местами перекрываясь более молодыми вулканическими покровами.

Морфогенетическая карта Марса составлена в том же масштабе, что и фотгеологическая. Она представляет собой первую попытку дать структурное и морфогенетическое районирование Марса. На поверхности планеты выделяются провинции и формы рельефа различного генезиса и возраста, объединенные в 6 крупных генетических категорий рельефа, а именно: I.Тектонический, II.Вулканический, III.Метеоритный, IV.Криогенный, V.Эоловый, VI.Водно-эрозионный. В свою очередь эти генетические категории подразделяются на 20 различных типов рельефа, для которых указываются как основные, так и сопутствующие рельефообразующие процессы, приблизительный относительный (а в некоторых случаях – и приблизительный абсолютный) возраст и наиболее типичные формы рельефа. Некоторые из этих категорий и типов рельефа отсутствуют на Луне, но имеются на Земле, другие есть на Луне и Марсе, но отсутствуют на Земле, третьи свойственны только Марсу. Эти типы рельефа следующие: I.Тектонические: 1) горный, 2) холмистый, 3) равнины с системами разломов, 4) рельеф с линейно-радиальными формами и структурами (R-системы), 5) каналы, каньоны; II.Вулканические: 6) склоны щитовых вулканов, 7) гребнисто-желобчатый рельеф, 8) аккумулятивные лавовые равнины амазонского возраста, 9) аккумулятивные лавовые равнины едисейского возраста, 10) аккумулятивные (вулканическо-эоловые) равнины в «морских» бассейнах Элладе, Аргире и Ливии, 11) вулканическо-эоловые плато и равнины аладовского возраста; III.Метеоритные: 12) кратерные поля доаладовского возраста с (а) высокой и (б) умеренной плотностью кратеров; IV.Криогенные: 13) полярный ледниковый рельеф, 14) полярные пластовые равнины, 15) субполярные равнины с дефляционно-абляционными бороздами и впадинами (в южной полярной зоне), 16) «разъединный» рельеф, 17) хаотический

рельеф в крупных термокарстовых депрессиях (марсианских аласах); У.Золовны: 18) древние золовны равнины (по периферии северной полярной зоны), 19) барханно-грядовый рельеф; VI.Водно-эрозионные: 20) комплекс меандрирующих и дендритовидных русел и эрозионных борозд.

Генетические категории и типы рельефа показаны различными цветами и их группами, в общих чертах соответствующих принятым для земных морфогенетических карт, что способствует чтению и наглядности карты.

### Заключение

Хотя некоторые принципы и результаты геологического картирования других планет (например, определение возраста поверхностей по плотности распределения кратеров) нуждаются в последующих уточнениях, однако уже сейчас оно дает ценную отдачу для познания истории Земли, в особенности ее наиболее ранних этапов.

С точки зрения сравнительной планетологии представляют большой интерес поиски на Земле в позднем катархее – архее следов морских бассейнов и связанных с ними формаций, коррелятных тем, которые возникли в Морскую эру Луны и Меркурия и Элладовскую эру Марса. (см. Табл. 4). Если округлые морские бассейны этих планет действительно образовались одновременно около 3,95–4,05 млрд лет тому назад (по Г.В.Везериллу, 1975, – в результате метеоритной бомбардировки), то подобные формации должны существовать и на нашей планете.

### ЛИТЕРАТУРА

- M.Loewy et P.Puiseux (1896). «Atlas photographique de la Lune», fasc.I, chapitre 3: Conclusions générales concernant la structure et l'histoire de l'écorce lunaire. Paris.
- A.В.Хабаров (1960). Основные проблемы генезиса и последовательности развития лунных формаций. В сб. «Луна» (ред.А.В.Марков), М.
- R.J.Hackman (1961). Generalized Photogeologic Map of the Moon, scale 1 : 3 800 000. In «Engineer Special Study of the Surface of the Moon», US Geol.Survey, Washington, D.C.
- D.E.Wilhelms and J.F.McCauley (1971). «Geologic Map of the Near Side of the Moon», US Geol.Survey, Washington, D.C.
- В.Г.Трифонов (1974). Структурно-геологическая карта Луны масштаба 1 : 10 000 000. В кн. «Вулканизм и тектоника Луны», М.

К ПРОБЛЕМЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРВИЧНОЙ КОРЫ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ  
(на примере катархея Алданского щита)

М.З.Глуховский, В.Н.Моралев  
Объединение «Аэрогеология», Москва, СССР

Имеющиеся сведения по тектонике планет земной группы свидетельствуют о наличии некоторых общих структурных черт. Это, прежде всего, кольцевые структурные элементы, выявляемые в результате дешифрирования космических снимков. На Земле подобные структуры обычно затושеваны позднейшими тектоническими процессами. Поэтому для сравнительного анализа истории и формирования первичной коры планет земной группы наибольший интерес представляют кольцевые структуры, выявленные в областях развития древнейших катархейских комплексов Земли, сопоставимых по времени образования с породами коры других планет.

В результате дешифрирования космических снимков Земли в пределах Алданского щита обнаружено несколько концентрически-кольцевых структур диаметром от 50 до 360 км. На основании их отождествления с известными региональными элементами тектоники, магматизма и глубинного строения можно предположить, что концентрически-кольцевые структуры являются отражением в современном ландшафте древнейших тектонически активных зон, характеризующихся повышенной проницаемостью. Там, где выступают метаморфические образования катархея, архея и нижнего протерозоя, элементы внутреннего строения структурно-вещественных комплексов докембрия конформны концентрически-кольцевым структурам. Эти структуры контролируют пространственное размещение разновозрастных магматических образований; имеются косвенные признаки приуроченности к ним тепловых аномалий, с которыми связаны разнообразные природные факторы, влияющие на

современный ландшафт и, в конечном счете, на степень дешифрируемости кольцевых структур древнего заложения.

Метаморфические образования катархея, выступающие в пределах многих кольцевых структур, сложены, главным образом, ассоциацией пород гипербазит-базитового состава (пироксенитами, пироксеновыми, пироксен-плагиоклазовыми, двупироксен-плагиоклазовыми кристаллическими сланцами, редко отмечаются лерцолиты). Эти породы перекрываются многокилометровыми (до 15 км) гнейсовыми сериями архея, в основании которых залегают высокоглиноземистые гнейсы, корундовые породы и кварциты — продукты древнейших кор выветривания, возникших в результате дезинтеграции и химического выветривания древнего базальтового ложа Земли. Возраст архейских серий Алданского щита (невгрской и черской) по данным свинцового и уран-свинцового изохронного методов — не менее 3200 млн. лет. Для катархейских пород имеются датировки (калий-аргоновым методом по пироксену) 4580 млн. лет. Толщи катархея можно рассматривать в качестве выведенного на поверхность гранулит-базитового («базальтового») слоя, формирование которого отвечает наиболее ранним этапам развития континентальной земной коры. С выходами катархея тесно ассоциируют массивы полигенетических и полихронных габбро, габбро-анортозитов и анортозитов, которые, вероятно, частью входят в состав первичной коры.

Для катархея Алданского щита характерны овальные отрицательные структуры — чаши размером до 400 x 140 км. Внутри этих чаш нередко располагаются кольцевые синформные структуры более высоких порядков.

Петрогенезис катархейского комплекса Алданского щита может быть рассмотрен на примере Сутамского блока. В составе комплекса, помимо гипербазит-базитовых пород, залегающих в виде «пластов» и линзообразных тел (только лерцолиты образуют включения и буддины), в подчиненном количестве встречаются породы, вероятно, седименто-

генного происхождения: гранат-кордиерит-силлиманитовые, гранат-кордиерит-силлиманитовые гнейсы, мономинеральные и магнетитовые кварциты и кальцифиры, которые слагают маломощные и не протяженные прослои и линзы.

Гипербазит-базитовые породы катархей, превращенные в кристаллические сланцы, характеризуются постоянством содержания основных петрогенных компонентов в количествах и соотношениях, указывающих на их первично магматическую природу. Средний химический состав двупироксен-плагиоклазовых кристаллических сланцев очень близок к среднему составу океанических толеитов. Пироксеновые сланцы и пироксениты по особенностям химизма (сравнительно высокое содержание  $MgO$  - более 9%, отношение  $Ca/Al$  равное или превышающее 1 и низкие содержания калия - обычно ниже 0,9%) относятся к базальтовым коматитам. Катархейские лерцолиты по составу и физическим свойствам (плотн. 3,5 г/см<sup>3</sup>,  $P = 7,2$  км/сек при  $p = 760$  мм рт. ст.) близки к лерцолитам срединно-океанических хребтов и пиролитовой модели мантии. ( См. таблицу ).

Анализ условий залегания пород рассмотренной группы показывает, что они имеют, скорее всего, вулканогенное происхождение. Если кристаллические сланцы основного состава рассматривать в качестве глубокометаморфизованных базальтов и базальтовых коматитов, то лерцолиты по условиям залегания и вещественному составу отвечают ксенолитам вещества верхней мантии. Сравнительный анализ химических составов лерцолитов, метакоматитов и metabазальтов показывает ту же тенденцию изменения в содержании основных петрогенных элементов, которая характерна для дифференциации пиролита верхней мантии и выплавления океанических базальтов. В metabазитах по сравнению с лерцолитами возрастает содержание кальция, титана, алюминия и натрия и резко падает количество магния. Вместе с тем присутствие в составе катархейского комплекса коматитов свидетельствует о спе-

Таблица средних химических составов древнейших пород Земли, пиролита, океанической коры и базальтов Луны.

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub>	44,2	44,69	48,90	48,39	48,06	49,34	40,88	48,8
TiO <sub>2</sub>	0,8	0,78	1,25	0,94	0,58	1,49	10,90	4,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,5	10,23	14,25	9,41	3,99	17,04	9,43	13,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,1	2,91	2,80	2,37	1,65	1,99		
FeO	7,1	9,34	9,00	10,91	6,66	6,82	19,32	19,35
MnO	0,2	0,28	0,30	0,44	0,13	0,17	0,26	0,20
MgO	36,7	17,57	7,70	10,91	39,32	7,19	7,20	7,05
CaO	2,8	10,27	10,30	11,63	2,65	11,72	11,05	10,4
Na <sub>2</sub> O	0,4	0,80	2,00	1,83	0,61	2,73	0,46	0,38
K <sub>2</sub> O	0,2	0,49	0,50	0,09	0,22	0,16	0,17	0,15
К-во проб	4	7	14					

1 - 3-породы катархейского комплекса Алданского щита: 1 - лерцолиты, 2 - пироксеновые сланцы и пироксениты / метакоматиты/, 3 - двупироксен-плаггиоклазовые кристаллические сланцы / metabазальты/.  
 4 - базальтовые коматиты Южной Африки /Dickey, 1972/. 5 - Пиролитовая модель верхней мантии / Рингвуд и др., 1968/. 6 - Океанический толеит / Дмитриев, 1972/. 7 - 8 - Породы Луны: 7 - базальты Моря Спокойствия, "Аполлон-11" / Мейсон и Мелсон, 1973 /, 8 - базальты Моря Изобилия, "Луна-16" / Виноградов, 1972/.

цифических особенностях формирования пород первичной коры по сравнению с подобными ассоциациями фанерозоя и современных океанов. Известно, что образование коматитовой магмы может происходить из пиродита с относительно высоким отношением кальция к алюминию, отвечающему по составу пироксеновому лерцолиту, либо на небольших глубинах при очень высокой степени частичного плавления, либо при неоднократном выплавлении магматических расплавов. В нашем случае, действительно, выявляется комплементарность метакоматитов и лерцолитов (для чего была использована диаграмма В.Н.Лодочникова - И.И.Кузьмина). Метабазальты могли выплавляться из пиродита с более низким отношением кальция к алюминию при обычной степени частичного плавления (10-20%) на относительно больших глубинах. Таким образом, сосуществование гипербазит-базитовых магматических пород, образовавшихся на разных глубинах при различной степени частичного плавления и, в некоторых случаях, путем неоднократного переплавления, очевидно является характерной особенностью вулканогенных ассоциаций первичной коры Земли, которая отличалась в целом незначительной мощностью (Г.Н.Каттерфельд, 1962). Высокое положение астеносферы способствовало тому, что температура поверхности протокры была выше 1000°C. Можно думать, что дезинтеграция и химическое выветривание протокры, равно как и незначительные по масштабам процессы седиментации, происходили в это время в условиях безводной среды в горячей атмосфере, насыщенной продуктами дегазации мантии: парами воды, метана, углекислоты, аммиака, кислых дымов и т.д.

Нелинейный характер тектонических структур катархейского комплекса свидетельствует о площадном проявлении вулканизма и отсутствии полей горизонтальных напряжений. Нельзя исключать, что чашеподобные формы, типичные для катархейского комплекса, являются реликтами древнейших вулкано-тектонических структур, а дешифрируемые на космических снимках кольцевые структуры отвечают системам дуго-

вых концентрических разломов, характерных для ранних этапов развития Земли.

Известно, что полной аналогии вещественного состава и тектонического устройства коровых образований планет земной группы не может быть в силу различия стадий развития планет, обусловленном различиями в их массе, размерах, внутренней энергии и другими причинами (К.Бенеш и Г.Н.Каттерфельд, 1965-1975). Однако, имеющиеся данные показывают, что древнейшие докембрийские комплексы Алданского щита по структурным и вещественным характеристикам могут сравниваться с одновозрастными образованиями Луны и других планет земной группы.

Катархейские metabазиты по химическому составу близки одновозрастным лунным базальтам. Кроме сходства составов рассматриваемых пород, обращает на себя внимание и сходство некоторых элементов тектоники катархейского комплекса Алданского щита и лунной поверхности. Сравнение разломной тектоники малых лунных морей, имеющих концентрически-кольцевое строение (например, Моря Восточного и Моря Влажности), с отделированными кольцевыми структурами Алданского щита показывает близость их параметров, сходство строения не только кольцевых разломов, но и сближенных систем трещин с преобладающим северо-западным простиранием.

Луна с ее сохранившимися древнейшими вулканогенными образованиями и структурами может рассматриваться как тектонотип ранних этапов развития Земли и других планет земной группы.

## ОБЩИЕ ЧЕРТЫ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ

В.В.Козлов, Е.Д.Сулиди-Кондрагев

НИЛЗарубежгеология, Москва, СССР

Проведено дешифрирование космических снимков многих регионов Земли, а также Луны, Марса и Меркурия; полученные результаты нашли отражение на серии планетотектонических карт, составленных в единых легендах, показывающих общие черты и специфические отличия каждой из планет земной группы и Луны.

При дешифрировании мелкомасштабных космических изображений всех планетных тел четко обособляются континентальные, океанические и переходные области, различные по фотоизображению, гипсометрическому положению, характеру деформированности и структурному рисунку. В состав континентальных областей включаются регионы с корой континентального типа на Земле, лунные материки, сильно кратерированные области Марса и Меркурия. Основываясь на общем для этих областей характере гравитационного поля Земли, Луны и Марса следует считать, что у всех планетных тел земной группы их коры принадлежат к континентальному типу с повышенной мощностью, сопровождаясь отрицательными гравитационными аномалиями. Наряду с большим числом кратеров, для континентальных областей характерно развитие гребнистого рельефа линейной или овально-концентрической формы. Подобный рисунок выявляется при дешифрировании щитов преимущественно в аридных областях Земли, на лунных материках и в экваториальной области Марса.

Океанические области представляют собой депрессии планетарного масштаба, к которым относятся территории с корой океанического типа на Земле, лунные моря и Океан Бурь, плоские равнины с малым числом кратеров и круговые депрессии Марса, Море Жары и другие депрессии Меркурия. Сведения о строении океанического ло-

ка Земли, о составе пород лунных морей, а также данные интерпретации снимков Марса и Меркурия позволяют считать, что они выполнены лавами базальтового состава. Эти области на Земле, Луне и Марсе характеризуются положительными аномалиями силы тяжести и утоненной корой. Для океанических областей Земли, Луны и отчасти Марса и Меркурия характерно развитие валообразных поднятий сложного строения. Преимущественно в краевых частях океанических депрессий выделяются микроконтиненты на Земле, острова со структурным рисунком материкового типа на Луне, отдельные небольшие кратерированные участки среди плоских равнин Марса.

В состав переходных областей входят на Земле регионы с корами субконтинентального и субокеанического типов, включающие впадины окраинных и внутренних морей и системы островных дуг, краевые зоны лунных морей, талассонды и субталассонды, зоны сопряжения плоских равнин и кратерированных возвышенностей Марса, периферические части Моря Хари на Меркурии. Для этих областей также допускается развитие кор переходного типа.

Особый интерес представляет выявление на основе дешифрирования тектонических деформаций с динамических позиций. Фиксируемые на всех планетных телах планетарные депрессии являются более поздними по отношению к материковым областям, что свидетельствует об их тектонических опусканиях в результате преобразования коры вследствие мантийных процессов. Характерным для всех планет является образование краевых поднятий — кордильер на участках обрамления континентов. Тектонические причины образования кордильер на Земле позволяют связывать подобные структурные элементы и на других планетах с глубинными тектоническими процессами в зонах сочленения континентальных и океанических областей.

Условия скатия приводят на Земле к формированию складчатых

поясов, сопровождаемых зонами чешуйчато-надвигового строения. При дешифрировании снимков Меркурия отчетливо видна система взбросов и надвигов, свидетельствующая о проявлении сжимающих усилий в коре этой планеты. На Марсе, возможно, следствием сжимающих усилий являются системы сопряженных извилистых субпараллельных гребней, разделенных ложбинами, которые развиты в районе к северу от Олимпа. Такая интерпретация этого участка гребнистого рельефа представляется более правдоподобной, чем объяснение его генезиса результатом эрозии лавовых потоков.

Об условиях растяжения коры во многих регионах Земли свидетельствуют сложные системы расколов с формированием рифтовых впадин. Аналогом рифтовой системы является экваториальная зона гребенов в районе Копрата на Марсе, а также другие системы гребенообразных провалов, развитых преимущественно в краевых частях континентальных областей. Аналогичные гребени выделяются на снимках Луны и Меркурия. Представляет особый интерес сопоставление четко дешифрируемых на снимках Марса систем параллельных разрывов (так называемые трещиноватые равнины) и систем аналогичных разрывов в ряде вулканических областей Земли, которые хорошо дешифрируются, например, на космических снимках Исландии. На Марсе эта система разрывов также тяготеет к вулканическому району Фарсида, что дает основание рассматривать системы параллельных разрывов в качестве зон рассредоточенной проницаемости, характерных для вулканических областей.

Приведенные материалы дешифрирования космических изображений планет земной группы показывают наличие тектонических деформаций, возникающих в различных динамических условиях. Вместе с тем, очевидно, что эти процессы у разных планет проявились в неодинаковой степени на различных стадиях развития. На Земле и сейчас про-

должается активная тектоническая деятельность с преобразованием кор, сопровождаемая значительным вулканизмом. На Мерсе наблюдаются следы сравнительно недавних тектонических деформаций и вулканизма. У Луны и Меркурия устанавливаются лишь древние деформации. Несмотря на различия во времени и масштабах проявления, тектоника и магматизм являются общими процессами всех планет — ных тел земной группы (К. Бенеш, И. В. Галибина, Г. Н. Каттерфельд, 1975).

Особая сложность геотектонического устройства Земли связана с одной стороны с полициклическостью развития в связи с происходящими процессами конструкции и деструкции земной коры, что связывается с неравномерным распределением во времени и пространстве геодинамических обстановок растяжения и сжатия (латерально-дифференцированный вариант пульсационной гипотезы развития земной коры) и широким распространением седиментосферы, включая ее консолидированную часть, в которой проявляются наиболее сложные тектонические деформации (коровая тектоника Земли).

В связи с тем, что многие исследователи выделяют ранние этапы формирования земной коры в качестве «лунной стадии», следет особо подчеркнуть, что из-за длительности тектонического развития в отличие от Луны в земных условиях имел место значительный разрыв во времени между становлением гранулито-базитового (включая анортозиты) слоя земной коры и образованием ядер континентов (нуклеарная и стадия кратонизации в докембри) и формированием океанических впадин с утоненной корой океанического типа (начало мезозоя).

Таким образом, формирование континентальной земной коры продолжалось по крайней мере с 3,5 млрд. лет до 1 млрд. лет назад, а формирование молодых океанических впадин началось около 250 млн. лет назад, тогда как на Луне формирование континентальных об-

дастей охватывает промежуток времени 4,6-4 млрд. лет, а образование морских впадин - 4-3 млрд. лет назад.

Можно дифференцировать планеты земной группы по времени проявления завершающих тектонических процессов на неотектонические (Земля), мезотектонические (Марс) и архитектонические (Меркурий, Луна), что, безусловно, связывается с массами планетных тел и заключенными в них ресурсами внутренней энергии.

#### Легенда планетотектонических карт

I. Континентальные регионы: 1) щиты (ядра континентов), 2) талассоиды, 3) субталассоиды, 4) плиты, 5) орогенные пояса.

II. Океанические регионы: 6) талассократоны, 7) срединно-океанические поднятия, 8) краевые поднятия.

III. Переходные регионы: 9) кордильеры, 10) островные дуги, 11) краевые субокеанические депрессии, 12) внутриконтинентальные субокеанические депрессии, 13) микроконтиненты.

IV. Линейные структуры: 14) гребни, 15) вали и гряды, 16) антиклинали, 17) линейные депрессии.

V. Ареальные структуры: 18) своды, 19) куполы, 20) брахиантиклинали, 21) брахисинклинали, 22) ареальные депрессии.

VI. Кольцевые структуры: 23) древние (доокеанические) астроблемы и кратеры, 24) молодые (послеокеанические) астроблемы и кратеры.

VII. Вулканические формы: 25) вулканические щиты, 26) вулканические куполы, 27) вулканы центрального типа, 28) вулканы трещинного типа, 19) кальдеры, 30) лавовые покровы.

VIII. Разрывные нарушения: 31) сбросы, 32) взбросы и надвиги, 33) сдвиги, 34) линейменты, 35) трещины, 36) горсты, 37) грэбены, 38) рифтовые впадины.

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ХРОНОСТРАТИГРАФИИ  
ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ В ЭВОЛЮЦИИ ПЛАНЕТ \***

Н.И.Банера

Секция планетологии ЛО ВАГО, Ленинград, СССР

«Земля материально и энергетически непрерывно в ходе времени связана с Солнечной системой и Млечным Путем». (В.И.Вернадский, 1965)

Разработка достоверной геохронологии тектоно-магматических циклов (ТМЦ) различных порядков - планетарной хроностратиграфической шкалы - одна из актуальнейших задач геологии (Стратиграфический кодекс СССР, 1977) и планетологии.

1. Закономерности хроностратиграфии ТМЦ в эволюции Земли.

Многопорядковая цикличность геологических процессов трактуется исследователями различно. Одни объясняют ее автономными асинхронными разнонаправленными вертикальными подвижками отдельных крупных блоков земной коры, другие - волнообразной миграцией зон активизации ТМЦ, чем отрицается синхронность проявления ТМЦ в глобальном масштабе. Исследователи, объясняющие глобальную синхронность ТМЦ, исходя из пульсационных или других гипотез, как следствие автономных процессов (вне зависимости от космического влияния), протекающих в недрах нашей планеты, допускают постоянную либо различную длительность крупных циклов при варьирующем количестве циклов меньшего порядка.

Среди геологов, связывающих периодичность ТМЦ с влиянием астрономических факторов, в частности с изменением ротационного режима Земли, одни отмечают широко варьирующую продолжительность однопорядковых циклов, другие - ее более или менее строгое постоянство, третьи - акселерацию.

---

\* Печатается в порядке дискуссии.

Акселерация ТМЦ рассматривается различно. С. Н. Бубнов (1960) отмечает, что в последовательности древне- и новопалеозойского, древне- и новомезозойского и древнетретичного циклов продолжительность каждого последующего цикла составляет приблизительно  $2/3$  предыдущего. В. Д. Наливкин (1962) высказался за проявление постоянного шага акселерации (равного 750 тыс. лет) мелких циклов (от 41 до 29 млн лет в фанерозое), отрицая акселерацию крупных циклов - каледонского, герцинского и альпийского (каждый по 187 млн лет!). А. В. Авдеев (1973) усматривает ход акселерации крупных циклов («спиралов») в уменьшении количества слагающих их мелких циклов постоянной длительности (156 и 78 млн лет); в фанерозое же акселерация проявляется двукратным сокращением продолжительности каждой последующей эры, сменой групп циклов (по четыре и восемь в группе) фиксированной продолжительности - 40, 20 и 10 млн лет.

По Н. Ф. Балуховскому (1966, 1972) длительность последующих однопорядковых циклов в основном сокращается при неустойчивом шаге акселерации, но нередко остается неизменной; соотношение же количества циклов меньшего порядка в циклах большего различно как в иерархии «планетарных ритмов» (11, 4, 3, 3), так и «космических» циклов (2, 3, 4, 5, 6). Различны соотношения кратности циклов соседних порядков (рангов) и в построениях других авторов (В. А. Зубов, 1952; Г. Ф. Лунгерстаузен, 1963). Однако некоторые исследователи отмечают постоянство этого соотношения: трехкратное (А. Л. Гроздилов, 1971), восьмикратное (Н. И. Чернышев, 1974; Ю. М. Малиновский, 1975) и другие. Н. И. Бэнера (1972-1977) рассматривает акселерацию как высокоточное отражение законов небесной механики во всей иерархии циклов астрономического генезиса.

Применение циклостратиграфического метода, рассматриваемого нами как синтез био-, хроно-, лито-, климато- и палеомагнитостратиграфических построений и историко-геологического анализа, дает возможность корректировки и детализации региональных и межрегиональных стратиграфических схем, разработки единой хроностратиграфической шкалы Земли. Циклостратиграфический анализ вариантов хроностратиграфической шкалы фанерозоя (Г.Д.Афанасьев, С.И. Зыков, 1975), и докембрия (стр. 79), опубликованных за последнее двадцатилетие, обобщение данных по периодам, эпохам, векам позволили выявить основные эмпирические закономерности хроностратиграфии ТМЦ (Н.И.Банера, 1972-1976):

а - разнопорядковые историко-геологические этапы (мегаэры, эры, «надпериоды», эпохи, века и т.д.) проявляются глобально и синхронно, однако тектоно-магматическая активность на рубежах этих этапов реализуется дифференцированно в различных частях земной коры планеты, подчиняясь закономерностям глобальной тектоники;

б - в иерархии соотношения разнопорядковых циклов проявляется четырехкратность (четыре цикла меньшего порядка формируют один цикл последующего);

в - продолжительность циклов каждого порядка подчиняется акселеративному закону (экспоненциальному сокращению их длительности в ходе геологического времени); последнее, вероятно, является следствием предполагаемого автором постепенного сжатия (стр. 83) орбит планет Солнечной системы, звездных совокупностей и ассоциаций, Галактики и ближайшей совокупности (Местной системы) галактик и прохождением Солнечной системой четырех критических положений на орбитах всех порядков (Н.И.Банера, 1976);

г - последние (четвертые) циклы в составе циклов большего порядка содержат существенные черты (тектонно-магматизм, особенно на рубеже третьего и четвертого циклов, седиментогенез, эволюция органического мира) нового цикла того же порядка.

Наиболее крупными тектоно-магматическими циклами - историко-геологическими этапами - являются мегаэры: протогей (протопланетный этап), мезогей (катархей - среднепротерозойский этап) и неогей (рифей - фанерозойский этап). Следующими в иерархии порядков циклов являются эры, «надпериоды» (совокупность четырех эпох), эпохи, века, «фазы» (время формирования горизонтов) и т.д. Традиционные периоды не являются историко-геологическими этапами, представляя собой совокупности из одной (силур), двух (пермь, триас, юра?, палеоген, неоген), трех (кембрий, ордовик, девон, карбон) или четырех (мел?) эпох.

Сокращение длительности соседних циклов (шаг акселерации), по нашим расчетным данным (отсюда и детальность), составляет: для мегаэр - 1392,6 млн лет, эр - 87,04, надпериодов - 5,44, эпох - 0,34 млн лет, веков - 21,25, фаз - 1,3281 тыс. лет. Длительность протогея равна 4429,4 млн лет (абс. время его начала 9032,8), мезогей - 3036,8 (абс. 4603,36), неогей - 1644,2 (абс. 1566,56 плюс 77,60 млн лет в будущее). Длительность эр в мезогее составила: катархейской 889,76 (абс. 4603,36), архейской - 802,72 (абс. 3713,60), раннепротерозойской - 715,67 (абс. 2910,88) и среднепротерозойской - 628,64 (абс. 2195,20). В неогее раннерифейская эра длилась 541,60 млн лет (абс. время начала 1566,56), позднерифейская - 454,56 (абс. 1024,96), палеозойская - 367,52 (абс. 570,4), а мезокайнозойская (плюс 77,6 млн лет в будущее) будет длиться 280,48 (абс. 202,88) млн лет (Табл.1,2).

Таблица 1

Сравнение хроностратиграфии Земли, Марса, Меркурия и Луны  
(возраст,  $10^9$  лет)

Н.И.Банера

Г.Н.Каттерфельд, 1975, 1977

Земля		Марс	Меркурий		Луна	
Мега-эра	Эра	Эра	Эра	Период	Эра	Период
Неогей	Мз-Кз		Послеморская	Новейший Nv	Послеморская	Поздний Коперниканский C <sub>2</sub>
	0,20	Олимпийская 0		?		~0,6
	0,57					
	RII					Ранний Коперниканский C <sub>1</sub>
	1,0			Кейперовский K		
Эогея	RI	Амазонская A				
	1,6					
	РгII					~2,0
	2,2	Елисейская E		Антониадиевский A		Эратосфенский E
	РгI					
Мезозой	Г					~3,0
	2,9					
	А	Элладовская H	Морская	Лигурийский L	Морская	Процелляриевый O
	3,5			Калорисский C		Птолемеевский P
	3,7			Нептунский N		Алтайский A
Каинозой						~3,8
	4,0	Доэлладовская KA	Доморская	Трисмегейский T	Доморская	Гиппархский H
				Небуляриевый N		Небуляриевый N
4,5				Древнейший Ant		Древнейший Ant
	4,6	4,6?				~4,6

Сокращения: KA - катархей, A - архей, РгI, РгII - ранний и средний протерозой, RI, RII - ранний и поздний рифей, Рз - палеозой, Мз-Кз - мезокайнозой, завершающийся через  $\sim 77,6 \cdot 10^6$  лет

Т а б л и ц а 2

Хроностратиграфическая шкала венда-фанерозоя

Мегаэра	рифей - фанерозой (неогей) = $1\ 644,2 \cdot 10^6$ лет									
Эра	Mz-Kz = 280,48				Pz = 367,52				Р II	
Над-период	2Kz	IKz	2Mz	1Mz	2H	1H	2Cd	1Cd	RII <sub>4</sub> (V)	
	61,96	67,40	72,84	78,28	83,72	89,16	94,60	100,04	105,48	
Эпохи	IV	14,98 * 2Kz <sub>4</sub> +62,62	16,34 IKz <sub>4</sub> Q=0,70	17,70 P <sub>1</sub> 69,46	19,06 K <sub>1</sub> 143,66	20,42 T <sub>1</sub> 223,30	21,78 C <sub>2</sub> 308,38	23,14 D <sub>1</sub> 398,90	24,50 O <sub>1</sub> 494,86	25,86 V <sub>4</sub> 596,26
	III	15,32 2Kz <sub>3</sub> +47,30	16,68 N <sub>2</sub> 17,38	18,04 K <sub>4</sub> 87,50	19,40 J <sub>2</sub> 163,06	20,76 P <sub>2</sub> 244,06	22,12 C <sub>1</sub> 330,50	23,48 S 422,38	24,84 C <sub>3</sub> 519,70	26,20 V <sub>3</sub> 622,46
	II	15,66 2Kz <sub>2</sub> +31,64	17,02 N <sub>1</sub> 34,40	18,38 K <sub>3</sub> 105,88	19,74 J <sub>1</sub> 182,80	21,10 P <sub>1</sub> 265,16	22,46 D <sub>3</sub> 352,96	23,82 O <sub>3</sub> 446,20	25,18 C <sub>2</sub> 544,88	26,54 V <sub>2</sub> 649,00
	I	16,00 2Kz <sub>1</sub> +15,64	17,36 P <sub>2</sub> 51,76	18,72 K <sub>2</sub> 124,60	20,08 T <sub>2</sub> 202,88	21,44 C <sub>3</sub> 286,60	22,80 D <sub>2</sub> 375,76	24,16 O <sub>2</sub> 470,36	25,52 C <sub>1</sub> 570,40	26,88 V <sub>1</sub> 675,88

\*) в числителе - длительность, знаменателе - абсолютный возраст ( $10^6$  лет) начала эпохи (при длительности антропогена  $\sim 0,7 \cdot 10^6$  лет).

Рубеж между палеозойской и мезокайнозойской эрами проходит в основании позднего триаса (абс. время 202,88 млн лет), что отмечается и при статистическом анализе масштабов планетарного тектогенеза (А.Б.Ронов, В.Е.Хвин, 1960). Венд (абс. возраст 675,9–570,4 млн лет), являясь четвертым (последним) надпериодом позднерифейской эры, ознаменовался обновлением органического мира, характеризующего новую палеозойскую эру, вследствие чего Б.С. Соколов (1976) включает венд в состав фанерозоя. Так же и эокембрий (абс. возраст 596,26–570,40 млн лет), являющийся четвертой (последней) эпохой венда, некоторые исследователи (А. Нолма, 1959, 1960; I.L. Kulr, 1961; В.Д.Наливкин, 1962; В.А.Рудник, Э.В.Соботович, 1973) относят к низам раннего кембрия, проводя рубеж между байкальским и каледонским циклами внутри нижнего кембрия.

В этой особенности завершающих этапов-циклов проявляется диалектическая закономерность – «в недрах старого, отживающего, рождается новое» –, а также находит объяснение то обстоятельство, что на заре развития стратиграфии (1822–1900 гг.) ранние эпохи многих систем ( $O_T, D_T, T_T, K_T, P_T$  и антропоген) были отнесены именно к последним (четвертым) эпохам – циклам отживающих историко-геологических этапов – надпериодов. Большинство выделенных, по данным радиологии рубежей ТМЦ (их среднестатистические значения), как в фанерозое, так и в докембрии удовлетворительно согласуются с нашими расчетными; в докембрии таковыми являются рубежи: 4,6; 4,2; 3,7; 3,0; 2,1; 1,3 и 0,61 млрд лет (В.А.Рудник, Э.В.Соботович, 1973), начало рифея – 1,6 млрд лет, позднего рифея – 1,0–1,1 млрд лет, палеозоя 570 млн лет (Геохронология СССР. т. I, докембрий, 1973) (Табл. 1, 2).

2. Детальная геохронология докембрия. В геохронологии докембрия не разработана общепринятая иерархия тектоно-магматических

этапов-циклов и дискутируются их рубежи (Г.Д.Афанасьев и др., 1964; The Encyclopedia ... , 1972; Л.И.Салоп, 1973; Геохронология СССР, т. I, докембрий, 1973; Preston Cloud, 1976; P. D. Lowman, 1976; К.О.Кратц и др., 1976). Применение циклостратиграфического метода позволило выявить для докембрия тот же, что и в фанерозое, нисходящий иерархический ряд ТМЦ: мегаэры, эры, надпериоды, эпохи и следовательно, и более мелкие - века, фазы. В катархейской эре (как и в других) вторым выделено четыре надпериода с нижними рубежами их: 4604 (КА<sub>1</sub>), 4373 (КА<sub>2</sub>), 4143 (КА<sub>3</sub>) и 3928 (КА<sub>4</sub>) млн лет. В архейской эре эти рубежи надпериодов соответствуют 3714 (А<sub>1</sub>), 3505 (А<sub>2</sub>), 3302 (А<sub>3</sub>), 3104 (А<sub>4</sub>) млн лет, в раннепротерозойской - 2911 (PR I<sub>1</sub>), 2724 (PR I<sub>2</sub>), 2542 (PR I<sub>3</sub>) и 2366 (PR I<sub>4</sub>), в среднепротерозойской эре - 2196 (PR II<sub>1</sub>), 2030 (PR II<sub>2</sub>), 1870 (PR II<sub>3</sub>), 1716 (PR II<sub>4</sub>) млн лет.

В раннерифейской эре нижние рубежи надпериодов соответствуют: 1567 (R I<sub>1</sub>), 1423 (R I<sub>2</sub>), 1285 (R I<sub>3</sub>), 1152 (R I<sub>4</sub>), в позднерифейской - 1025 (R II<sub>1</sub>), 903 (R II<sub>2</sub>), 787 (R II<sub>3</sub>) и 676 (R II<sub>4</sub>-венд) млн лет. Более активными рубежами ТМЦ (суммарно в масштабе планеты) являются: рубежи между вторыми и третьими (середины эр) и особенно между третьими и четвертыми надпериодами каждой эры. Совокупность геохронологических рубежей между эрами и надпериодами в раннем мезозое (катархей-архее) составляет последовательный ряд: 4,6; 4,87; 4,15; 3,9; 3,7; 3,5; 3,3; 3,1 и 2,9 млрд лет; эти рубежи фигурируют в радиологических датировках древних земных образований, коренных пород Луны и метеоритов земных и лунных.

3. Хроностратиграфические рубежи ТМЦ в эволюции Луны. В хроностратиграфической шкале Луны К.Бенеш, И.В.Галибина и Г.Н.Каттерфельд (1975) выделили три эры с рубежами начала их соответственно 4,6; 3,7 и 2,7 млрд лет. Доморская и Морская эры расчленены как-

дая на три периода ( без хронологии их рубежей), Послеморская - на два; позже Г.Н.Каттерфельд (1975) выделил в Послеморской эре три периода с рубежами 2,0 и 0,6 млрд лет (Табл.1). В литературе приводятся следующие (осредненно) радиологические данные возраста коренных лунных пород (рубежи ТМЦ): 4,6-4,55; 4,35, 4,15; 3,9; 3,7; 3,5; 3,3; 3,17; 3,0-2,9 млрд лет. Эти данные синхронны с нашими расчетными и радиологическими определениями земных пород.

В ряде работ выделены по радиологическим данным тектоно-магматические этапы: 4,4-4,2; 3,9-3,2 млрд лет (Norman, Hublard, Mineae, 1975); 4,5; 3,9; 4-3 (Cornelius Keller, 1976); 4,6-3,8; 3,8-3,6; 3-4-3,2 ( Arden L. Albee, 1975); 4,6-4,3; 3,9-3,6 ( Lefirey Warner, 1975); 4,6; 4,6-4,4; 4,4-4,1; 4,1-3,9; 3,9-3,8; 3,8-3,0(Х.Х.Шмидт, 1974); 4,6-3,9; 3,8-3,6; 3,4-3,1 ( Дж.Ф.Хейс, Д. Чоккер, 1975). Заслуживают внимания более молодые возрастные данные о лунных породах и пыли 0,5-1 млрд лет (К.П.Флоренский, А.Т.Базилевский, Г.А.Бурба, 1977);  $55 \pm 13$  и  $220 \pm 20$  млн лет ( D. Phinney et al., 1975);  $1,2 \pm 0,2$  и  $1,6 \pm 0,5$  млн лет ( Yuji Vokorاما et al., 1975) и другие. Синхронность возраста лунных и земных образований катархей-архей свидетельствует о синхронности тектоно-магматических этапов в эволюции Земли и Луны в раннем мезогее.

Опубликованные радиологические данные возраста метеоритов земных и лунных) позволяют выделить следующий (осредненно) ряд рубежей ТМЦ в эволюции материнских тел метеоритов и последующих их преобразований: 4,6-4,5; 4,4-4,3; 4,1; 3,9; 3,7-3,5; 3,3; 3,1; 3,0-2,9; 1,5; 1,37; 1,3. Таким образом, по радиологическим определениям катархей-архейского возраста метеоритов отмечаются те же рубежи ТМЦ, что и на Луне и Земле. Радиологические определения метеоритов, земных и лунных, фиксируют широкий спектр величин в сотнях, десятках и единицах млн лет мельче; их мы здесь не

рассматриваем.

4. К хроностратиграфии Марса. По Марсу и Меркурию пока нет радиологических определений возраста пород, а поэтому при датировках ТМЦ (возраст «материковых-доморских», «морских» и «последоморских» образований) используются косвенные признаки (сопоставленные на Луне с радиологическими датировками пород): 1 — принцип суперпозиции, 2 — морфологическая сохранность, 3 — метеоритный счет времени и 4 — альbedo поверхности (разработан только для Луны) (Г.Н.Каттерфельд, 1977). В хроностратиграфической шкале Марса, построенной Г.Н.Каттерфельдом в 1978 г.<sup>\*</sup> (К.Бенеш, И.В.Галибина, Г.Н.Каттерфельд, 1975) было выделено пять эр: начало Доэлладовской (PH) эры датировано ориентировочно 4,6 млрд лет, Элладовской (H) — 3,7, Елисейской (E) — 2,7, Амазонской (A) — 1,9 и Олимпийской (O) — 0,6 млрд лет (Табл. I). Доэлладовская и Элладовская эры были подразделены на три периода (без хроностратиграфической привязки их рубежей), Елисейская и Амазонская — на два и Олимпийская — на три периода + современная эпоха; всего, следовательно, было выделено 13 периодов и одна эпоха.

В уточненной и детализированной шкале Марса Г.Н.Каттерфельд (1975, устное сообщение) удревнил до 2,8 млрд лет нижний рубеж Елисейской эры, расчленил эры на 14 периодов, выделил ориентировочно хроностратиграфические рубежи каждого периода. Три доэлладовских и три элладовских периода (ранний, средний и поздний) определены длительностью по 300 млн лет, два елисейских (снизу вверх) ~ 700 и 200, три амазонских ~ 700, 200 и 400 млн лет. Современная эпоха (M) венчает 14-й период (Поздний Олимпийский) (Табл. I). Отмеченная выше синхронность ТМЦ в раннедокембрийской (катархей-архей) эволюции Земли, Луны и метеоритов позволяет прийти к выводу, что синхронны

<sup>\*</sup> фактическая дата разработки.

не только две земные и марсианские эры (катархейская равна Доэладовской, а архейская — Эладовской), но и другие эры, все над-периоды («периоды», по Г.Н. Каттерфельду) и мегаэры.

5. К хроностратиграфии Меркурия. Применяя упомянутые косвенные признаки определения возраста меркурианских образований, Г.Н. Каттерфельд в 1974 г. (К. Бенеш, И. В. Галибина, Г.Н. Каттерфельд, 1975) выделил для Меркурия те же эры, что и для Луны — Доморскую AM (от 4,6 до 3,7 млрд лет), Морскую M (3,7-2,7) и Послеморскую PM (2,7-0), расчленив Доморскую и Послеморскую эры на два периода, Морскую оставив нерасчлененной. В уточненной и детализированной шкале Меркурия Г.Н. Каттерфельд (1977) удревнил как нижнюю (до ~3,8), так и верхнюю (до ~3,0 млрд лет) границы Морской эры, расчленил каждую эру на три периода (без датировки рубежей), синхронных лунным, но с иными наименованиями (Г.Н. Каттерфельд, 1977; Табл. I).

Синхронность радиологических датировок раннедокембрийских ТМЦ Земли, Луны и метеоритов, с одной стороны, и тесная сопоставимость на основании косвенных определений возраста (по Г.Н. Каттерфельду) хроностратиграфических шкал Меркурия и Луны — с другой, позволяют рассматривать раннедокембрийскую хроностратиграфическую шкалу Меркурия, как аналогичную таковой (по радиологическим и нашим расчетным данным) для Земли, Луны и метеоритов.

6. К вопросу о первопричине тектоно-магматической активности планет. Намечившиеся эмпирически (Н.И. Банера, 1972-1975, 1976; Табл. I) закономерности ТМЦ в эволюции Земли и планет земной группы (их строгая иерархичность, многопорядковость и синхронность, экселеративность и четырехкратность в соотношении порядков) дают основание полагать, что первопричина ТМЦ больших порядков кроется в Космосе, причем не непосредственно в автономной (вне влия-

82

ния Внешнего Космоса, распространяющегося за пределами Солнечной системы) периодической активизации Солнца (одиннадцатилетний цикл ряд исследователей рассматривают как вероятное влияние Плутона, современный период обречения которого равен 11,862 лет), а в сложном спиралеобразном орбитальном движении Солнечной системы (в созвездии Геркулеса, в спиральном рукаве Орион, по галактической орбите - Н.Б.) в Галактике (В.И.Вернадский, Г.П.Тамразян, Н.Ф.Балуховский, А.В.Авдеев, Н.И.Бенера и др.) и ближайшей совокупности (Местной системе) галактик.

Длительность четырех мегаэров (прото-, мезо-, неогей и «Грядущей») в эволюции Земли и других планет Солнечной системы, вероятно, соответствует периоду обращения Галактики вокруг центра притяжения Местной системы галактик; этот период («надмегаэра») равен примерно 10 млрд современных земных лет. Согласно расчетам автора, в середине второй половины Грядущей мегаэры длительность циклов-эпох приблизится к нулю; по нашему предположению, это знаменует собой проявление нестационарного процесса в результате предельного сжатия масс - скорее всего взрыва Солнечной системы и, видимо, Галактики в целом.

В этих наметившихся эмпирически закономерностях хроностратиграфии ТМЦ в эволюции планет, обусловленных астрофизическими процессами в Галактике и Местной системе галактик, где испытывают направленное сжатие материальные массы любого порядка (галактики, звезды, планеты) (Я.Б.Зельдович, И.Д.Новиков, 1967, 1975) и их орбиты (за исключением «разбегания» материальных комплексов в «кратковременные» этапы - нестационарных процессов), входящие в звездные совокупности и ассоциации, подтверждается гениальное предвидение Пифагора (6 в. до н.э.), утверждавшего, что Вселенная представляет собой гармоническую систему чисел и их отношений (БСЗ,

1955); оценка этому дана Ф.Энгельсом - «подобно тому, как число подчинено определенным законам, так подчинена им и Вселенная.Этим впервые высказывается (Пифагором - Н.Б.) мысль о закономерности Вселенной» ( «Диалектика природы» , 1952, стр.148).

Наличие лишь двух спутников у Марса, одного - у Земли и отсутствии их у Венеры и Меркурия, видимо, объясняется падением их бывших спутников на планеты. Возможно, субконцентрические «морские» бассейны на Марсе, Луне, Венере, Меркурии и, видимо, на Земле хотя бы частично являются следами этих падений с излияниями на поверхность планет вещества мантии в раннем докембрии (4,1-2,9 млрд лет ? ). Удары планет-спутников и крупных астероидов (Р.Проктор, 1878; Г.Джилльберт, 1898; К.П.Станюкович, В.А.Бронштэн,1960) вызывали тектоно-магматическую активность планет,ослабевающую с удалением от эпицентра падения - взрыва.

#### ЛИТЕРАТУРА

- А.В.Авдеев (1973). К проблеме галактической геохронологии.- Изв.АН Казахской ССР, Сер.Геол., № 2.
- Г.Д.Афанасьев, С.И.Зыков (1975).«Геохронологическая шкала фанерозоя в свете новых значений постоянных распада» . Москва.
- Н.Ф.Балуховский (1966). «Геологические циклы» . Киев.
- Н.И.Банера (1976). Элементы планетарной симметрии, симметрии траектории Земли и закономерности геохронологии.-«Симметрия структур геологических тел», вып.1, Москва.
- К.Бенеш, И.В.Галибина, Г.Н.Каттерфельд (1975). Тенденции развития планет земной группы. - Изв.АН СССР, Сер.Геол., № 5.
- С.И.Бубнов (1960). «Основные проблемы геологии». Изд.Моск. университета. Москва.
- Г.Н.Каттерфельд (1977). Принципы геологического картирования планет. См.данный Сборник.
- «Проблемы планетарной геологии» (1963). Сборник статей. Москва.
- В.А.Рудник, Э.В.Собонович (1978). «Ранняя история Земли» . Ленинград.

## ЕСТЕСТВЕННАЯ ИЕРАРХИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛ

### И ПРОБЛЕМА ТЕКТониКИ ПЛАНЕТ

В.Д.Забродин, В.А.Кулидышев,  
В.А.Селевьев

Институт тектоники и геофизики ДВНЦ АН  
Хабаровск, СССР

1. Выделяются три основных иерархических уровня организации Мира и соответственно три уровня его исследования - микромир, макромир и мегамир. Это самое общее членение требует конкретизации. Действительно, что собой представляет иерархический ряд тел, который изучает геология? Какое место в этом ряду занимает планета Земля? Однозначных ответов на эти вопросы не находится ни в геологии, ни в планетологии. Поэтому целесообразно решить такие задачи: а) уточнить иерархический ряд вещественных тел макромира; б) определить, как осуществляется «переход от ранга к рангу» в пределах одного и того же уровня организации вещества; в) установить место планет в этом ряду.

2. Для решения поставленных задач нами составлен справочник «Иерархия геологических тел», в котором собраны все изданные до 1977 г. иерархии и определения терминов естественных тел типа «минерал», «порода», «формация», «планета» и т.д. Этот материал положен в основу методологического анализа, включающего уточнение понятий «естественное тело» и «переход от ранга к рангу».

3. Нами показано, что в иерархическом ряду...химический элемент - минерал - порода - геотформация - геоскомплекс - геосфера планетная система... макроуровень (или планетарный уровень) охватывает диапазон от минералов до геосферы. Возникает вопрос: почему в этом ряду отсутствует такой объект, как планета, включаемый в большинство проанализированных иерархий? Ответ на него сле-

дует из уточнения понятия «переход от ранга к рангу» .

4. Каждый ранг иерархии планетарного уровня организации в обобщенном методологическом аспекте представляет собой естественный объект исследования геологии, а в конкретном геологическом выражении — природное тело. Анализ показывает, что сконструированные тел в природе осуществляется следующим образом. Переход от атома к минералу происходит, как известно, через элементарную ячейку, которая, повторяясь в пространстве бесконечное число раз, образует тело следующего ранга — минерал, характеризующееся свойствами, вещественным составом, структурой и формой. Переход от минерала к породе также происходит через элементарную ячейку — парагенез минералов, или ассоциацию минералов, которая, повторяясь в пространстве, образует тело следующего ранга — породу. Переход от породы к геоформации происходит через элементарную ячейку — парагенез пород (ассоциация пород, парагенерация), которая, повторяясь в пространстве, образует тело следующего ранга — геоформацию. Все это можно считать надежно установленным. Далее, наши исследования показали, что переход от геоформации к геокomплексу также происходит через своеобразную «элементарную ячейку», которая в геологии носит название «ряд формаций» или «ассоциация формаций». Аналогичная ситуация наблюдается и при переходе от геокomплексов к геосферам, но здесь в качестве «элементарной ячейки» выступает такое понятие тектоники, как «платформенная система».

Итак, переход от ранга к рангу иерархии происходит не путем простого суммирования тел предыдущего ранга, а путем закономерного группирования их вначале в «элементарную ячейку», из которой уже (также по определенным законам) складывается тело следующего ранга. Не сохраняется ли эта же закономерность при пе-

переходе от геосфер к следующему рангу (принадлежащему уже другому — астрономическому — уровню организации) и в какой роли при этом выступает планета Земля ?

5. Известно, что планета — это совокупность (или тот же «планетез») геосфер. Известно также, что планета не изолированный в пространстве объект, а объект, тесно связанный с другими аналогичными объектами (планетами) и центральной звездой в единую систему — Солнечную (ее можно считать типичным представителем планетных систем). Следовательно, планета — это та же «элементарная ячейка» планетной системы. Таким образом, планета не представляет собой выражения низшего ранга астрономического уровня, а лишь элементарную ячейку, знаменующую переход от планетарного уровня к астрономическому. Видимо, такое положение на стыке уровней организации обусловило возникновение специальных пограничных дисциплин, изучавших планеты, в том числе планетологию.

6. Важная роль элементарных ячеек вскрывается, например, при формулировании отличий объектов одного уровня организации от другого. Так, эмпирическое обобщение особенностей строения естественных тел привело нас к формулированию «закона сохранения структуры»: оказалось, что при переходе с уровня на уровень меняется тип пространственной упаковки элементарных ячеек, в то время как в пределах одного уровня он одинаков. Для планетарного уровня выяснено, что элементарные ячейки его объектов находятся в плотнейшей пространственной упаковке (т.е. заполняют пространство без промежутков), а на астрономическом и атомном — в дискретной, причем промежутки между ячейками немного превышают размеры самих ячеек.

7. Чего можно ожидать от изучения тектоники планет ? Общая

тектоника претендует на роль теоретической основы геологии. Если согласиться с определением этой науки, предложенным Ю.А.Косыгиным, Ю.С.Салиным и В.А.Соловьевым, то следует согласиться и с указанной выше претензией тектоники. Это соответствует, например, современному положению в физике, где основным сейчас является поиск теоретико-инвариантных закономерностей. Для геологии инвариантным является понятие структуры, а структура ( и форма) объектов планетарного уровня и является предметом тектоники.

Высшим объектом тектоники являются геосферы. Исследование их прямыми геологическими методами ( типа геологического картирования) затруднительно, поэтому в тектонике геосфер в настоящее время непомерно большую роль играют гипотезы. В качестве примера можно привести «новую глобальную тектонику» и выдвигаемую в качестве ее альтернативы «новую фундаментальную тектонику». Характерно, что авторами первой являются геофизики, а второй – планетологи. И это вполне закономерно, поскольку глобальные закономерности развития определяются планетологическими причинами. Нам кажется, что тектонике, видимо, ограничится установлением типа структуры геосфер, поскольку он может быть выявлен по особенностям пространственного расположения их элементарных ячеек. В настоящее время представляется, что (по крайней мере) верхняя геосфера обладает черепитчато-слоистым (или линзовидно-слоистым) типом структуры, который является основой. Однако для объектов всех рангов планетарного уровня характерным является существование дизъюнктивов – некоторых нарушений структурных связей. Для геосфер в качестве дизъюнктивов, видимо, выступают системы рифтов, обуславливающие делимость литосферы на гигантские блоки. Таким образом, общая структура литосферы представляет собой сочетание некоторой разно-

видности слоистой структуры с блоковой. Тектоника может зафиксировать и описать эту структуру, но она не имеет собственных методов для выяснения, что же является первичным — слоистая структура или блоковая? Очевидно, что то или иное решение этого вопроса и является сутью противопоставления «новой глобальной» и «новой фундаментальной» тектоники. Очевидно также, что решение этого вопроса относится к компетенции планетологии, а не геологии.

Следует полагать, что целью тектоники планет является выявление: как распределены геосферы в теле планеты, каковы взаимодействия между ними, и как они определяют форму планеты. Здесь любопытно то, что если можно говорить о структуре планеты, то трудно говорить о ее форме: «форма планеты» фактически является формой ее верхней геосферы (при этом в качестве последней не следует рассматривать газовую или водную оболочки, т.к. ими обладают не все планеты).

Все вышеизложенное относится, конечно, не только к Земле, но и к любой планете земной группы, для которой имеет смысл говорить о «геологии» и «тектонике» .

И.В.Галибина

ЛФЭИ им. Н.А.Вознесенского

Г.Н.Каттерфельд

Ленинградский Государственный университет,  
Лаборатория аэрометодов МинГео СССР

### 1. Введение

Изучение глобальной трещиноватости Земли и других планет, ведущееся ныне в широком масштабе геологами, геоморфологами и планетологами, приводит к необходимости физико-математического обоснования этого планетарного явления. Данная статья является попыткой решения этого вопроса в первом приближении.

2. Примем, что планета представляет собой гравитирующую сферу. Для рассмотрения возникающих в ней сети деформирующих усилий и напряжений воспользуемся теорией тонких оболочек (Новожилов, 1962), применимой в случае, когда толщина оболочки по отношению к радиусу подчиняется условию  $\max\left(\frac{H}{R}\right) \leq 0,2$ . Это соотношение вполне соответствует случаю Земли, так как максимальная толщина земной коры составляет  $H \approx 80$  км, а средний радиус Земли  $R = 6\,371$  км, т.е.  $\frac{H}{R} = \frac{80}{6371} \approx 0,0125$ , что значительно меньше 0,2.

Пусть начало координат помещено в центре планеты, ось  $z$  совпадает с осью вращения, ось  $x$  является линией пересечения плоскостей экватора и начального меридиана, а ось  $y$  отстоит от оси  $x$  на  $90^\circ$  в плоскости экватора.

Введем обозначения:  $\varphi$  - широта;  $\Theta$  - полярное расстояние,

т.е.  $\Theta = 90^\circ - \varphi$ ;  $\lambda$  - долгота от начального

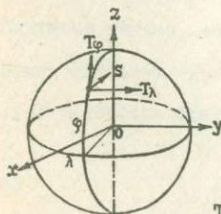
меридиана;  $T_\varphi$  - меридиональное тангенциальное

усилие;  $T_\lambda$  - тангенциальное усилие, действующее

вдоль параллели;  $S$  - сдвигающее усилие;

$A$  - азимут направления относительно N-S.

Тогда система дифференциальных уравнений без-



моментной теории оболочек вращения будет иметь вид:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{1}{R_1} \frac{\partial T_\varphi}{\partial \theta} + \frac{c_{\text{вк}} \vartheta}{R_2} (T_\varphi - T_\lambda) + \frac{1}{R_2 \sin \theta} \frac{\partial S}{\partial \lambda} &= -q_\varphi \\ \frac{1}{R_1} \frac{\partial S}{\partial \theta} + \frac{2S}{R_2} \text{ctg} \theta + \frac{1}{R_2 \sin \theta} \frac{\partial T_\lambda}{\partial \lambda} &= -q_\lambda \\ \frac{T_\varphi}{R_1} + \frac{T_\lambda}{R_2} &= q_n \end{aligned} \right. \quad (1)$$

где  $q_\varphi$ ,  $q_\lambda$ ,  $q_n$  — проекции поверхностной нагрузки на касательные к меридиану, к параллели и на нормаль к срединной поверхности,  $R_1$  и  $R_2$  — главные радиусы кривизны. Мы рассматриваем оболочку, срединная поверхность которой является поверхностью вращения. У такой оболочки линиями главной кривизны будут меридианы и параллели.

В нашем частном случае (сферическая модель) поверхностная нагрузка не зависит от угла  $\lambda$ . Тогда и деформация оболочки не будет зависеть от этого угла, т.е. будет симметрична относительно оси вращения. В этом случае дифференциальные уравнения в частных производных превращаются в обыкновенные дифференциальные уравнения и их решение можно представить в виде:

$$\left\{ \begin{aligned} T_\varphi &= \frac{1}{R \sin^2 \theta} \int_0^\theta (q_n \cos \theta - q_\varphi \sin \theta) R^2 \sin \theta d\theta, \\ T_\lambda &= q_n R - T_\varphi. \end{aligned} \right. \quad (2)$$

В этом случае  $q_\lambda = 0$  (а следовательно и  $S = 0$ ),  $q_\varphi = q \sin \theta$ ,  $q_n = -q \cos \theta$ , где  $q$  — вес оболочки на единицу площади ее поверхности.

Интегрируя, получим

$$\left\{ \begin{aligned} T_\varphi &= \frac{qR}{\sin^2 \theta} (\cos \theta - 1) = -\frac{qR}{2 \cos^2 \frac{\theta}{2}}, \\ T_\lambda &= -qR \cos \theta - \frac{qR}{\sin^2 \theta} (\cos \theta - 1) = -qR \left( \cos \theta + \frac{1}{2 \cos^2 \frac{\theta}{2}} \right). \end{aligned} \right. \quad (3)$$

Как известно, усилия в косых сечениях (Гольденвейзер, 1953)

в нашем частном случае могут быть представлены в виде:

$$\begin{cases} S_K = (T_\lambda - T_\varphi) \sin \Lambda \cos \Lambda, \\ T_K = T_\lambda \sin^2 \Lambda + T_\varphi \cos^2 \Lambda. \end{cases} \quad (4)$$

Найдем экстремумы функций  $S_K$  и  $T_K$ :

$$\frac{\partial S_K}{\partial \Lambda} = (T_\lambda - T_\varphi) \cos 2\Lambda, \quad (T_\varphi \neq T_\lambda),$$

отсюда

$$\cos 2\Lambda = 0, \quad \text{т.е.}$$

$$\Lambda = \frac{\pi}{4} + \frac{\pi n}{2}, \quad \text{где } n = 0, 1, 2, 3; \quad (5)$$

$$\frac{\partial T_K}{\partial \Lambda} = (T_\lambda - T_\varphi) \sin 2\Lambda,$$

отсюда

$$\sin 2\Lambda = 0, \quad \text{т.е.}$$

$$\Lambda = \frac{\pi n}{2}, \quad \text{где } n = 0, 1, 2, 3. \quad (6)$$

3. Для сфероида формулы (4) будут иметь тот же вид, хотя значения  $T_\varphi$  и  $T_\lambda$ , конечно, будут другими. Следовательно, эти формулы могут быть применимы и в случае сфероида в силу симметричности оболочки вращения.

В дальнейших приближениях (приближение 2 - сфероид; приближение 3 - трехосный эллипсоид) встречаются значительные математические трудности, приводящие к нелинейной системе дифференциальных уравнений. Однако качественная картина азимутального распределения усилий и в этих приближениях остается той же самой.

Азимутальное распределение максимальных деформирующих усилий, возникающих в литосфере вращающейся планеты, подчиняется закону четырех «экстремальных» азимутов:

$$A_e = \begin{cases} A_D = 45^\circ \pm 90^\circ n \quad (n = 0, 1, 2, 3) \\ A_0 = 90^\circ n \quad (n = 0, 1, 2, 3), \end{cases} \quad (7)$$

где  $A_D$  - Диагональная система СЗ и СВ скальвающих усилий,

$A_0$  - Ортогональная система меридиональных и восточно-западных усилий растяжения и сжатия (Доліцкий, Кийко, 1963; Каттерфельд, Чарушин, 1970).

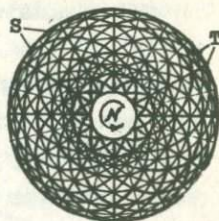
Эти усилия и связанные с ними напряжения \*

$$\sigma_D = \frac{S}{H}, \quad \sigma_0 = \frac{T}{H} \quad (8)$$

формируют глобальную систему линейных структур планет:

D - систему сдвигов и трещин скалывания и

0 - систему разрывов и складок сжатия.



Из (8) следует, что от места к месту и от района к району, в зависимости от мощности «работающего» слоя литосферы, величина поля напряжений - даже при одной и той же величине действующей силы - будет меняться, обуславливая различную частоту и выраженность планетарных разрывов в районах с неодинаковой  $H$ .

Известно, что сопротивление любых геологических материалов на сдвиг меньше, чем сопротивление на сжатие. С этим может быть связано наблюдаемое в умеренных и высоких широтах преобладание D - системы над 0 - системой. В случае растяжения картина будет обратная: 0 - система доминирует над D - системой (т.к. сопротивление материалов на разрыв меньше, чем на сдвиг).

Рассмотрим взаимные соотношения как Диа- и Ортосистем, так и составляющих их сопряженных серий на различных широтах. Для этого из (3) и (4) получим зависимости  $S_K$  и  $T_K$  от  $\theta$ :

$$\begin{cases} S_K = -qR \cos\theta \sin A \cos A \\ T_K = -qR \left( \cos\theta \sin^2 A + \frac{1}{2 \cos^2 \frac{\theta}{2}} \right) \end{cases} \quad (9)$$

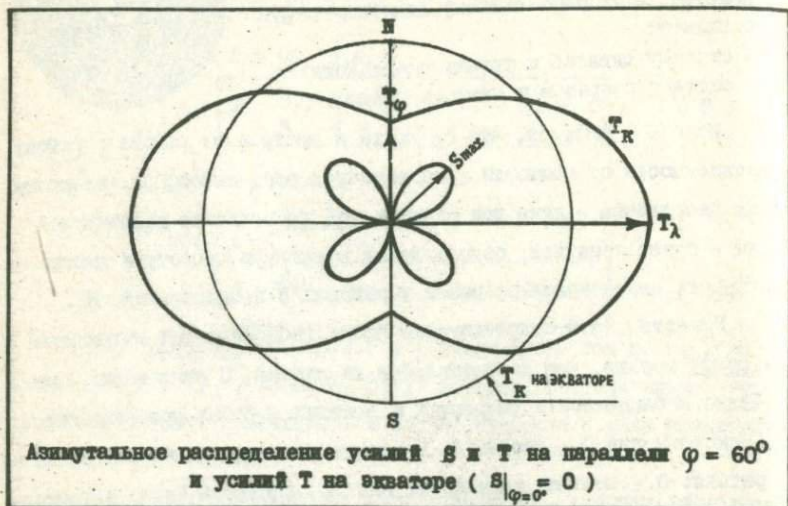
Отсюда следует, что на экваторе ( $\theta = 90^\circ$ )

$$S_K = 0,$$

$$T_\varphi = T_\lambda = T_K = -qR;$$

\*) Если силы измеряются в  $\frac{кГ}{см}$ , то размерности усилий и напряжений соответствуют  $\left[ \frac{кГ}{см} \right]$  и  $\left[ \frac{кГ}{см^2} \right]$ .

другими словами, при перемещении от полюса к экватору сдвигающие усилия и генетически связанная с ними диагональная система трещин редуцируются, а меридиональные и широтные усилия ортогональной системы выравниваются; на самом же экваторе Диа-система полностью исчезает, а Орто-система разбивается и вырождается в окружность, в которой все направления усилий  $T_K$  одинаково равноценны.



Из уравнений (3) получаем отношение усилий в ортогональной системе :

$$\frac{T_\lambda}{T_\varphi} = 2 \cos \theta \cos^2 \frac{\theta}{2} + 1 . \quad (10)$$

Из него следует, что при изменении  $\theta$  от  $0^\circ$  (полюс) до  $90^\circ$  (экватор)  $\frac{T_\lambda}{T_\varphi}$  уменьшается от 3 до 1:  $3 \geq \frac{T_\lambda}{T_\varphi} \geq 1$  при  $0 \leq \theta \leq 90^\circ$ ; другими словами, в полярной зоне усилие  $T_\lambda$ , создающее меридиональную серию разрывов, в три раза больше усилия  $T_\varphi$ , отвечающего за формирование восточно-западной серии, а в экваториальной зоне обе серии становятся равноценными. Это означает, что отношение вероятностей проявления меридиональной и В-З серий ортогональной системы от экватора к полюсу увеличивается и, следовательно, мери-

диональные разломы в полярных и умеренных зонах Земли и других планет должны быть выражены относительно лучше, чем в экваториальной. Этот теоретический вывод, как известно, подтверждается фактическими геологическими и планетологическими данными.

Из приведенного графика видно, что «запретные» (пустые) секторы имеются только в распределении скалывающих усилий (при  $A = 0$  и  $90^\circ$ ), тогда как в распределении сжимающих-растягивающих усилий запретных секторов не существует. Поэтому наблюдаемые на планетарных розах межсерийные «шумы» в действительности также могут быть образованы планетарными усилиями, т.е. относиться к планетарным разрывам.

4. Заключение. Таким образом, три совершенно различных и независимых подхода к изучению планетарной трещиноватости и связанных с нею явлений :

экспериментальное моделирование ротационно-обусловленных усилий и формируемой ими глобальной системы линейных нарушений в лаборатории (Knetsch, 1964, 1967; Чердниченко и др., 1966), с одной стороны;

анализ статистических данных по ориентировке трещин и разломов самого разного возраста (от катархейских до четвертичных) для большинства областей Земли (по наземным, аэро- и космофотосъемочным данным), Луны, Марса и Меркурия (Каттерфельд, 1959, 1969; Каттерфельд и Чарушин, 1970, 1973<sub>1</sub>, 1973<sub>2</sub>; Галибина, Каттерфельд и Чарушин, 1975; Каттерфельд, 1976), с другой стороны, и

теоретический анализ, с третьей —

совершенно однозначно свидетельствуют о том, что планетарная трещиноватость формируется четырьмя сериями ротационно-обусловленных линейных нарушений. В зависимости от геологической (планетологической) обстановки и географического (планетографического) положения проявляются либо все серии и системы трещин, либо только одна из них, а другие количественно редуцированы или совсем отсутствуют.

Данные по глобальной трещиноватости Земли и других планет, полученные нами в результате 20-летних исследований (более 250 тысяч замеров), не подтверждают ультрамобилистских концепций тектоники плит и говорят против возможности значительных смещений оси вращения Земли, по крайней мере, начиная с позднего протерозоя (Галибина, Каттерфельд, Чарушин, 1975).

#### ЛИТЕРАТУРА

- А.В.Долицкий, И.А.Кийко (1963). О причинах деформации земной коры. В сб. «Проблемы планетарной геологии», Москва.
- А.Л.Гольденвейзер (1953). «Теория упругих тонких оболочек», Москва.
- В.В.Новожилов (1962). «Теория тонких оболочек», Ленинград.
- Г.Н.Каттерфельд (1959). К вопросу о тектоническом происхождении линейных образований Марса. - Изв.ВГО, т.91, № 3, Ленинград.
- G.N.Katterfeld (1966). «The question of the tectonic origin of linear formations on Mars». Ottawa.
- Г.Н.Каттерфельд (1969). Планетология, ее предмет и задачи. - Вестник Ленинградского университета, № 18, Геология и география, вып.3, Ленинград.
- Г.Н.Каттерфельд, Г.В.Чарушин (1970). Глобальная трещиноватость Земли и других планет. - Геотектоника, № 6, Москва.
- Г.В.Чарушин, Г.Н.Каттерфельд (1973<sub>1</sub>). Глубинные разломы Земли и Марса. - В Сб. «Планетарная трещиноватость», изд.ЛГУ, Ленинград.
- G.N.Katterfeld, G.V.Charushin (1973<sub>2</sub>). General Grid Systems of Planets. - Modern Geology, vol.4, No.4, New York-London-Paris.
- И.В.Галибина, Г.Н.Каттерфельд, Г.В.Чарушин (1975). Типы и системы линейментов планет. - Изв. АН СССР, Сер. Геол., № 11, Москва.
- G.N.Katterfeld (1976). Global and Regional Systems of lineaments on the Earth, Mars and the Moon. - «Proceedings of the First International Conference on the New Basement Tectonics, Salt Lake City, June 1974».
- G.Knetch (1964). Über ein Struktur-Experiment an einer Kugel und Beziehungen zwischen Gross-Lineamenten und Pol-Lagen in der Erdgeschichte. - Geologische Rundschau, Bd. 54, Stuttgart.
- G.Knetch (1967). Bemerkungen zur Entstehung des Lineament-Gitters auf dem Mond. - Problems of Planetology, vol.I, Ostrava.
- О.И.Чередищченко, В.М.Бурмистенко, В.С.Тюковенко, И.И.Чебаненко (1966). Попытка лабораторного моделирования планетарных разломов (линементов) Земли. - Доклады АН УССР, т.168, № 10, Киев.

ЭЛЕМЕНТЫ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ АСИММЕТРИИ  
ФИЗИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ\*

С.М.Базаров, Н.Н.Мозгов, А.Н.Павлов

Ленинградский Гидрометеорологический институт,

Лаборатория аэрометодов МинГео СССР, Ленинград

Современная физическая наука в своем развитии основывается на теории относительности и квантовой механике.

Гравитационная теория А.Эйнштейна базируется на неевклидовом характере свойств физического пространства-времени. Одной из основных величин в этой теории является значение компоненты  $\epsilon_{00}$  метрического тензора гравитационного поля

$$-\epsilon_{00} = 1 + \frac{2\varphi_G}{c^2}, \quad (1)$$

где  $c$  - скорость света в вакууме, а гравитационный потенциал

$$\varphi_G = -k \int \rho \frac{dV}{R}, \quad (2)$$

где  $k$  - гравитационная постоянная,  $\rho$  - плотность масс,

$V$  - объем и  $R$  - расстояние.

Связь между масштабами собственного времени  $d\tau$  и времени  $dt$  в данной точке гравитационного поля определяется в теории А.Эйнштейна соотношением

$$\frac{dt}{d\tau} = \frac{1}{\left(1 + \frac{2\varphi_G}{c^2}\right)^{1/2}}, \quad (3)$$

или в условиях малости

$$\left| \frac{2\varphi_G}{c^2} \right| \ll 1, \quad \frac{dt}{d\tau} = 1 - \frac{\varphi_G}{c^2}; \quad (4)$$

с учетом (2) видим, что

$$\frac{dt}{d\tau} > 1, \quad (5)$$

\*) Печатается в порядке дискуссии.

т.е. масштабы времени в гравитационном поле больше, чем в условиях его полного отсутствия.

Общезвестно, что планеты Солнечной системы наряду с орбитальным обращением вокруг Солнца вращаются вокруг собственной оси, т.е. обладают спином.

Механическому моменту каждой планеты ставится в соответствие магнитное поле. Например, магнитное поле Земли в первом приближении описывается магнитным диполем, находящимся в ее ядре, магнитный момент которого

$$M_m = 8 \cdot 10^{25} \text{ CGSM} . \quad (6)$$

Потенциал магнитного диполя равен

$$\varphi_m = \frac{M_m R}{R^3} \cdot \alpha , \quad (7)$$

где  $\alpha = 8,85 \cdot 10^6 [\text{cm}^{3/2} \cdot \text{r}^{-1/2} \cdot \text{сек}^{-1}]$ .

Магнитный заряд, действуя на квазиточечный магнит, вызывает появление в нем магнитного момента.

Возникновение магнитного момента связано с присутствием в магните неразделенных двух зарядов противоположного знака. Магнитный момент представляет собой вектор, направленный перпендикулярно плоскости действия электромагнитных сил.

Выдвигается гипотеза возможности представления магнитного момента в виде

$$M_m = iM , \quad (8)$$

потенциала

$$\varphi = i\varphi_m , \quad (9)$$

компоненты метрического тензора  $\epsilon_{00m}$  магнитного поля

$$-\epsilon_{00m} = 1 + i \frac{2\varphi_m}{c^2} ; \quad (10)$$

здесь  $i$  - мнимая единица.

Введением величины  $i$  отмечается факт аналога вектора момента вектору квазисилы, действующей перпендикулярно плоскости действия магнитных сил со стороны магнитного заряда на магнит.

В этих условиях отношение масштабов времени  $dt_m$  магнитного поля и собственного времени  $d\tau$  будет оцениваться соотношением

$$\frac{dt_m}{d\tau} = \frac{1}{\left(1 + i \frac{2\varphi_m}{c^2}\right)^{1/2}} \quad (11)$$

В условиях малости величины  $\left|\frac{2\varphi_m}{c^2}\right| \ll 1$  формула (11) переписывается в виде

$$\frac{dt_m}{d\tau} = 1 - i \frac{\varphi_m}{c^2} \quad (12)$$

Величина  $\frac{\varphi_m}{c^2}$  описывает изменение масштаба времени (длины) в направлении, перпендикулярном плоскости действия магнитных сил:

$$\delta \Delta t = t \cdot \frac{\varphi_m}{c^2} \quad (13)$$

Введем величину магнитного радиуса

$$r_m = \alpha \frac{E_m}{c^2} \quad (14)$$

где магнитный заряд  $E_m$  равен

$$E_m = \frac{M_m}{H} \quad (15)$$

а  $H$  - расстояние между магнитными полюсами Земли.

В соответствии с (14) и (15) относительное смещение масштабов времени (длины) равно

$$\frac{\delta \Delta t}{t} = \frac{M_m R}{R^3 c^2} \cdot \alpha \quad (16)$$

Для Земли магнитный радиус

$$r_m = 6,2 \cdot 10^2 \text{ см} \quad (17)$$

Поэтому для южного полушария относительное изменение масштабов времени (длины) будет описываться формулой

$$\alpha \frac{\frac{M}{R} \frac{R}{c^2}}{R^2 c^2} < 0, \quad (18)$$

для северного полушария

$$\alpha \frac{\frac{M}{R} \frac{R}{c^2}}{R^2 c^2} > 0. \quad (19)$$

Смещение масштабов времени приводит к асимметрии поля сил полушарий, что, в конечном итоге, приводит к асимметрии масс и антисимметрии морфологии Южного и Северного полушарий, описанной в работе Г.Н.Каттерфельда «Лик Земли и его происхождение» (1962).

Аналогичный характер формирования асимметрии пространства — времени полушарий будет наблюдаться и у других планет Солнечной системы, обладающих собственным спином.

В заключение приведем порядок величины магнитных радиусов для планеты Марс

$$r_{m \oplus} \approx 8,85 \text{ см} \quad (20)$$

и планеты Венера

$$r_{m \ominus} \approx 0,9 \text{ см}. \quad (21)$$

Отсюда следует, что северо-южная асимметрия физической поверхности планеты Марс менее выражена, а у Венеры она должна быть значительно менее выраженной, чем у Земли.

ГЛОБАЛЬНАЯ  
ГЕОЛОГИЯ

## ГРАВИТАЦИОННОЕ СЖАТИЕ ЗЕМЛИ И ТЕКТОНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

Н.П.Васильковский

(Тихоокеанский океанологический институт ДВНЦ АН СССР)

М.С.Лапо

(Приморское территориальное геологическое управление)

Тектонические деформации Земли и распределение тектонической активности во времени и пространстве наиболее правдоподобно могут быть оценены путем анализа основных этапов возникновения, становления и развития нашей планеты, как космического тела в пределах полей гравитации Солнца, Земли и Луны, которые, взаимодействуя с энергетическими процессами вещества этих полей, определяли формирование и развитие Земли, динамику ее вращения, непрерывно-дискретного сжатия и последовательную дифференциацию ее вещества.

Подобная методология исследования тектогенеза соответствует основным выводам, полученным многими исследователями (В.Н.Лодочников, 1939; Ramsey, 1949; А.Т.Асланян, 1960, 1976; Г.Н.Каттерфельд, 1962; К.Бенеш, И.В.Галибина, Г.Н.Каттерфельд, 1975; А.И.Рыбин, 1967, и др.). По мнению авторов, сложный путь дифференциации вещества Земли и всей истории ее тектонического развития был обусловлен тем, что под воздействием развивающегося поля гравитации, являющегося результатом взаимодействия вышеуказанных космических процессов с веществом планеты, возникли и развивались геологические процессы, связь между которыми последовательно возрастала от локальных к региональным и глобальным взаимосвязям.

На начальном этапе развития Земли средняя ее плотность была значительно меньше, чем современная, равная  $5,52 \text{ г/см}^3$ . Зная пер-

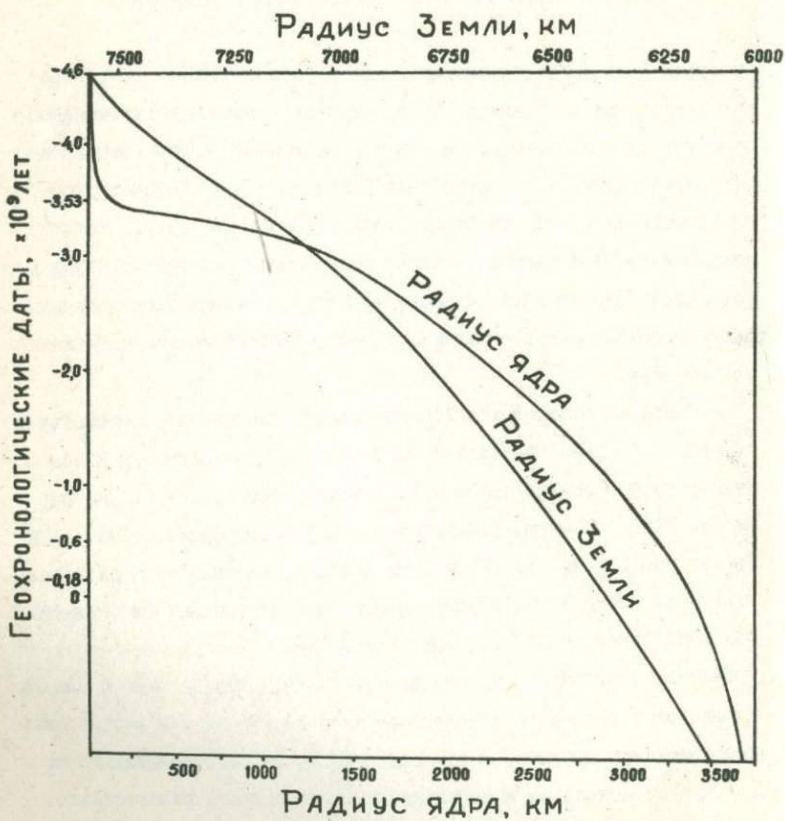


Рис. 1

воначальную среднюю плотность, можно рассчитать общий ход гравитационной контракции. Авторы сделали попытку такого расчета, приняв длительность существования Земли как планеты порядка  $4,6 \cdot 10^9$  лет, постоянство ее массы и равномерность сокращения ее объема.

Предусматривается соответствие земного вещества среднему составу каменных (главным образом хондритовых) метеоритов или железисто-магнезиальных ультраосновных пород, имеющих среднюю плотность  $3,32 \text{ г/см}^3$ . Близкой плотностью обладает сейчас вещество верхней мантии, но такую же среднюю плотность могла иметь вся планета в начальный этап ее существования. Эта возможность вытекает из предположения, что при консолидации протопланетного облака, в процессе освобождения его от большей части газовой компоненты, протоземля неизбежно пережила состояние, когда ее возрастающая средняя плотность отвечала указанной величине; очень плотного ядра Земли еще не было, и она не обладала значительным магнитным полем.

Это идеализированное состояние Земли (когда длина ее радиуса равнялась 7550 км), отнесенное к условной дате  $4,6 \cdot 10^9$  лет назад, принято за исходное начало расчетов. Ее поверхность за все время геологической истории могла уменьшиться на  $200 \cdot 10^6 \text{ км}^2$ , с начала формирования континентальной коры — на  $115 \cdot 10^6 \text{ км}^2$  и с начала палеозоя — на  $16 \cdot 10^6 \text{ км}^2$  при соответствующем уменьшении длины радиуса на 1 180, 690 и 120 км. Эффект гравитационной контракции при этом превзошел бы самые смелые предположения о величине сжатия, необходимой для обеспечения процессов тектогенеза.

Дальнейший расчет показал, что переход силикатного земного вещества в фазовое («металлическое») состояние, свойственное ядру, мог начаться в центре Земли ориентировочно около  $3,6 \cdot 10^9$  лет назад (Рис. 1). По-видимому, к этому времени могло относиться зарождение ядра, а также древнейших структур, силикатической коры в области щитов. В течение геологической истории рост массы ядра совершался

нарастающими темпами, причем уже к началу рифея ( $1,5 \cdot 10^9$  лет назад) длина его радиуса достигла 2900 км. Но заметное замедление темпов роста наметилось только в наиболее поздние геологические эпохи, и формирование ядра должно закончиться около  $2 \cdot 10^9$  лет спустя после переживаемого нами времени, когда предельная длина его радиуса достигнет около 4 000 км, а толщина мантии станет несколько меньше 2 000 км.

Вместе с ростом ядра и увеличением его поверхности в процессе фазового преобразования за каждую последующую единицу времени вовлекалось все большее количество мантийного вещества. В силу этого в процессе общего сжатия Земли происходило приспособление мантии к относительно сильнее сокращавшемуся объему вещества, переходившего из нее в ядро. В результате, помимо напряжений, вызывавшихся давлением нагрузки и общей контракцией, в мантии возникали дополнительные тангенциальные напряжения, значительная часть которых расходовалась на ее деформацию и складкообразование в коре.

Помимо возможной гравитационной контракции, неизбежна дифференциационная контракция Земли. Под последней авторы понимают некоторое сокращение ее подкорового объема, вызванное указанным выше перераспределением, главным же образом — выделением из мантии (возможно и ядра) вещества коры, гидросферы и атмосферы. За счет такого выделения поверхность подкоровой части Земли за время ее существования могла уменьшиться на  $8 \cdot 10^6$  км<sup>2</sup>, что явилось существенным вкладом в общую контракцию планеты.

Таким образом, представляется, что за деформации мантии ответственна как общая контракция Земли, так и связанное с ней формирование земного ядра. Благодаря этому верхние слои мантии вместе с поверхностью Мохоровичича могли испытывать изгибы преимущественно большого радиуса земного ядра: ход порождаемых контракцией складчатых деформаций в течение большей части геологической истории мог

несколько прогрессировать. Вызывавшееся гравитационной контракцией постоянное напряженное состояние вещества в коре может объяснять то обстоятельство, что магматизм и рудные процессы, как правило, протекали в условиях более значительного давления, чем это определялось нагрузкой вышележащих пород. Исключения могли относиться к локальным рифтовым зонам, в которых кора находилась в состоянии растяжения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- А.Т.Асланян (1960). Динамическая проблема геотектоники. - «Международный Геол. Конгресс, XXI сессия. Доклады советских геологов по проблеме 18», Москва.
- А.Т.Асланян (1976). Предельное значение мощности и прочности литосферы в свете теории гравитационного сжатия и приливного торможения Земли. - Изв.АН Арм.ССР, Науки о Земле, т.29, № 1, Ереван.
- К.Бенеш, И.В.Галибина, Г.Н.Каттерфельд (1975). Тенденции развития планет земной группы. - Изв.АН СССР, Сер.Геол., № 5.
- Н.П.Васильковский (1959). «К теории земной коры». Труды СНИИПИМС, вып. 5, Новосибирск.
- Н.П.Васильковский (1962). О направленности геологических процессов в истории Земли. - Геология и геофизика, № II, Новосибирск.
- Н.П.Васильковский (1964). К проблеме развития земной коры. «Международный Геол.Конгресс, XXII сессия. Доклады советских геологов по проблеме 4», Москва.
- Г.Н.Каттерфельд (1962). «Лик Земли и его происхождение», Москва.
- П.Н.Кропоткин (1970). Возможная роль космических факторов в геотектонике. - Геотектоника, № 2.
- П.Н.Кропоткин (1971). Напряженное состояние земной коры по измерениям в горных выработках и геофизическим данным. В кн. Проблемы теоретич. и регион. тектоники, Москва.
- В.Н.Лодочников (1939). Некоторые общие вопросы, связанные с магмой, дающей базальтовые породы. - Записки Минерал. общества, сер. 2, № 2-3, Ленинград.
- Н.Н.Парийский (1955). Неравномерность вращения Земли. - Труды Геофизического института АН СССР, № 26 (153), Москва.

# ВОЗБУЖДЕНИЕ ЧАНДЛЕРОВСКИХ КОЛЕБАНИЙ ПОЛЮСА КАК СТРЕССОВАЯ РЕАКЦИЯ НА ГРАВИТАЦИОННОЕ СЖАТИЕ ЗЕМЛИ

А.Т. Асланян

Институт геологических наук Академии наук Армянской ССР

По данным Международной службы широты, в течение последних 70 лет среднеквадратичное значение углового расстояния между полюсом инерции и полюсом вращения Земли составило  $\bar{\alpha} = 0,14'' = 7,06 \cdot 10^{-7}$  рад = 4,5, м, а время затухания вариации равнялось 12,4 годам /см.5, 6, 8, II/.

Согласно эйлеровской теории прецессии /см. например, Каула, 1971; Стейси, 1972/, гироскопический момент, соответствующий указанным колебаниям полюса, эквивалентен внешнему вращательному моменту

$$\Delta N_p = -A\omega^2 H\alpha = -J\omega^2 H\alpha = \Delta J\omega^2, \quad (1)$$

представляющему произведение экваториального момента инерции  $A$ , угловой скорости вращения  $\omega$ , динамического сжатия  $H = (C - A) / C$  и амплитуды колебания полюса  $\alpha$  ( $J = kMR^2$  - средний момент инерции,  $M$  - масса,  $R$  - средний радиус,  $k$  - постоянная жирации, равная 0,3308,  $C$  - полярный момент инерции,  $N = J\omega^2$  - вращательный момент Земли). При этом малая величина

$$\frac{\Delta J}{J} \approx \frac{\Delta \rho}{\rho} = H\alpha \quad (2)$$

представляет относительное изменение момента инерции планеты, соответствующее амплитуде колебания  $\alpha$

Подстановка в (2) значений  $A = 8,042 \cdot 10^{44}$  г.см<sup>2</sup>,  $H = 1/305,51 = 3,2732 \cdot 10^{-3}$  показывает, что значению  $\alpha = 7,06 \cdot 10^{-7}$  рад соот-

ответствует изменению момента инерции Земли на  $\Delta A = 1,858 \cdot 10^{36} \text{ г. см}^2$ , в то время как все существующие гипотезы, предложенные для объяснения чандлеровских колебаний полюса (гипотезы о возбуждении колебаний вследствие сильных землетрясений, вулканических извержений, крупномасштабных атмосферных пертурбаций, эвстатических изменений уровня мирового океана, эрозии и аккумуляции и др.) дают для  $\Delta \rho$  значения порядка  $10^{33} - 10^{34} \text{ г. см}^2 / \text{см.}^6, 8, 11, 13/$ .

По мнению автора настоящих строк, наиболее вероятной причиной возбуждения чандлеровских колебаний является изменение объема Земли и связанные с ним механические напряжения, обуславливающие необходимый вращательный момент.

Согласно классическому закону постоянства углового момента  $Q = J\omega = \text{const.}$  при малых изменениях  $J$  и  $\omega$  соблюдается пропорция

$$\frac{\Delta J}{J} = \frac{\Delta T}{T} = -\frac{\Delta \omega}{\omega} \quad (3)$$

и, кроме того, для случая гомологического сжатия ( $K = \text{const.}$ ) из выражения  $J = KMR^2 = \text{const.} \cdot R^2$  следует, что

$$\frac{\Delta J}{J} = \frac{2\Delta R}{R} = -\frac{\Delta \omega}{\omega} \quad (4)$$

Подставляя в (4)  $H\alpha = 2,311 \cdot 10^{-9} \text{ рад.}$ ,  $R = 6,371 \cdot 10^8 \text{ см.}$  получаем  $\Delta R = 0,736 \text{ см.}$ , т.е. величину уменьшения радиуса, необходимую для возбуждения колебания полюса до амплитуды

$$\alpha = 1,06 \cdot 10^{-7} \text{ рад.}$$

Амплитуда чандлеровских колебаний уменьшается в течение 10 периодов (4570 дней = 12,4 лет) в отношении 1/2. Следовательно, уменьшение радиуса на величину  $\Delta R = 0,736 \text{ см}$  происходит в среднем за 24,8 лет ( $\Delta R = 2,968 \text{ см}$  за 100 лет), чему соответствует  $(\Delta \omega / \omega)_R = -2\Delta R / R = 9,316 \cdot 10^{-9}$  за 100 лет.

В астрономической и геофизической литературе часто встречаются оценки уменьшения радиуса Земли на 3-6 см за 100 лет/см.1,4, 9,14/, причем для периода с середины 1958 г. по середину 1959 г. длительность суток уменьшилась скачкообразно на  $12 \cdot 10^{-5}$  сек, чему согласно (3) соответствует уменьшение радиуса на величину  $\Delta R = 0,577$  см /см.10/.

В новом критическом обзоре Л.Моррисона /1972/ для отношения  $\Delta\omega/\omega$  соответствующему, по нашему мнению, почти полностью выражению (4), принято значение  $(9 \pm 2) \cdot 10^{-9}$  век<sup>-1</sup>, основанное на статистике лунно-солнечных затмений и теории приливного торможения Земли. По нашим расчетам, принимая теоретически возможное значение приливного торможения Земли равным  $(\Delta\omega/\omega)_t = 1,245 \cdot 10^{-9} \dot{n}$ , наблюдаемое значение торможения  $(\Delta\omega/\omega)_f = 15,40 \cdot 10^{-9} l'$ , вековое ускорение Луны  $\dot{n} = 22,4$  век<sup>-2</sup>, вековое замедление вращения Земли  $l' = 1,23$  век<sup>-2</sup> или принимая по методу взвешенных разностей расхождений соответственно  $\dot{n}_1 = 30$  век<sup>-2</sup>,  $l' = 1,83$  век<sup>-2</sup>, получаем  $(\Delta\omega/\omega)_R = (\Delta\omega/\omega)_t - (\Delta\omega/\omega)_f = 1,245 \cdot 10^{-9} \dot{n} - 15,40 l' \cdot 10^{-9} = 1,245 \cdot 10^{-9} \dot{n} - 15,40 \cdot 10^{-9} l' = 9,23 \cdot 10^{-9}$  век<sup>-1</sup>.

Следует отметить, что согласно теореме вириала  $(3\gamma - 3)U + W = 0$ , устанавливающей связь между кинетической энергией  $U = MCuT$  и энергией гравитационного поля  $W = -aMR$  планеты контррация будет иметь место при условии  $(3\gamma - 3)U < |W|$ :

Полагая  $|W|/m:n = \frac{3}{5} MR$  ( $a$  - структурный коэффициент, равный для однородного шара 0,6), постоянную Грннайзена  $\gamma_{max} = 3$  (сильно сжатый газ) и удельную теплоемкость  $Cu = 10^7$  эрг/г.град и, обозначив величину  $gR/10Cu = T_K$  и унаследованную температуру, связанную с радиоактивным распадом и др. неконтракционными источниками,  $T_K$ , получим то значение  $T_m$  средней температуры планеты, ниже которой процесс гравитационного сжатия будет неизбежным:

$$T_m = T_0 + T_K : \quad (5)$$

Поскольку  $T_K = 6300^\circ\text{K}$ , а равновесная температура в центре Земли согласно формуле  $T_C = \mu g R / 2 A_0$  при эффективном молекулярном весе  $\mu = 2$  составляет всего  $7500^\circ\text{K}$  ( $A_0$  — универсальная газовая постоянная) и по всем оценкам  $2T_m \leq T_C$ , то сжатие Земли представляется процессом неотвратимым /см.2/.

При уменьшении радиуса Земли на величину  $\Delta R = 0.5 R H \alpha$  за время, равное периоду затухания чандлеровских колебаний  $\tau$ , совершается работа

$$\Delta W \approx \alpha M g \Delta R = 0.5 \alpha M g R H \alpha, \quad (6)$$

которая по предлагаемой нами идее о причинах возбуждения свободных колебаний полюса должна равняться полной энергии колебаний полюса

$$E_T = A H \omega^2 \alpha^2, \quad (7)$$

равной, в свою очередь, сумме энергии упругой деформации и потенциальной энергии, возникающей при перераспределении масс. Сравнение этих выражений при  $\Delta W = E_T$  дает

$$\tau = \frac{\alpha g}{2 K R \alpha \omega^2} = \frac{\alpha}{2 K M \alpha} \quad (8)$$

Подставляя  $\alpha = 0,64$  (по Чандрасекару),  $\bar{K} = 0,3308$ ,  $m = 1/288,37$ ,  $\alpha = 7,06 \cdot 10^{-7}$  рад, получаем  $\tau = 12,4$  лет, что неожиданно точно совпадает с результатами наблюдательных данных, а также с известной оценкой Фелдкетта, полученной методом максимального правдоподобия /см.8/.

Возбуждение чандлеровских колебаний связано с упругими напряжениями, которые в ходе гравитационного сжатия накапливаются в прочных массах планеты, особенно в коре и мантии и соответственно затухают при релаксации этих напряжений и характеризующих релакса-

ция процессов пластичности, ползучести, катаклаза, срывов и др.

При этом следует иметь в виду, что скачкообразный характер процесса сдвига и концентрация деформирующих напряжений в узких зонах коры и верхней мантии, а также остановки в процессе контракции и смена последних кратковременными процессами расширения Земли значительно осложняют рисуемую здесь картину колебания полуса.

Автором было показано, что между числами Лява  $h_2$  и  $K_2$  в теории приливной деформации Земли и коэффициентом Пуассона  $\nu$  в теории горизонтального распора горных масс существует зависимость

$$1 + K_2 - h_2 = \frac{1 - 2\nu}{1 - \nu}, \quad (9)$$

причем принимая для Земли в целом  $K_2 = 0,3017$ ,  $h_2 = 0,613$ ,  $\nu = 0,2364$ ,  $K_2 = 0,4935$   $h_2 = 0,5$ , приходим к эмпирическому выводу, что для твердой Земли ( $K_2 < 0,5$ ),  $(1 - \nu)K_2 = \nu [C \cdot \mu \cdot 1]$

Период чандлеровских колебаний полуса

$$P = \frac{C + K_2 f}{C - A - K_2 f} \text{ сутки}, \quad \frac{C - A}{C} = H, \quad f = \frac{\omega^2 R^5}{3G} \quad (10)$$

Из этой формулы, полученной Каулой /5/, следует, что с возрастанием  $\bar{K}_2$  (или  $\nu$ ), т.е. с возрастанием текучести и упругости вещества Земли,  $P$  возрастает и наоборот - при  $\bar{K}_2 = 0$ ,  $\nu = 0$  (эйлеровская модель абсолютно твердой Земли)  $P$  уменьшается и достигает величины 305,51 сутки. При значении  $\bar{K}_2 = 0,3$  получается  $P = 450,67$  сутки, а вязкость Земли  $\eta = \mu \tau$  при  $\tau = 12,4$  лет и  $\mu = 1,46 \cdot 10^{12}$  дин/см<sup>2</sup> (сейсмометрическое значение, соответствующее условию  $\bar{K}_2 = 0,3$ ) составляет  $5,71 \cdot 10^{20}$  пз. По новым оценкам Либутри вязкость 200 км слоя астеносферы под Фенноскандией составляет  $10^{20}$  пз /12/.

В заключение представляется необходимым отметить, что процесс

свободной нутации допускает также релятивистское толкование, заключающееся вкратце в том, что в ходе орбитального движения сжимающейся Земли, ввиду наличия переноса энергии, как релятивистский эффект появляется добавочный вращательный момент  $A\omega^2 v_0^2 / 2c^2 = \Delta N_2$  ( $U_0 = c\beta$  - скорость орбитального движения равная  $3 \cdot 10^6$  см/сек,  $\bar{c}$  - скорость света, равная  $3 \cdot 10^{10}$  см/сек), который балансируется противоположно направленным полным нутационным моментом  $-\Delta N_n = 2A\omega^2 H\alpha$ , возникающим вследствие механических напряжений в том же процессе гравитационного сжатия /см.3/. Это условие дает  $\frac{4H\alpha = \beta^2}{\alpha} = 7,638 \cdot 10^{-7}$  рад.,  $H\alpha = 2\Delta R/R = 2,5 \cdot 10^{-9}$ ,  $\Delta R = 0,7964$  см и при времени затухания  $\tau = 12,4$  лет получается скорость уменьшения радиуса Земли  $v_2 = 10^{-9}$  см/сек. При этом темпе в конце архея ( $27 \cdot 10^9$  лет т.н.) радиус Земли составил бы 7223 км, а средняя плотность  $3,78$  г/см<sup>3</sup>, равная средней плотности неспятого вещества Марса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А.Т.Асланян (1976). Об эквивалентности фактора Лява и фактора Пуассона в теории приливной деформации и горизонтального расхода литосферы. - В журн. «Геомеханика», Изд. АН Арм.ССР, Ереван.
2. А.Т.Асланян (1976). Термо-гравитационный критерий изменения объема Земли. - Изв. АН Арм.ССР, Науки о Земле, № 3, Ереван.
3. Р.Беккер (1941). «Теория электричества», т.П. Релятивистская механика, ИИЗ, Л.-М.
4. Г.Н.Каттерфельд (1962). «Лик Земли и его происхождение», М.
5. У.Каула (1971). «Введение в физику планет земной группы», М.
6. К.А.Куликов (1962). «Изменяемость широт и долгот». ФизМатИИЗ, М.
7. Л.Моррисон (1975). Вековые ускорения орбитального движения Луны и вращения Земли. В Сб. «Приливы и резонансы в Солнечной системе», Изд. «Мир», М.
8. У.Манк, Г.МакДональд (1964). «Вращение Земли». Изд. «Мир», М.
9. Н.Н.Парийский (1945). Изменение длины суток и деформация Земли. Астрон. Журн. АН СССР, т. XII, № 2, М.
10. Н.С.Сидоренко (1975). Изменение скорости вращения Земли. - Земля и Вселенная, № 2, М.
11. Ф.Стейси (1972). «Физика Земли». Изд. «Мир», М.
12. L.A.Lliboutri (1971). Rheological properties of the asthenosphere from Fennoscandian data. - J.Geophys.Res., vol.76, p.1433.
13. L.Marsinha, D.E.Smylie (1967). Effect of earthquakes on the Chandler wobble and the secular polar shift. - J.Geophys.Res., vol. 72, p.4771.
14. В.Мейерманн (1928). Die Schrumpfungsgeschwindigkeit des Erdradius aus astronomischen Beobachtungen. - Z.fur Geophysik, Bd. 4, Heft 3.

ПЕРВИЧНАЯ ПРИРОДА ОКЕАНИЧЕСКИХ ВПАДИН  
И ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ  
ОКЕАНИЧЕСКОЙ ЛИТОСФЕРЫ

Н. П. Васильковский

Тихоокеанский океанологический институт ДВНЦ АН СССР,  
Владивосток, СССР

Представления об относительной геологической юности океанов подстилаемых якобы новообразованной базальтовой корой, являются далеко не общепринятой гипотезой. Достаточно многочисленны сторонники и альтернативной концепции (к числу их относит себя и автор, 1960, 1964), утверждающей постоянство пространственного размещения океанических впадин, история которых, например, Тихоокеанской, может уходить далеко в дорифейские времена (Пушаровский, 1972).

На исключительную древность океанической литосферы и её водоёмов указывают не только геолого-геофизические, но также планетологические, геохимические, биологические и палеонтологические свидетельства (Каттерфельд, 1962; Виноградов, 1967; Руби, 1957; Зенкевич, 1971; Соколов, 1969). Имеются основания рассматривать океанические сегменты первично неоднородной Земли как области заторможенных темпов дифференциации мантии и направленного развития литосферы. Эти области ещё не вышли из первого звена эволюционного ряда океан → океаническая геосинклиналь → складчатая горная область → континентальная платформа, а поэтому больше других сохранили черты первоначального её (литосферы) состояния. Этим определяется правомерность попытки создания хотя бы предварительного варианта

геолого-геофизической модели океанической коры с позиции первичности океанических впадин и прежде всего на примере абиссальных равнин дна Великого (Тихого) океана.

За основу геолого-геофизической модели океанической коры принята обобщённая сейсмическая модель коры Тихого океана, предложенная И.К.Косминской и Н.К.Капустян (1975). Согласно этой модели, над границей М со скоростью Р волн 8,15 км/сек выделяются слои коры: высокоскоростной со скоростью Р волн 7,55 км/сек и его мощностью 1 км (по другому варианту 2,5 км), океанический со скоростью Р волн 6,80 км/сек и мощностью 3,5 км (по другому варианту 2 км), переходный со скоростью Р волн 5,15 км/сек и мощностью 1,2 км и осадочный со скоростью Р волн 2,15 км/сек и мощностью 0,3 км. (Рис. 1)

В то же время, принятая первичность океанических впадин предполагает, что абиссальные их котловины никогда не представляли собой участков континентов или континентальной коры, но существовали с наиболее ранних этапов геологической истории и постоянно являлись ареной океанической седиментации и подводного базальтового магматизма. В силу этого, образование океанической коры происходило как путём накопления продуктов базальтового магматизма, главным образом толеитового состава (магматогенная компонента), так и за счёт седиментации осадков (осадочная компонента). В последних, в свою очередь, выделяются автохтонные осадки, представляющие собой осадочные продукты механической и химической дезинтеграции базальтов океанического дна гидротермально-эксталяционные (кремнисто-железистые, кремнисто-марганцевые и др.) и биогенные осадки,

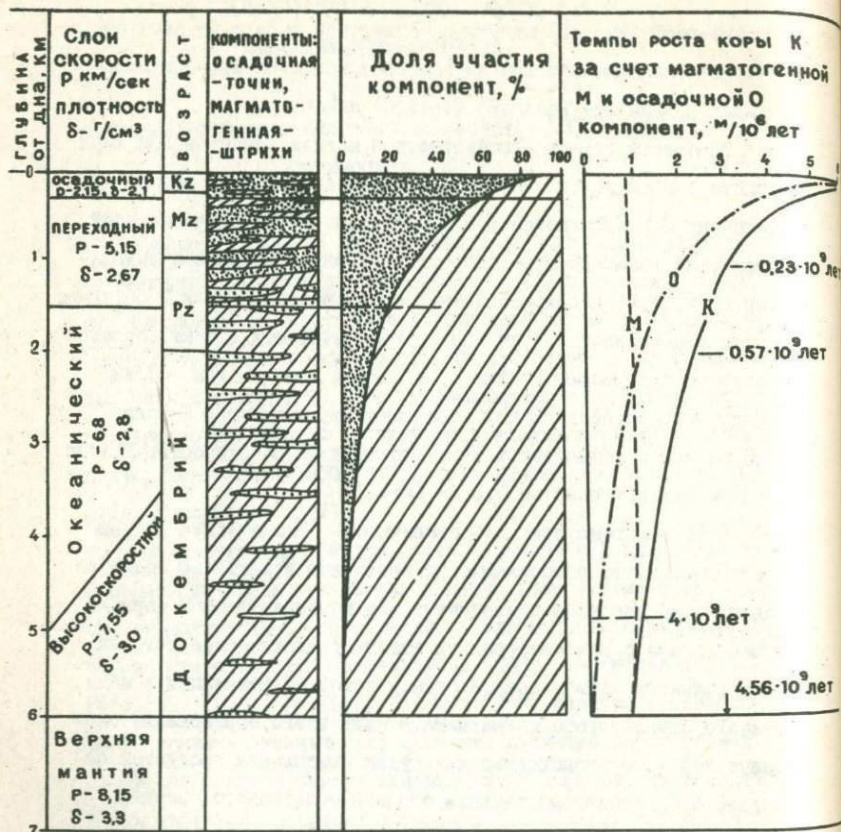


Рис. 1

а также аллохтонные — преимущественно терригенные осадки.

Благодаря росту материков роль аллохтонной части осадочной компоненты в истории развития океанической коры неуклонно возрастала. В океаническом слое коры толеитовые базальты и их интрузивные аналоги преобразованы в спилиты, зелёные сланцы, диабазы, габбро-диабазы. В нижней её части — в высокоскоростном слое — они вероятно превращены в основные кристаллические породы более высоких ступеней метаморфизма. Они несомненно преобладают, что служит основанием в геофизическое понятие о базальтовом слое коры вкладывать геологический смысл. Но из сказанного выше следует, что в этом же слое присутствуют хотя в подчинённом количестве и осадочные породы. Однако, это мало меняет средний, близкий к базальту, состав слоя, так как среди осадочных пород должны преобладать продукты дезинтеграции базальтов, к тому же столь же метаморфизованные, как и сами базальты. При метаморфизме, в силу некоторой гомогенизации исходного магматогенного и осадочного материала, океанический слой в значительной мере утратил черты своей слоистой структуры.

Представляется, что переходный слой состоит из переслаивающихся базальтов и осадков, последние же почти целиком составляют осадочный слой.

Суммарный объём обеих компонент, определяемый средней мощностью океанической коры 6 км, свидетельствует о малой скорости её роста. Если принять за начало её образования время завершения формирования Земли как планеты  $4,56 \cdot 10^9$  лет назад, то средняя скорость составит всего 1,3 м за 1 млн лет.

Сейчас средняя скорость накопления осадков на абиссальных равнинах вероятно достигает ориентировочно  $10 \text{ м}/10^6 \text{ лет}$ ; с учётом уплотнения при переходе в консолидированную кору около  $5-7 \text{ м}/10^6 \text{ лет}$ . Результаты океанического бурения показывают, что в осадочный геофизический слой средней мощностью около 300 м могут входить не только кайнозойские, но по меньшей мере и позднемеловые отложения с заключёнными в них и других прослоями базальтов. Отсюда, средняя скорость роста коры за последние  $100 \cdot 10^6 \text{ лет}$  за счёт обеих компонент должна быть порядка  $3 \text{ м}/10^6 \text{ лет}$ . Очевидно, наращивание толщи коры в течение более ранних геологических эпох могло быть ещё медленнее. Как показано ниже, на первоначальном этапе геологической истории оно не превышало 1 м за 1 млн лет. Следовательно темпы роста океанической коры за геологическую историю увеличились по крайней мере в 5 раз, что и отражено на кривой, изображённой в правой части рисунка 1.

Обращаясь к возможным отношениям между компонентами, нужно признать, что на фоне ускорения роста всей толщи коры происходило возрастание роли в этом наращивании осадочной компоненты. Это не означает обязательного снижения темпов аккумуляции магматического материала, поэтому, допускаем в общем равномерное поступление из верхней мантии океанического дна магматических расплавов и пирокластов, главным образом, толеитового состава.

Исходя из приблизительной оценки доли магматической компоненты в осадочном слое в среднем около 10%, в переходном - до 40% и в "базальтовом" (океаническом + высокоскоростном) - не менее 90%, можно представить, что во всей толще океаничес-

кой коры средней мощностью 6 км доля "базальта" составила бы её часть мощностью порядка 4,68 км, откуда скорость роста магматогенной компоненты около 1 м за 1 миллион лет.

Предстоит следующая вероятная последовательность процессов формирования океанической коры, сопровождавшихся ростом гидросферы. «Тонкая первоначальная земная кора, развивающаяся после космогонической стадии, должна иметь базальтовый состав, вулканическую поверхность и кратерный рельеф» (Бенеш, Галибина, Каттерфельд, 1975, стр. 8). Образование её происходило на "догеологическом" этапе жизни планеты Земля. В промежутке от  $4,56 \pm 0,03 \cdot 10^9$  лет до  $4 \cdot 10^9$  лет, то есть в интервале времени от завершения формирования планеты до возникновения первых ещё очень небольших ядер материков, тонкая базальтовая кора создавалась на всей земной поверхности. Океанических впадин ещё не было и седиментация терригенных осадков играла ничтожную роль, биогенная же седиментация ещё не началась. Решительно довлела аккумуляция продуктов базальтового вулканизма, ныне вероятно составляющих часть переходную от мантии к коре зону и входящих в виде метаморфизованных базитов в высокоскоростной слой.

На следующей стадии, продолжавшейся в течение катархея и архея в интервале времени от  $4 \cdot 10^9$  до  $2,5 \cdot 10^9$  лет назад, создавались более крупные ядра материков и обособлялись ещё сравнительно неглубокие океанические водоёмы, занимавшие намного большую площадь, чем современные океаны. Их участки, занятые ныне абиссальными котловинами, настолько далеко отстояли от материковой суши, обладавшей к тому же ещё небольшими раз-

мерами, что терригенный материал в них поступал в очень небольшом количестве. Начала играть некоторую роль биогенная седиментация, но основной вклад в рост коры, скорость которого поэтому лишь на немного превышала  $1\text{ м}/10^6$  лет, по-прежнему вносил подводный толеито-базальтовый вулканизм. За истекшие к концу стадии  $2 \cdot 10^9$  лет существенно базальтовая кора достигла мощности немного более 2 км. Ныне отвечающая ей толща метабазитов должна также в основном входить в высокоскоростной слой.

В последующие эпохи рост материков обуславливал всё большее поступление в абиссальные впадины терригенных осадков, усиливалась и биогенная седиментация, но формирование коры ещё долго происходило главным образом за счёт подводного вулканизма, лишь постепенно уступавшего своей роль осадочной компоненте. Формировался собственно базальтовый слой.

Применительно к Тихому океану, решительное возрастание роли осадочной компоненты, до преобладания её над магматогенной, наступило только в мезозое. Это было связано с формированием и экзогенным разрушением Тихоокеанского горноскладчатого кольца, отчасти и дальнейшим усилением накопления биогенных осадков. Терригенного материала стало поступать настолько много, что накопление его и биогенных осадков стало подавлять магматогенную компоненту даже, если темпы подводного вулканизма оставались теми же, что и в более ранние эпохи. Поэтому можно полагать, что образование осадочного слоя в пределах абиссальных равнин Тихого океана происходило главным образом с позднего мезозоя; переходного — в основном в течение палеозоя и большей части мезозоя, а существенно базальтового океанического — в докембрии.

Прогрессировавшее усиление темпа роста коры от 1 м до 5-7 м за 1 млн лет происходило в основном за счёт осадочной компоненты.

#### ЛИТЕРАТУРА

- К. Бенеш, И. В. Галибина, Г. Н. Каттерфельд (1975). Тенденции развития планет земной группы. - Изв. АН СССР, Сер. Геол., №5, стр. 5-33.
- Н. П. Васильковский (1960). Учение о геосинклиналях в свете современной геологии. "Труды Сибирского института геологии, геофизики и минерального сырья, вып. 13, Материалы по региональной геологии", стр. 5-56.
- Н. П. Васильковский (1964). К проблеме развития земной коры. "Международный Геол. Конгресс, XXII сессия, доклады советских геологов, проблема 4", стр. 22-23.
- А. П. Виноградов (1967). "Введение в геохимию океана", Москва.
- Л. А. Зенкевич (1971). К вопросу о древности океана и его фауны. в кн. "История Мирового океана", стр. 77-83.
- Г. Н. Каттерфельд (1962). "Лик Земли и его происхождение", 152 стр.
- И. П. Косминская, Н. К. Капустян (1972). Обобщённая сейсмическая модель коры океанического типа. - Изв. АН СССР, Физика Земли, №2, стр. 37-49.
- Ю. М. Пуцаровский (1972). "Введение в тектонику Тихоокеанского сектора Земли", 222 стр.
- В. В. Руби (1957). Эволюция гидросферы и атмосферы в связи со специальным рассмотрением вероятного состава древней атмосферы. В кн. "Земная кора", стр. 650-671., Москва.
- Б. С. Соколов (1969). Палеонтологические данные о древнейших представителях органического мира океана (хронология важнейших таксонов). - Океанология, №5, Москва.

ЛОЖЕ ОКЕАНА - ИСХОДНАЯ ПЛАНЕТАРНАЯ МОРФОСТРУКТУРА  
В ФАНЕРОЗОЙСКОЙ ИСТОРИИ ЭВОЛЮЦИИ МЕГАРЕЛЬЕФА ЗЕМЛИ

О.К.Леонтьев

Московский Государственный университет, СССР

За последние полтора десятилетия получила широкое распространение гипотеза разрастания дна океана («спрединга»), являющаяся важнейшей частью системы взглядов, получившей наименование «новой глобальной тектоники» (см. Vine, 1966; Vine, Hess, 1970; Карасик, 1973; «Новая глобальная тектоника», 1974, и др.). Напомним, что согласно названной выше гипотезе, земная кора океанического типа, слагающая ложе океана, непрерывно формируется в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов за счет поступления ультраосновных пород из недр, из мантии Земли. В соответствии с основными положениями «новой глобальной тектоники», земная кора в пределах ложа океанов, поскольку в ходе «спрединга» происходит ее постоянное обновление, очень молода, не старше юрского времени. При этом самый молодой возраст имеет земная кора в рифтовой зоне, а в обе стороны от нее кора становится все более древней.

Данное сообщение отнюдь не имеет своей целью всестороннюю критику гипотезы «спрединга». Здесь преследуется другая задача - выявить наиболее общие особенности геодинамики так называемых планетарных морфоструктур дна Мирового океана (Леонтьев, 1971, 1975) и на этой основе оценить достоверность теоретических построений, утверждающих тезис о молодости ложа океана. Мы попытаемся показать, что рассмотрение главных черт эволюции планетарных морфоструктур приводит к противоположному заключению, а именно - к представлению о ложе океана как о исходной, т.е. древнейшей морфоструктуре, за счет эволюции которой образуются планетарные мор-

морфоструктуры других типов. В этом рассмотрении мы умышленно ограничиваемся рамками фанерозоя, поскольку для рассмотрения данной проблемы применительно к докембрию материала далеко недостаточно.

Нами выделяются в качестве крупнейших планетарных морфоструктур: а) материковые выступы, представленные на дне Мирового океана подводными окраинами материков; б) переходные зоны; в) ложе океана; г) срединно-океанические хребты. В основу этой классификации планетарных морфоструктур положены крупнейшие различия в структуре земной коры и в строении ее рельефа. Каждой из планетарных морфоструктур соответствует особый тип земной коры.

Планетарные морфоструктуры, будучи категориями высшего порядка, подразделяются на морфоструктуры первого порядка. В границах подводных окраин материков таковыми безусловно являются материковый склон и материковое подножие. Шельф же, строго говоря — не самостоятельная морфоструктура, в большинстве случаев он и геоморфологически, и геологически представляет собой затопленную часть какой-либо структуры континента, хотя традиционно рассматривается как бы на одном таксономическом уровне с материковым склоном и материковым подножием.

В переходных зонах морфоструктуры первого порядка — это глубоководные желоба, островные дуги, глубоководные котловины окраинных и средиземных морей; в пределах ложа океана — это котловины и подводные хребты и возвышенности. Срединно-океанические хребты довольно условно могут быть подразделены на такие морфоструктуры первого порядка, как рифтовые и фланговые зоны. Детальное обоснование такой классификации было дано в других работах автора (Леонтьев, 1965, 1968, 1971, 1975).

Морфоструктуры высшего и первого порядков, как и земная кора и рельеф Земли в целом, динамичны. Они находятся в состоянии эволюции, и в настоящий момент мы застаем их на каком-то определенном этапе развития. Однако, не все морфоструктуры какого-то определенного типа находятся в данный момент в одной и той же стадии развития. Следовательно, можно подобрать морфоструктуры данного типа, например, переходные области, находящиеся в настоящее время в разных стадиях развития, и на основе их сравнения попытаться выявить общее направление этой эволюции. Иначе говоря, сравнительно-географический метод, всегда плодотворный, и при решении нашей задачи может оказать большую пользу.

Известно, что переходные области представляют собой закономерные комплексы глубоководных морских котловин, островных дуг и глубоководных желобов, занимающие пространственно переходное положение между подводными окраинами материков и ложем океана. Судя по ряду геоструктурных признаков, сближающих их в одних случаях с ложем океана, а в других — с материковыми структурами, рассматриваемые комплексы являются переходными и в историческом смысле этого слова. Напомним также, что они характеризуются большой напряженностью тектонического режима, сейсмичностью, современным вулканизмом; это — современные геосинклинальные области, области протекающего на наших глазах горообразования, что делает сравнительный анализ особенно перспективным.

Результаты такого анализа были впервые сообщены автором на I Международном Океанографическом конгрессе в 1966 г., а опубликованы на два года позже (Леонтьев, 1968). По различиям в строении главных составных элементов переходные области могут быть разделены на следующие типы, образующие единый эволюционный

ряд: 1) Витязевский (область Тихого океана с желобом Витязя); 2) Марианский (области Филиппинского моря, желобов Кермадек и Тонга); 3) Курильский (Охотско-Курильская и Алеутско-Берингоморская области); 4) Индонезийский (моря Индонезии, Карибское, Скотия с прилегающими дугами и желобами); 5) Средиземноморский (Средиземное море с Черным и с Южным Каспием). Кроме того, выделяются также Японская и Восточно-Тихоокеанская переходные области, которые, морфологически отличаясь от областей Индонезийского типа, находятся, видимо, на той же ступени развития, и могут рассматриваться как его разновидности или подтипы.

Рассмотрение приведенного выше эволюционного ряда показывает, что каждый последующий тип отличается от предыдущего все более усилившимися различиями строения переходной области от строения ложа океана, и в частности, все усиливающимся значением материковой структуры. Так, в областях Витязевского и Марианского типов строения дна отделяемых желобами и островными дугами котловин практически ничем не отличается от строения дна прилегающих океанических котловин. Не только материковая, но и субокеаническая земная кора для этих областей не характерна. Под Курильскими островами появляется субматериковая кора, а дно Курильской впадины образует кора субокеанического типа. В переходных областях Индонезийского типа уже появляются крупные массивы материковой коры, а в Средиземноморской переходной области материковая структура уже явно преобладает, субокеаническая кора остается лишь в наиболее глубоких котловинах в виде реликтовых окон.

В целом, сравнительный анализ переходных областей показывает, во-первых, что их возникновение происходит благодаря «выкраиванию» глубоководным желобом какого-либо участка или сегмента на окраине ложа океана. Во-вторых, из этого анализа следует, что в ходе

геотектонической и геоморфологической эволюции переходной области происходит ее «континентализация» — постепенное превращение в континентальную структуру. Таким образом, становится ясным, что для образования переходной зоны и затем платформенной структуры ложе океана является исходной планетарной морфоструктурой.

В одной из работ автора (Леонтьев, 1975) в общей форме был дан анализ эволюции планетарных морфоструктур за кайнозойский отрезок геологической истории Земли. Дж. Вильсоном (1959) показано, что и в мезозое и в палеозое рост континентов также происходил за счет замыкания геосинклиналей, т.е. в результате эволюции переходных зон, а последние, как мы убедились, формировались в ходе преобразования окраинных частей океана. Заметим также, что и ныне существующие переходные области неодинаковы по времени своего заложения, и если, например, Марианская переходная область заложилась, вероятно, лишь в плиоцене, то в море Скотия, судя по находкам граптолитовых сланцев на Южных Оркнейских островах, геосинклинальный режим начался еще с нижнего палеозоя. В Японии же возраст переходной области еще более древний, поскольку здесь известны складчатые протерозойские образования. Следовательно, переходная зона формировалась на океаническом основании, и не только в кайнозое, но и в более древние геологические эры.

Можно предполагать, что срединно-океанические хребты как планетарные морфоструктуры формировались и в докайнозойское время (Милановский, 1976), но более вероятно, что образование и эволюция их относятся в основном к кайнозое. Широко известные данные показывают, что их образование связано с магматизмом и протрузиями ультраосновных пород мантии, с выпучиванием и раскалыванием первоначально океанической земной коры, т.е. последняя была ис-

ходным материалом и для формирования рифтовых океанических структур - срединно-океанических хребтов.

К.Бенеш, И.В.Гелибина и Г.Н.Каттерфельд (1975) отмечают, что среди планет земной группы «гранитный» слой коры имеет только Земля. «Океаническая» же кора, по этим авторам, свойственна и другим планетам земной группы, находящимся на более ранних стадиях развития - Луне, Меркурию, Марсу, возможно, Венере. Это также свидетельствует о древности океанической коры, о вторичности коры материкового типа.

Итак, наши выводы о направленности эволюции планетарных морфоструктур находятся в противоречии с представлениями о молодости океанической земной коры, о ее непрерывном воспроизводстве в рифтовых зонах срединных хребтов, с гипотезой «спрединг» вообще.

Из сказанного следует также, что глобальный процесс тектонического и геоморфологического развития Земли есть процесс направленный, т.е. мы возвращаемся в этом вопросе к представлениям Н.С.Шатского (1937) и К.К.Маркова (1948). Общая направленность процесса, в нашем представлении, заключается в нарастании материковой морфоструктуры и соответственно в увеличении площади распространения коры материкового типа и в уменьшении площади распространения океанической земной коры. В настоящее время около 45 % площади Земли сложено корой материкового типа; около 38 % - океанического, остальное приходится на переходные и рифтогенальный типы коры. Таковы приблизительные количественные результаты этого направленного процесса. Вопреки распространенным в популярных изданиях заверениям, согласно которым нашу планету следует якобы называть «планета Океан», наша Земля, как это видно из приведенных цифр, не нуждается в переименовании.

## ЛИТЕРАТУРА

- К.Бенеш, И.В.Галибина, Г.Н.Каттерфельд (1975). Тенденции развития планет земной группы. - Изв.АН СССР, Сер.Геол., № 5.
- Дж.Т.Вильсон (1959). Геофизика и рост континентов. - Природа, № 8.
- О.К.Леонтьев (1965). «Геоморфология дна Мирового океана». Изд. МГУ.
- О.К.Леонтьев (1968). Геоморфологические типы зон перехода от материка к океану. - Вестник МГУ, Сер. Геогр., № 2.
- О.К.Леонтьев (1971). Типы планетарных морфоструктур и некоторые черты их динамики в кайнозое. - Геоморфология, № 3.
- О.К.Леонтьев (1975). Геодинамика планетарных морфоструктур дна океанов на новейшем этапе развития земной коры. - В Сб. «Колебания уровня Мирового океана и вопросы морской геоморфологии». Москва.
- К.К.Марков (1948). «Основные проблемы геоморфологии», Москва.
- Е.Е.Милановский (1976). «Рифтовые зоны континентов», Москва.
- «Новая глобальная тектоника». Изд. «Мир», Москва, 1974.
- Н.С.Шатский (1937). О неокатастрофизме. - Проблемы сов.геологии, № 7.
- F.J.Vine (1966). Spreading of the ocean floor: new evidence. - Science, vol.154.
- F.J.Vine, H.H.Hess (1970). Sea-floor spreading. - The Sea, vol. 4, part 2. Wiley - Interscience.

# АРЕОЛОГИЯ

# ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ВУЛКАНИЗМ МАРСА

Г.Н.Каттерфельд

Ленинградский Государственный университет

Ю.А.Ходак

Лаборатория осадочных полезных ископаемых АН СССР, Москва

Как известно, одна из первых геологических интерпретаций аэрографического материала, посвященная главным образом тектоническому анализу темноватых разломных зон - «каналов», была предложена почти 20 лет назад (Г.Н.Каттерфельд, 1959).

В данном сообщении, являющимся одним из серии после-Маринеровских продолжений этой работы, дается краткая характеристика геологического строения поверхности Марса, основанная на предварительной интерпретации геолого-морфологических карт Марса масштаба 1 : 15 000 000 и 1 : 10 000 000, составленных Г.Н.Каттерфельдом (1974-75), и листов топографического «Атласа Марса» (1975-76) в масштабе 1 : 5 000 000, а также геологических схем Марса, составленных Ю.А.Ходаком (1975-76).

На планете выделяются следующие возрастные образования (от древнейших к более молодым) : I) дозлладовские кратерные поля, горные обрамления бассейнов Элады и Аргирь, адриатический вулканизм; II) алладовские кратерные равнины по периферии северной полярной зоны, горное обрамление бассейна Изиды и «морские» покровы (базальты и золотые толщи) в Эладе, Аргире и Изиде; III) елисейские вулканические равнины (Элизийум, Сирия, Синай) ; IV) амазонские вулканические равнины (Амазония, Фарсида, Утопия, Хриза и др.) и субполярные равнины с «гравированными» впадинами и бороздами; V) олимпийские вулканы с их лавовыми полями, горные цирки и кратеры, равнины с системами разломов, каналы (Агафодемон / Копрат / и др.), каньоны, рилли, эрозионные долины, дефляционные борозды, полярные слоистые отложения, хаотический рельеф, и венчающие

олимпийскую эру VI) современные лучистые кратеры и барханно-грядовый рельеф (К. Бенеш, И. В. Галибина, Г. Н. Каттерфельд, 1975; Г. Н. Каттерфельд, 1977).

Проследим распространение указанных образований по листам «Атласа» с запада на восток и с севера к югу.

Лист Диакрия / карта № 2 / характеризуется распространением древних холмогорий и горных кряжей; отмечается целая серия доамазонских гряд и ложбин. Значительная площадь занята послеморским (амазонским) относительно ровным полем базальтов в восточной части Аркадии, обрамленном с юга сравнительно молодыми вулканами (Ахерон, Ликус) олимпийского возраста.

На листе Аркадия / 3 / наблюдается сложное переплетение субмеридиональных разновозрастных разломов, гряд и ложбин, окаймляющих круглое вулканическое плато Альба среднеамазонского возраста.

Лист Море Ацидали / 4 / характеризуется широким развитием золотых равнин (заложенных, по-видимому, еще в раннеэлладовский период), обрамленных на западе доэлладовским кратерным полем и элладовскими кратерными равнинами и северо-восточной системой древних кряжей и ложбин Темпе; а на востоке — молодым цирком Ломоносов.

Лучистые кратеры являются самыми молодыми (современными) образованиями на Марсе. Но на этой планете они быстро засыпаются постоянно перемещающимися золотыми отложениями и поэтому, в отличие от Луны, крайне немногочисленны. Два из них были обнаружены на равнине Ацидали вблизи 30° з.д. и 39° с.ш.

Поле амазонских базальтов Цидония-Диоскурия простирается через весь лист Озеро Исменийское / 5 /. В центре расположен древний крупный цирк Лео, к югу от которого распространены допозднеморские (раннеамазонские?) Девтеронильские мезы. Южнее наблюдаются кратерные поля с обилием древних кратеров и цирков (до 200 км в диаметре).

В районе Девтеронила широко развит так называемый «разъеден —

ный рельеф», нигде более на Марсе практически не встречающийся.

Отмеченные площади развития амазония прослеживаются до восточного края планеты (Утопия, Умбра, Альционий, Эфирия, Цебрения, Геркулесов мост) через листы Касий / 6 / и Цебрения / 7 /. На обоих листах севернее этих площадей мы видим серию широких ложбин и гряд, а южнее местами кроме них и небольшие районы раннеморских ложбин и холмогорий.

Продолжая описание снова с западного края Марса — лист Амазония / 8 /, фиксируем широкое ровное поле развития амазонского материала, обрамленное с запада и юга разновозрастными образованиями, в том числе грядами древней Мезогеи (Ю. А. Ходак, 1968—69), а с востока молодыми лавами Олимпского вулкана. Лист Фарсида / 9 / складывается из приподнятого массива Фарсидского тектонического поднятия и характеризуется развитием на нем крупных щитовых вулканов с высотой до 25—30 км — Олимпа, Аскрейского, Павлиньего, еще южнее на листе 17 — Арского, и слабым развитием (к СЗ от Олимпа) гребнисто-бороздчатого рельефа. Лист Лунное болото / 10 / отчасти представляет склон Фарсидского купола с серией амазонских ложбин и множеством мелких молодых цирков и кратеров, особенно в Ксанте. На листе Окское болото / 11 / базальтовой равниной Хриза продолжается амазонская равнина, восточнее контактирующая в Фимамате с доэлладовскими кратерными полями с обилием разновозрастных цирков.

Листы Аравия / 12 / и Большой Сирт / 13 / характеризуются развитием между реликтами древних хребтов и горными цирками (Касини, Антониади) доэлладовских кратерных полей и элладовских кратерных равнин. Последующий лист Аментес / 14 / фиксирует восточное продолжение широкой амазонской равнины (Непентес, Аментес), ограниченной южнее разновозрастными грядами и ложбинами Ливии, Эфиопии. На границе между листами 13 и 14 лежит средне-элладовский (?) бассейн Изиды.

Восточный край планеты — лист плато Элизийум / 15 / характеризуется наличием елисейского слабо приподнятого массива с молодыми вулканами ( Елисейский, Гекаты, Альбор ), прослеживающимся и несколько севернее на листе 7. На обрамлении плато отмечаются древние гряды и разломы систем Цербера, Мезогея, Тартара.

В южном полушарии планеты на листе Мемнония / 16 / развиты древние хребты, горные цирки ( Колумб и др. ) с доалладовскими и элладовскими кратерными и равнинными участками и более молодыми ложбинами. Здесь наблюдается меандрирующая долина Мангала, имеющая, по-видимому, водно-эрозионное происхождение. Лист Озеро Феникса / 17 / соответствует южному обрамлению Фарсидского массива с Арским вулканом, субмеридиональной серией и диагональной системой слабо рельефных гряд, борозд и мез., образующих сложные сплетения ( «Лабиринт Ночи» ) и фиксирующих начало субэкваториального Великого грабена Марса — авлакогена Агафодемон ( Копрет, Долина Маринера ), с елисейскими равнинами Сирии и Синая. На листе 18 Агафодемон имеет наибольшее развитие и замыкается к северо-востоку на листе Жемчужный Залив / 19 /. Авлакоген окаймлен системой продольных и поперечных гряд и ложбин ( иногда с вулканическими кратерами ), равнинными элладовскими полями и участками.

К юго-западу от Жемчужного Залива наблюдается меандрирующая долина Ниргал, первая из долин водно-эрозионного происхождения, открытие которых на Марсе в январе 1972 г. явилось настоящей сенсацией. Лист 19 фиксирует переплетение реликтов древних кратерных полей и равнин с наложенными на них поздними грядами, ложбинами и котловинами с «хаотическим рельефом», граничащих восточнее на листах Савский Залив / 20 / и Япигия / 21 / с доалладовскими кратерными полями ( Пролив Пандоры, Страна Девкалиона и пр. ) . Листы характеризуются большим распространением древних цирков ( Скиапарелли, Гюйгенс — с мощной радиально-концентрической системой, и др. ; местами с раннеалладовскими и более поздними проплавлениями

днищ кальдер). Восточнее, на листах Тирренское море / 22 / и Эолида / 23 / отмечается в целом аналогичная картина, широкие площади доэлладовских кратерных полей, меньше — раннеэлладовских вулканических равнин; местами встречаются цирки с амазонскими проплавлениями. Здесь на восточном краю Марса отмечается контакт древних образований с южным ограничением Елисейского массива, с наличием ЗСЗ-ой зоны холмогорий и разновозрастных гряд.

Снова начиная с западного края планеты, отмечаем на листе Фатония / 24 / сложную систему древних гребней и цирков (Коперник и др.) с наложенной на них северо-восточной серией более молодых гряд и разломов. На листе Таумазия / 25 / среди древнейшего гористого рельефа прослеживается вклинивающаяся с севера полоса Солнечной равнины с базальтовым покровом елисейского возраста, обрамленная с востока кряжами и ложбинами Амброзии и переходящая далее к востоку в раннеэлладовские морские участки Страны Фрикса и Боспора.

На листе Аргира / 26 / развит безкратерный кольцевой бассейн Аргира I, обрамленный системой поздне-доэлладовских кордильер и Нерейдских гор с древними же цирками, и далее раннеэлладовскими (на севере) и амазонскими (на востоке и к западу от Аргире) морскими площадями.

Последующий лист Ноахида / 27 / характеризуется широким распространением существенно выхолощенных площадей древнейшего кратерного рельефа, раннеэлладовскими участками, а на восточном краю — ложбинами и грядами горного обрамления крупнейшего на Марсе кольцевого бассейна Эллада. Лист 28 с бассейном Эллада интересен и его восточным — доэлладовским обрамлением (Адриатическое море, Авзония с раннеэлладовскими и амазонскими участками), продолжающимся и на листе Эридания / 29 /. Окрестности Эллады особенно примечательны находением к СВ от нее проявлений древнейшего на Марсе средне-доэлладовского вулканизма ( Адриатический вулкан с абсолютным возрастом —

согласно показаниям «метеоритного счетчика» археологического времени - порядка 4 млрд. лет). Еще далее к СВ на раннеэлладовской морской равнине Гесперии располагается вулкан Тирренский, имеющий характерную форму одуванчика. Он образовался не ранее, чем в среднеэлладовский период и, по-видимому, имеет возраст порядка 3-3,5 млрд. лет.

Отметим почти повсеместное широкое развитие древних эоловых равнин и несколько меньшее - амазонских базальтов в северной приполярной зоне / лист Северное море - I /; из них первые непосредственно контактируют с одновозрастной равниной моря Ацидалии / лист 4 /. В северной зоне развиты более ранние гряды и ложбины, группа олимпийских вулканов к северу от цирка Ломоносов (Ортигия, Кизон, Яксарт и др.), а также молодая ледовая шапка из сухого и водного льда на самом полюсе (Гиперборейское озеро - Северная депрессия).

Южная приполярная зона / лист Южный океан - 30 / также характеризуется полюсной ледовой шапкой (Южные горы - Большая депрессия), многочисленными древними возвышенностями и цирками (О.Ю.Шмидт\* и др.) с несколько более поздними грядами и морскими участками.

Итак, в северном полушарии Марса широким развитием пользуются амазонские и елисейские вулканические и эолово-вулканические равнины; в центральных частях отмечаются приподнятые <sup>олимпийскими</sup> массивы с щитовыми вулканами. В приэкваториальных и южных широтах наблюдается обилие древних и древнейших кратеров и цирков с раннеэлладовскими морскими участками. Межморские гряды и ложбины фиксируются в полях распространения древних образований, а также в обрамлениях елисейских и амазонских вулканических равнин. Преимущественно простира-

---

\*) Подробнее о строении Южнополярных гор см. в статье В.И.Шмуратко (1977, настоящий Сборник).

ния древних кратеров и более поздних гряд и ложбин — северо-западные, а в восточной части Фарсидского тектонического поднятия и южнее авлакогена Агафодемон — северо-восточные. Субэкваториальное положение и громадная протяженность этого молодого (средне-олимпийского) авлакогена наводят на мысль о его образовании в результате ротационных причин — полярной деформации фигуры планеты при изменении ее объема и скорости вращения.

Отмеченные основные морфоструктурные и стратиграфические соотношения Марса отражают эволюцию его вулканизма, от формирования древних кальдер и конусов через морские магматические проплавления и весьма обширные базальтовые поля эффузивов к громадным андезитовым (?) щитовым вулканам, возвышающимся до 15–25 и даже 30 км.

Гипсометрическая карта Марса, составленная по данным «Маринера 9», подтвердила наличие северо-южной антисимметрии глобуса этой планеты: вдоль зон влияния параллелей  $62^{\circ}$  с. и ю.ш. Марс опоясывается поясами погружения и поднятия с максимумами  $-3$  и  $+3$  км соответственно. Вследствие этого, он также как и Земля имеет форму кардиоида, хотя и с обратным знаком антисимметрии по сравнению с ней. Этот факт представляет большой интерес для глобальной геологии, раскрывая возможное строение Земли в ее наиболее раннем — «до-гранитном» (чаще называемом «до-геологическим») этапе развития.

По особенностям развития и разнообразию геологических процессов Марс с его вулканами — крупнейшими из известных в солнечной системе — является уникальной планетой. По сложности строения и степени дифференциации Марс занимает промежуточное положение между Луной и Меркурием, с одной стороны, и Венерой и Землей, с другой (Г.Н. Каттерфельд, В.Е. Хаин, Ю.А. Ходак, 1965 и позже; А.Л. Суханов, 1976). Его, как и нашу планету, в отличие от всех других земных планет характеризует активная динамика осевого вращения (линейная экваториальная скорость более 800 км/час — лишь в два раза меньшая, чем у Земли).

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ МАРСА  
И ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МАРСИАНСКИХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ  
ОБРАЗОВАНИЙ ПО ДАННЫМ «ВИКИНГОВ»

Х. Мазурский, Отдел астрогеологии Геологической Службы США,  
К. Блазиус, Планетный научный институт, США,  
М. Карр, Отдел астрогеологии Геологической Службы США,  
Дж. Хэтс, Планетный научный институт, США,  
Р. Грили, Университет Санта-Клары, США,  
Дж. Гест, Обсерватория Лондонского университета, Англия.

Наиболее заметной чертой Марса является его бимодальность, т.е. деление на возвышенную насыщенную кратерами древнюю территорию в южном полушарии и низко лежащие редкократерные молодые равнины в северном полушарии.

Следующей наиболее очевидной чертой является роль и действие воды и льда в геологических процессах. Это единственная планета кроме Земли, где водная эрозия и осадкообразование, перигляциальные (связанные со льдом) явления и процессы массового эолового выветривания имеют заметное значение. Улучшенное фотографическое разрешение «Викинга» позволило выполнить подсчет кратеров и вычислить индекс деградации для трех типов изученных водно-эрозионных каналов. Возрасты каналов изменяются от около 2,5 миллиардов лет до слишком молодого (< 200 миллионов лет) для их датирования указанными нашими методами. Могут быть выделены по крайней мере три эпизода образования каналов, с возможным сопровождением термокарстовым развитием и массовым выносом грунта и породы. Эти теплые межледниковые эпизоды приблизительно можно коррелировать с временами проявления обширного вулканизма: потоками межкратерных равнин (Меридианный

эпизод), северными равнинами (Бореальный эпизод) и потоками плато Синай-Сирия (Фарсидский эпизод).

В дополнение к гигантским вулканическим центрам, открытым «Маринером 9», «Викинги» обнаружили многочисленные небольшие центры, жерла и потоки, разнообразные по возрасту и формам. Щитовые вулканы и лавовые равнины, возможно, имеют базальтовый состав; континентальные вулканические центры с радиальными потоками и весьма низким рельефом могут быть различными по составу.

Действительная история вулканизма, формирования каналов и изменений климата значительно более сложна, чем предлагаемое здесь трехчленное подразделение истории Марса.

В октябре 1976 с орбитального отсека «Викинга 2» было получено приблизительно 700 изображений северного полярного региона Марса с высоким разрешением. Эти изображения подтвердили существование у северного полюса обширных слоистых отложений, покрытых на значительной площади отложениями многолетнего льда. Несогласное залегание слоистых отложений предполагает сложную историю изменений климата в течение времени их образования. Снимки с «Викингов» показывают многочисленные барханы, окружающие северополярную остаточную водно-ледниковую шапку и сложенные очень темными материалами. Весь полярный регион совершенно лишен свежих ударных кратеров. Предполагаются большие скорости эрозии и аккумуляции. Предлагается модель геологической эволюции полярного региона, включающая два типа изменений климата.

Фотографии с «Викингов» обнаружили большое разнообразие вулканических форм, дающее возможность более лучшего определения вулканической истории Марса, чем это было сделано по данным предыдущих съемок. Новые открытия и лучше определенные соотношения включают:

1) небольшие (1-10 км) вулканические сооружения на равнине Хриза, а именно конусы и низкие щиты, некоторые из которых, по-видимому, связаны с дайками.

2) Многие вулканические кольцевые структуры или комплексы представляют скорее первичные формы рельефа (как это следует из наличия древних лавовых покровов, русел лавовых потоков и лавовых труб обрушения), чем эродированные структуры, как предполагалось ранее по данным «Меринера 9». Кольцевая структура Альба, например, показывает сложную, многостадийную эруптивную историю, осложнённую морфологически различными лавовыми потоками.

3) Вулкан Олимп полностью перекрыт снимками с высоким разрешением; в нескольких районах наблюдаются относительно молодые потоки, наложенные на ограничивающие Олимп уступы, что свидетельствует о многостадийном формировании уступов и эффузивной активности; в других районах, особенно в северо-восточной и юго-западной частях щита, эти потоки распространены по более древним лавовым потокам прилегающих равнин.

4) На многих равнинных покровах на Марсе, которые прежде картировались как золотые отложения, обнаруживаются широкие фронты лавовых потоков, подобные потокам лунного Моря Дождей и предполагающие базальтовые эруптивные затопления.

5) На межкратерных равнинах в ряде областей, в частности к западу от Эллады, также широко распространены фронты потоков, что может пролить свет на общие проблемы межкратерных равнин Марса.

Эти и другие вулканические формы, обнаруженные на снимках с «Викингов», были подвергнуты беглому предварительному изучению для определения последовательности проявления и типов вулканизма на Марсе и его взаимосвязей с другими формами и процессами.

Э.Л.Харп

Геологическая Служба США

## I

Планетарная трещиноватость

Картирование и анализ фотосхемы, составленной из широкоугольных изображений, полученных с Маринера 9 и карты планетарной трещиноватости, составленной по тоновой карте рельефа Марса, наглядно доказали существование системы планетарных трещин. Это глобальное тектоническое «сооружение» состоит из двух приблизительно ортогональных серий трещин, одна с общим направлением СВ  $40-50^{\circ}$  и вторая с общим направлением СВ  $40-50^{\circ}$ . Эти трещины имеют наибольшую плотность (количество трещин на единицу площади) в пределах кратерной территории и распределены по ней совершенно единообразно, за исключением бассейнов Эллэды и Аргиры.<sup>\*</sup> Указанные два направления наблюдаются также для трещин и других тектонических образований на большей части Фарсидского района. Общее направление самих Фарсидских гор - СВ  $45^{\circ}$ . Плотность трещин, параллельных этим двум глобальным направлениям, в Фарсидском районе в среднем не так высока, как в кратерной местности, и их распределение менее единообразно. Однако, в Фарсидском районе имеются участки, например между  $120$  и  $160^{\circ}$  з.д., экватором

---

<sup>\*</sup>) В этой и других статьях аэрологического раздела данного Сборника используется система русских аэрографических названий в переводе Г.Н.Каттерфельде, разработанная в 1952 г. по предложению академика Г.А.Тихова и профессора В.В.Шаронова для Комиссии по физике планет при Астросовете АН СССР. (См. Географич. Сборник XV «Астрогеология», 1958, стр. 126/127, Л. и журнал «Природа» № 8 1965, стр. 108/109, М.). /Прим.ред./.

и  $10^0$  с.ш., где плотность трещин СЗ-ой серии, по-видимому, достигает плотности в пределах кратерной территории. Районы коры с наименьшей плотностью трещин, принадлежащих к указанной глобальной системе, распространены в северной равнинной территории. На этой территории они имеют наиболее высокую плотность в Елисейском районе ( $210^0$  в.д.,  $20^0$  с.ш.). Повсюду на этой территории трещины едва различимы, как если бы они были в значительной мере скрыты, возможно, лавовыми потоками и эоловой деятельностью (1978).

Эти два главных направления трещин планетарной системы являются единственными тектоническими компонентами, которые имеют универсальное распространение. Существование этих глобальных направлений внутри каждого из указанных районов по-видимому предполагает глубокий геометрический контроль планетарной трещиноватости на всю региональную тектонику. Все региональные тектонические системы внутри своих областей влияния имеют эти направления, выраженные если не трещинами, то другими заметными тектоническими формами, параллельными этим направлениям (такими как вулканы Фарсидских гор и юго-восточная граница бассейна Эллады). Этот эффект имеет также большое значение для относительных возрастов тектонических эпизодов и истории марсианской литосферы. Например, если бы в коре района Фарсидского комплекса не возникла структурная анизотропия еще до вулканизма и тектонического поднятия, то можно было бы ожидать развития более правильной радиальной системы вокруг Аскрейского вулкана на северо-восточном продолжении Фарсидских гор. Радиальные трещины расширения, центром которых является Аскрейский вулкан, должны были бы иметь приблизительно одинаковую длину во всех направлениях, если бы литосфера в этом районе была изотропной и недеформированной до проявле-

ния вулканизма. Протяженность трещин северо-восточнее Аскрейско-го вулкана и радиальных к нему, значительно больше вдоль общего планетарного направления, чем длина радиальных трещин в других направлениях. Трещины других направлений во многих случаях по-казывают видимое отклонение к северо-восточному планетарному на-правлению. Также как в случае рядового расположения Фарсидских вулканов, это предполагает, что литосфера в этом районе была струк-турно анизотропна вдоль северо-восточного глобального направле-ния еще до образования Фарсидских вулканов и тектонического под-нятия.

## II

### Региональные системы трещин

Картирование и анализ регионов интенсивной тектонической ак-тивности были предприняты с целью не только определения локальных напряженных состояний, но также исследования взаимосвязей между этими трещинами и постулируемой планетарной системой. Такими ре-гионами, требующими интенсивного изучения, являются Фарсиды, кань-он Копрат (Агафодемон), хаотический рельеф Жемчужного Залива, и западная часть кордильеры бассейна Элада.

### Фарсидский район

Фарсидский район является вулканическим щитовым комплексом, с тектонической деформацией, которая, по-видимому, доминирует на значительной части западного плушерия. Здесь существует широкое региональное поднятие типа купола, с видимой высотой 3 000 м над центральной частью района. Фарсидские горы включают наивысшую то-чку на этой планете. Вулканический центр - гора Олимп имеет отно-сительную высоту около 23 км над окружающей равниной ( 1973); вместе с другими гигантскими вулканами Фарсидских гор (Аскрейский вулкан, вулканы Павлиний и Арсия Сильва («Арский лес») он образует

крупнейший щитовой комплекс среди всех планет земной группы.

Региональная система трещин, по-видимому, образована трещинами расширения, приблизительно радиальными к центру щитового комплекса. Намного более заметными из этих радиальных структур являются те, которые связаны с удлинённым гребнем Фарсидских гор. Как раз к северо-востоку от вулкана Олимп тесно оближенная серия С-Ю трещин отклоняется от меридионального направления вокруг цирка в Аркадии ( $110^{\circ}$  з.д.,  $40^{\circ}$  с.ш.) и в сторону направления СВ  $40^{\circ}$ , параллельного общему СВ глобальному направлению трещин.

Трещины, простирающиеся от Аскрейского вулкана, находящегося на северо-восточном окончании Фарсидских гор, и параллельные СВ глобальному направлению — более многочисленны и могут быть прослежены на большие расстояния, чем другие трещины, радиально расходящиеся от Аскрейского вулкана. К югу и юго-западу от Фарсидских гор, трещины, радиально расходящиеся от Арского вулкана, более чем на 1000 км простираются в окружающие кратерные поля. У этого конца Фарсидских гор никакой плотной группировки этих региональных трещин вдоль СВ планетарного направления не наблюдается. Здесь имеются трещины, явно принадлежащие к СВ-ой глобальной серии, но выявляются лишь немногие, относящиеся к СВ-ой глобальной серии. На склонах Арского и Павлинъего вулканов обнаружены локальные концентрические трещины, связанные с гребнями.

В области между Фарсидскими горами и вулканом Олимп устойчивая зона трещин с направлением СВ  $40 - 50^{\circ}$  параллельна СВ планетарному направлению. Эта зона простирается к юго-западу от Олимпа на расстояние около 1000 км. В Фарсидском районе такие трещины были тщательно изучены с целью обнаружения сдвиговых смещений. Никаких сдвигов не было обнаружено. В этом и некоторых других районах щитового комплекса системы трещин планетарных и региональных направлений, по-видимому, наложены друг на друга.

Это положение распознается как из построенных роз трещин, так и из самого рисунка трещин.

В пределах того-же самого района юго-восточнее горы Олимп имеется несколько протяженных трещин общего субмеридионального направления. Их просириание несколько изменчиво, и как раз юго-восточнее Олимпа они пересекаются с вышеупомянутой СЗ-ой серией трещин под углом около  $60^{\circ}$ . Здесь С-Ю трещины по-видимому образуют серию, сопряженную с СЗ трещинами. Однако, если эту субмеридианальную серию трещин проследить на всем их протяжении, то их криволинейный характер и значительно большая длина сравнительно с СЗ трещинами заставляет предположить, что они не представляют собой генетически сопряженной серии трещин скальвания. Связь этих протяженных и криволинейных трещин с другими структурными элементами в Фарсидском комплексе не ясна.

Видимые трещины расширения, вероятно связанные с региональным куполообразным поднятием, радиально расходятся во многих направлениях от Фарсидского комплекса. Эта система трещин расширения, связанная с Фарсидским комплексом, не строго радиальна по двум причинам: 1) трещины вероятно обусловлены боковым сжатием от купольного расширения вокруг нескольких заметных вулканических центров, и 2) анизотропия, унаследованная от более древней планетарной системы, по-видимому, оказывает усиленный контроль на геометрию трещин и другие тектонические особенности региона.

Тот факт, что район Фарсиды характеризуется высокой отрицательной гравноаномалией Буге, позволяет предположить, что Фарсидский щитовой комплекс имеет толстую кору со сравнительно низкой плотностью. Вместе с данными М.Х.Кэрра (Carr, 1973), К.Бенеша, И.В.Галибиной и Г.Н.Каттерфельда (1975) о сравнительно молодом возрасте этого комплекса, это указывает на молодое региональное

поднятия в Фарсидской области. Для склонов и вблизи отдельных вулканов, таких как Арсия Сильва и Павлинья гора, типично развитие грабенов, что также может быть связано с растягивающим сводовым поднятием вулканических центров.

Региональное напряженное состояние Фарсидского комплекса несомненно аффектировалось и взаимодействовало с планетарной системой трещин. Везде, где напряженное состояние регионального сводового поднятия была наложено на кору, ранее разбитую вдоль ортогональных направлений планетарной системы, трещины, создаваемые более молодым полем напряжений, развиваются преимущественно вдоль направлений предшествующих трещин. Вытянутое и рядовое расположение Фарсидских гор и значительная протяженность региональных трещин расширения, заметно выдающихся к северо-востоку вдоль планетарного направления, служит доказательством такого развития. Эти трещины имеют большую плотность и могут быть прослежены на большие расстояния, чем другие трещины, «радирующие» от Аскрейского вулкана на северо-восточном окончании Фарсидских гор. Различие в длине и плотности трещин расширения с учетом аскрейского направления позволяет предположить, что СВ планетарное направление трещин было направлением ослабления коры еще до проявления вулканизма и поднятия в этом районе. Упомянутое выше видимое уклонение С-Ю ориентированных трещин растяжения в сторону параллелизма к этому СВ глобальному направлению является добавочным доказательством этой коровой анизотропии. Таким образом, из этого следует, что вулканические центры Фарсидских гор и многие из связанных с ними трещин расширения были преимущественно заложены и ориентированы вдоль предшествующих трещин глобальной системы.

Южнее и юго-западнее вулкана Арсия Сильва подобного несомненного контроля над ориентацией трещин расширения не наблюдается.

Очевидно, здесь сказывается полное или почти полное отсутствие СВ глобальных трещин в коре данного района. Здесь имеются, однако, трещины, следующие СВ глобальному направлению. Следовательно, явный недостаток геометрического ряда трещин, «радирующих» от Арского вулкана, может быть следствием отсутствия в данном районе трещин, принадлежащих к СВ серии планетарной системы. Если бы СВ глобальные трещины здесь были развиты ранее, то они должны были бы быть существенно изменены или «залечены» так, чтобы стать нераспознаваемыми. Такое изменение или «залечивание» невероятно, поскольку СВ глобальная серия трещин тоже должна была бы подвергнуться такому процессу, а она тем не менее остается ясно заметной.

#### Копратский район

Копрат (Агафедмон) – громадный каньонный или троговый комплекс – простирается от Фарсидских гор на расстояние около 2700 км в ЮВВ направлении, где он постепенно затухает в типично хаотической местности Жемчужного залива. Копратская система состоит из нескольких параллельных трогов, дно наиболее глубокого из которых лежит почти на 6 км ниже плато. Ширина отдельных трогов достигает 200 км. Крупнейшие разломы параллельны осям трогов. Вдоль многих из этих параллельных разломов расположены цепочки кратеров или кальдеры обрушения. В таких районах, как западная часть главного трога в Тифонийском озере, встречаются ортогональные трещины, явно принадлежащие к планетарной системе. Эти трещины, особенно хорошо заметные вдоль южного края трога, глубоко врезаются, и являются участками развития каньонов, имеющих такие же протяженности и глубины, как земной Гранд Каньон. Эта глобальная ортогональная система, ранее описанная Г.Н. Каттерфельдом и Г.В. Чарушиным (1973<sub>1</sub> и 1973<sub>2</sub>), вместе с длинными трещинами, параллельными главному направлению

трога, представляет собой крупнейшую часть деформации этого района.

Г.Н. Каттерфельд и Г.В. Чарушин (1973<sub>1</sub>, 1973<sub>2</sub>) и Х. Мазурский (1973) интерпретировали Копратский район как авлакоген или систему рифтовых долин. Разломы, параллельные оси трога, нередко с кальдерами обрушения, являются либо разломами, связанными с вертикальным растяжением, либо не-вертикальными трещинами скальвания. Многие из срединных гребней на дне трогов обнаруживают большие вертикальные смещения и интерпретируются как блоки гребенов, развитые вдоль некоторых трещин скальвания. Выведенное эмпирически растягивающее напряженное состояние троговой местности Копратского района, сопряженное с таковым для Фарсидского комплекса, указывает, что региональное растяжение, концентрированное к циту, является наиболее вероятным механизмом образования системы рифтовых долин. Поэтому системы разломов и гребеновые структуры Копратского района, предполагающие напряженное состояние, которое согласуется с «рифто-долинной» интерпретацией, во многом подобны земному Восточно-Африканскому Рифту. Копратский Каньон вероятно возник в результате регионального куполообразования и растяжения Фарсидского комплекса.

#### Хаотическая местность

Хаотическая местность в северо-западной части Жемчужного Залива и южная часть Окского Болота широко изучались и картировались, а трещины этого района анализировались, в частности, Р. Уильсоном и др.

Троговой рельеф Копратского района к востоку постепенно теряет свой каньонообразный характер и наконец переходит в типичный хаотический рельеф. Типичными примерами развития хаотического рельефа являются районы Золотого Хаоса, и депрессий Эос и Капри.

Уступы, разделяющие кратерные поля и депрессии обрушения этого района, имеют неправильную форму. Их обычная высота — около 1 км, максимальная — до 3 км. Обрушенные блоки имеют размеры от менее 1 км до десятков км. Их форма и размеры, по-видимому, контролируются предшествующими трещинами. Общие направления трещин кратерных полей хорошо сохраняются в примыкающих участках развития хаотического рельефа. Многие трещины пересекают уступы между хаотической и кратерной местностью без какого бы то ни было заметного изменения своего простираения. Отсюда следует, что во время образования обрушенных блоков мог быть лишь очень небольшой поворот в горизонтальной плоскости.

Из анализа данных о трещиноватости в хаотической местности и примыкающих кратерных полях и из рисунка трещин в районе с центром на  $35^{\circ}$  з.д.,  $10^{\circ}$  ю.ш., вытекает, что планетарные систематические направления трещин существуют и в Лембужном Заливе.

#### Эллада и Аргира

В бассейнах Эллада и Аргира, расположенных в южном полушарии, имеются лишь небольшие перерывы глобальной системы трещин, исключая бесструктурную местность их центральных частей. Эти два бассейна выглядят совершенно подобными в структурном отношении, но они заметно отличаются, если сравнить их региональные трещинные системы. В районе бассейна Аргира имеется мало данных о наложенных региональных и локальных типах трещин, тогда как вблизи западного края бассейна Эллада существует прекрасно развитая региональная система концентрических трещин. Наличие далеко к западу других криволинейных образований позволяет предположить, что ширина этой зоны может достигать около 600 км к западу от западного края бассейна Эллада. В других направлениях от границы Эллады концентрические образования не являются очевидными. Юго-восточная гра-

ница бассейна Эллады спрямлена и подчиняется СВ планетарному направлению, а трещины к юго-востоку от бассейна образуют такую же СВ серию. Вдоль того же самого планетарного направления за юго-западной границей Эллады у  $55^{\circ}$  ю.ш.,  $315^{\circ}$  з.д. и за северо-восточной границей у  $35^{\circ}$  ю.ш.,  $270^{\circ}$  з.д. простирается несомненная вулканическая зона. Эта зона очевидно продолжается еще далее к северо-востоку, и включает вулканический комплекс Тирренского моря ( $253^{\circ}$  з.д.,  $28^{\circ}$  ю.ш.).

В районах обоих бассейнов наблюдаются хорошо развитые серии планетарных трещин. В районе бассейна Аргиры имеются лишь немногие хорошо заметные концентрические или радиальные региональные трещины; однако, и это различие может предполагать различную степень геометрического контроля региональной деформации ранее существовавшей планетарной системы.

#### ЗаклЮчение

Из описания и обсуждения отдельных систем, трещин очевидно, что Марс во многом похож на Землю в том отношении, что его планетная поверхность разделена легко распознаваемыми региональными тектоническими системами. Взаимодействие этих систем также имеет земной характер. Однако, системы марсианских трещин почти не показывают той интенсивности наложения и результирующей сложности, которая свойственна земным системам. Это явное различие в интенсивности тектонических систем может быть одним из ключевых факторов в сохранении относительно простой глобальной системы трещин на Марсе. Благодаря явной относительной незначительности водной эрозии на марсианской поверхности, системы трещин показывают также куда большую степень сохранности, чем земные. Эти различия позволяют не только анализировать ориентировки основных напряжений, но, дополнительно, обеспечивают приемлемые оценки относительных возрастов различ-

ных систем трещин.

Наблюдаемое взаимодействие между глобальной и региональной системами трещин, описанное выше, приводит к следующим общим заключениям:

1. Существует планетарная трещиноватость, возникновение которой, вероятно, относится к ранней эпохе планетарной деформации.

2. Региональные системы трещин обрисовывают контуры определенных тектонических режимов, а также отражают различные степени структурного влияния глобальной системы разломов, как на ориентировку отдельных региональных трещин, так и на другие крупнейшие региональные тектонические элементы.

3. Региональная деформация в западном полушарии определяется господствующим влиянием Фарсидского щита. Вулканическая активность и тектоника, связанные с поднятием щита, вероятно, отвечают за начальную региональную деформацию в районах Копрата и Жемчужного Залива.

Обнаружение глобальной системы разломов на марсианской поверхности, предсказанной и описанной ранее Г.Н. Каттерфельдом (1959), Г.Н. Каттерфельдом и Г.В. Чарушиным (1973<sub>1</sub> и 1973<sub>2</sub>), представляет особый интерес, поскольку несомненное существование таких структур на обширных пространствах Земли все еще является предметом спора. Их существование на Марсе предполагает, что обе этих земных планеты могли проходить через сходные фазы планетарной деформации и тектонизма. Если это так, то тогда Марс может обеспечить дальнейшее понимание возникновения глобальной системы разломов, и, возможно, ранней тектонической истории Земли.

## ЛИТЕРАТУРА

- К.Бенеш, И.В.Галибина, Г.Н.Каттерфельд (1975). Тенденции развития планет земной группы. - Изв.АН СССР, Сер.Геол., № 5, стр.5-33.
- A.V.Binder and D.W.McCarthy (1972). Mars: the lineament systems. Science, vol.176, No 4032, pp.279-281.
- M.H.Carr (1973). Volcanism on Mars. - J.Geophys.Res., vol. 78, pp.4049-4062.
- M.H.Carr, H.Masursky, and R.S.Saunders (1973). A generalized geologic map of Mars. - J.Geophys.Res., vol.78, pp.4031-4036.
- И.В.Галибина, Г.Н.Каттерфельд, Г.В.Чарушин (1975). Типы и системы линейментов планет. - Изв.АН СССР, Сер.Геол., № 11, стр.5-28.
- E.L.Harp (1976). Fracture systems of Mars. - «Proceedings of the First International Conference on the New Basement Tectonics, Salt Lake City, Utah, June 3-7, 1974», Utah Geol.Ass.Publication No 5, pp.389-408, Salt Lake City.
- Г.Н.Каттерфельд (1959). К вопросу о тектоническом происхождении линейных образований на Марсе. - Изв. ВГО, т. 91, № 3, стр.272 - 283. Изд. АН СССР, Л.
- Г.В.Чарушин, Г.Н.Каттерфельд (1973<sub>1</sub>). Глубинные разломы Земли и Марса. - В Сб. «Планетарная трещиноватость», стр. 37 - 56. Изд. ЛГУ, Л.
- G.N.Katterfeld and G.V.Charushin (1973<sub>2</sub>). General Grid Systems of Planets. - Modern Geology, vol.4, No. 4, pp.253-287. New York - London - Paris.
- G.N.Katterfeld (1976). Global and Regional Systems of lineaments on the Earth, Mars and the Moon. - «Proceedings of the First International Conference on the New Basement Tectonics, Salt Lake City, Utah, June 3-7, 1974», Utah Geol.Ass. Publication No 5, pp.369-378, Salt Lake City.
- H.Masursky (1973). An overview of geological results from Mariner 9. - J.Geophys.Res., vol.78, pp.4009-4030.
- P.H.Schultz and F.E.Ingerson (1973). Martian lineaments from Mariner 6 and 7 photographs. - NASA Techn. Memorandum X-62, 264, 34 pp.
- R.C.Wilson, E.L.Harp, M.D.Picard, and S.H.Ward (1973). Chaotic terrain of Mars: a tectonic interpretation from Mariner 6 imagery. - Geol.Soc.Amer.Bull., vol.84, pp.741-748.

## К ВОПРОСУ О СТРОЕНИИ ЮЖНОПОЛЯРНЫХ ГОР НА МАРСЕ

В.И.Шмуратко

Одесский Государственный университет

Современный рельеф Марса – результат длительного и сложного воздействия эндогенных и экзогенных факторов. Изучение последних является чрезвычайно важным не только в рамках ареологии. Впервые появляется возможность выяснить особенности процессов на границе двух геологических сред – атмосферы и литосферы – в условиях другой планеты. Общий закон развития планет земной группы, лежащий в основе теории стадияльного развития, предопределяет пути эволюции планет, говоря вообще, запасом собственной гравитационной энергии планет (К.Бенеш, Г.Н.Каттерфельд, 1965–1975). Очевидно, существуют закономерности и внепланетной природы, в основе своей общие для всех планет земной группы. Изучение подобных закономерностей на базе лишь геологического материала – недостаточно. Особую ценность приобретает факт резкого различия экзогенных условий на планетах, так как это позволяет контролировать действие предполагаемого закона по вытекающим из него следствиям – по характеру его преломления в разных геологических обстановках.

В строении современного рельефа Марса принимают участие две принципиально различные геологические формации. Рельеф планеты имеет ярко выраженное двухъярусное строение. Это – общепланетарная особенность Марса. В основе ее лежат специфические физико-химические условия атмосферы и характер эволюции этих условий в прошлом. Нижний, обычно более древний, структурно-морфологический этап формировался на протяжении длительной тектонической и, главным образом, вулканической (магматической в широком смысле) активности литосферы. По фотографиям «Маринера 9» удалось выделить

20 генетических типов рельефа (Г.Н.Каттерфельд и др., 1975). Среди них встречаются и такие, которые, с нашей точки зрения, являются типичными одноярусными геоморфологическими образованиями. Сюда можно отнести прежде всего области, именуемые в ареологической литературе кратерными полями — «*scratered terrain*» (ст), — для которых характерна наибольшая обнаженность первичных эндогенных (и метеоритных) морфоструктур. Древние горные обрамления крупных депрессий, вулканические куполы, щитовые вулканы, отдельные цирки и кратеры — все это примеры одноярусных морфоструктур.

Второй структурный ярус — специфическая особенность Марса. В таком геологическом качестве подобные образования на Луне неизвестны и как общепланетарное явление не характерны и для Земли. Речь идет об осадочных отложениях, имеющих преимущественно эоловое происхождение. В условиях Марса ветер является чрезвычайно своеобразным и активным морфологическим фактором. Экспериментальные исследования с «Маринера 9» выявили следующие особенности ветрового режима в условиях марсианской атмосферы: а) большие скорости ветра (80–100 м/сек) в тонком приповерхностном слое; б) возможность перемещения сравнительно крупных минеральных частиц по поверхности или в непосредственной близости от нее, селективной инжекции в атмосферу мелких (менее 200 мкм) частиц пыли; в) закономерный характер суточного поля ветров на различных широтах (К.Саган и др., 1974; Р.Ханел и др., 1974). Можно, видимо, предположить также закономерный (циклический) характер изменения ветрового поля для планеты в целом в масштабе сезонных циклов. Морфологическая активность эолового воздействия выражается в особенностях рельефа самых разных масштабов: от относительно мелких барханных гряд на днищах крате-

ров (расстояние между гребнями отдельных гряд порядка 1–2 км) по крупным ареоморфологическим провинциям, таких как тип рельефа, названный пластовыми равнинами, в разрезе сложенных слоистыми отложениями – «laminated deposits» (ld). Особенность ld-рельефа состоит в том, что он встречается только в полярных областях, распространяясь не ниже  $70^{\circ}$ . Это специфический ареоморфологический комплекс субполярных широт планеты. В планетарном масштабе мощность осадочного чехла закономерно возрастает от экватора Марса к полюсам.

Тип рельефа – полярные пластовые равнины или laminated deposits обязан своим названием наличию большого количества крупных морфоструктур – «ламин». Длина их в среднем 300–500 км. Серия таких ламин (рис. 1 и 2), расположенная в непосредственной близости от южного полюса, в работе П.Н. Кропоткина «Глыбовые тектонические структуры на Марсе» – Геотектоника, № 3/1973, интерпретируется как горный хребет, состоящий из «6–7 параллельных довольно узких цепей или кряжей», разделенных «глубокими тектоническими долинами, параллельными их простиранию». Они сравниваются с «горноскладчатыми структурами земного шара, сформированными в обстановке горизонтального сжатия». Подобная точка зрения принципиально ошибочна. В данном случае мы имеем дело с морфоструктурами, генетически никак не связанными с какими бы то ни было тектоническими режимами или другими эндогенными факторами. Ламинны – специфические, в таком виде свойственные, вероятно, только Марсу, золово-глыциальные формы рельефа, образующиеся в процессе циклического отложения своеобразной смеси минеральной пыли и льда. Цикличность осаднения связана, видимо, главным образом с периодическим характером возникновения мощных пылевых бурь. С аналогичных позиций механизм формирования



Рис.1. Южнополярные горы на Марсе.

Ареографическое дешифрирование фотомозаики из двух снимков с «Маринера 7» – по Г.Н.Каттерфельду (1973).



Рис.2. Южнополярная область Марса.

По фотографии с «Маринера 9».

ламин ранее описан Б.К.Мёрреем и его коллегами (1972). Изображенные на рис.1 и 2 и подобные им морфоструктуры своим происхождением целиком обязаны своеобразию экзогенных условий Марса и не связаны с его недрами. Как уже упоминалось, рассматриваемые структуры являются типичными исключительно для приполярных областей, что, несомненно, указывает на непосредственную их связь с гляциальными факторами. Наконец, богатый фотоматериал, полученный «Маринером 9», документально показывает явно слоистый характер внутренней структуры ламин.

Ламин (рис.1, 2 и 3) представляют собой резко асимметричные в поперечном сечении структуры. Фронтальный склон сравнительно крутой:  $10 - 12^\circ$ . Наиболее примечательной его особенностью является наличие ступеней, количество которых достигает 15-20 и более. Высота отдельных ступеней — десятки, иногда более 100, метров. Противоположный склон ламин почти горизонтальный; не исключено, что он имеет слабый ( $1-1,5^\circ$ ) уклон в обратную по отношению к фронтальному склону сторону. На рис.3 виден волнистый рельеф поверхности ламин. В плане бровка ламин имеет обычно дугообразную или близкую к ней форму. Дуга выгибается в сторону фронтального склона. Ламин закономерно сочетаются в характерные серии как бы концентрически вложенных друг в друга отдельных дуг с интервалами между ними порядка нескольких десятков — первых сотен километров. Осевые линии таких серий (рис.4, а, б) в плане изгибаются. Как в северной, так и южной полярных областях насчитывается по четыре таких серии. В пределах данной серии ламин накладываются друг на друга, перекрываясь, вероятнее всего, лишь частично (рис.4, в), так что в целом мощность осадочного чехла не намного превышает мощность отдельных ламин и составляет приблизительно 2-3 км.

Особенности строения и взаимоотношения ламин, их приуроченность к полярным областям показывает, что их природа так или иначе связана с :

а) наличием больших масс подвижной пыли, обязанной своим происхождением метеоритной бомбардировке, вулканизму и, частично, эоловым процессам;

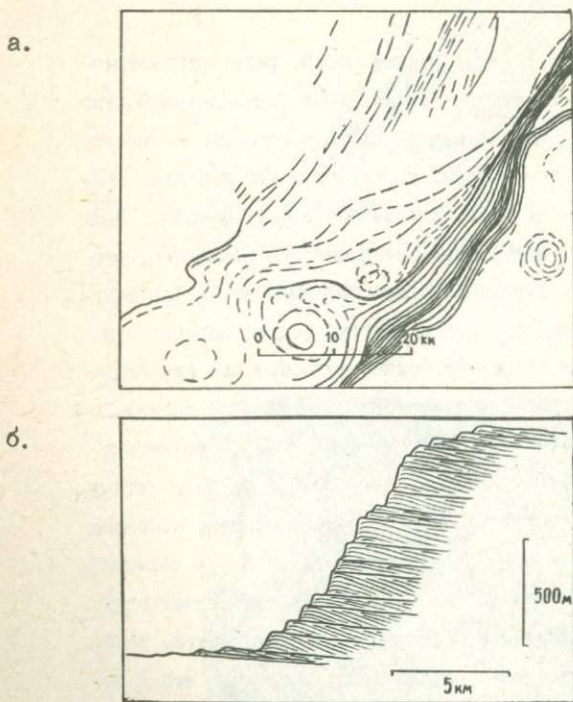


Рис. 3. Рельеф фронтального склона и поверхности ламины (а) и схематический геологический разрез в средней части снимка (б).

По фотографии с «Маринера 9» № 4213-21.

б) периодически повторяющимися пылевыми бурями;

в) температурным режимом в условиях низкого давления, для которого характерно колебание температур вблизи точек перехода газов атмосферы (главным образом  $\text{CO}_2$ ) в твердое состояние, что способствует на определенных этапах «цементации» золовых отложений «вмороженными» в них углекислотой и частично водой;

г) постоянством в течение длительного времени режима ветров, изменяющегося периодически.

Исключение хотя бы одного из перечисленных условий не даст

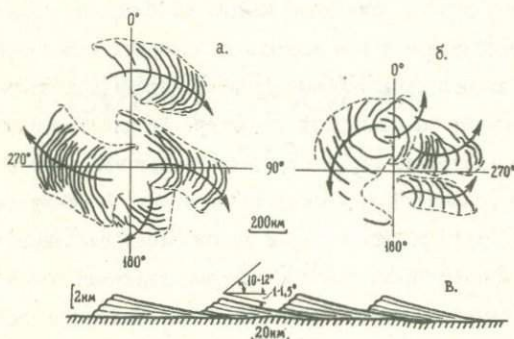


Рис. 4. Схема контуров бровок ламин в районе северного (а) и южного (б) полюсов Марса (по Брюсу Мёррею).

Пунктиром нами выделены отдельные серии ламин.

Стрелками показаны осевые линии серий; направление стрелки – предполагаемое преимущественное направление ветрового потока в приземном слое атмосферы. Направляется аналогия с полярными антициклонами земной атмосферы.

в – Схематический разрез вдоль осевой линии, иллюстрирующий предполагаемое геологическое строение серии ламин.

возможности, на наш взгляд, объяснить все особенности этих морфоструктур.

Южнополярные горы Марса – ареологический феномен исключительно экзогенной природы. Разнопериодические изменения экзогенных условий на планете фиксируются в структуре Южнополярных гор морфологическими элементами различных масштабов. Внутренняя слоистость ступеней ламин, отвечает, по-видимому, периодичности возникновения мощных пылевых бурь и перерывам осадконакопления в относительно спокойное время. Это наиболее короткие периоды изменения атмосферных условий планеты, отраженные в ее геологическом строении. Ступени ламин, отдельные ламинны и, наконец, серии ламин возникают в результате более долгопериодических изменений. Причины колебаний атмосферных условий, в особенности долгопериодических, вероятно, имеют внепланетный характер. На рис.4 а,б усматривается частичное перекрытие одних серий ламин другими, что может указывать на их различный геологический возраст. Не исключено, что периодичность 4-го порядка (серии ламин) «параллельна» земным четвертичным оледенениям, причина которых является общей для Земли и Марса. Выяснение сущности разнопериодических изменений атмосферных условий Марса – задача дальнейших исследований, решение которой, возможно, прольет свет и на проблему оледенений в истории Земли.

#### ЛИТЕРАТУРА

- К. Beneš, G.N. Katterfeld (1973). *Erde, Mond und Mars im Licht der vergleichenden Planetologie.* – Z. geol. Wissenschaften, Jg.1, No 4. Akademie-Verlag, Berlin.
- К. Бенеш и др. (1975). Тенденции развития планет земной группы. Изв. АН СССР, Сер. геол., № 5.
- Г.Н. Каттерфельд и др. (1965). Проблемы сравнительной планетологии и стадии развития планет земной группы. – «V Собрание по проблемам планетологии, 10–15 мая 1965». Изд. ВГО, Ленинград.
- К. Саган и др., Р. Ханел и др. – В сб. «Новое о Марсе», М., 1974.
- V.C. Murray et al. (1972). Geological framework of the south polar region of Mars. – *Icarus*, vol.17, No 2.

# ГЕРМЕСОЛОГИЯ

## СПЕКТРАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ОБ АНОРТОЗИТОВОЙ КОРЕ МЕРКУРИЯ

Дж.Б.Адамс, Вашингтонский университет, США

Т.Б.Мак-Корд, Гавайский университет, США

В 1969, 1974 и 1975 гг. авторами были измерены спектры отраженного света Меркурия в длинах волн от 0,33 до 1,06 миллимикрон. Современные данные не показывают полосы поглощения у 0,95 мкм, что свидетельствует об отсутствии пироксена. Бесструктурный крутой континуум кривой Меркурия не воспроизводится силикатными минералами или однородными стеклами. Общие полосы  $Fe^{2+}$ , существующие в спектрах земных, метеоритных и лунных пород, явно отсутствуют в спектре Меркурия. Образцы лунного грунта, характеризующиеся наличием включений разнородных стекол, имеют наклон спектральной кривой, подобный кривой Меркурия. Однако, лунные образцы имеют полосу поглощения вблизи 1 мкм, которая в зрелых грунтах в основном обусловлена переходом  $Fe^{2+}$  в агглютинированное стекло. Измерения отраженного света минеральных и агглютинированных составных частей лунных грунтов показывают, что 1 мкм полоса в зрелых грунтах углубляется прямо пропорционально содержанию  $FeO$ . Отсутствие заметной 1 мкм полосы в спектре Меркурия дублируется только в спектре лунных грунтов «Аполлона 16» с содержанием  $FeO$  менее 6%.

Увеличение содержания  $FeO$  в «материковых» грунтах «Аполлонов 14, 15 и 17» (и во всех морских грунтах) дает заметное  $Fe^{2+}$  поглощение вблизи 1 мкм, что отличается от плавного хода кривой Меркурия.

Если модель спектра Меркурия по лунным грунтам корректна, то мы можем заключить, что значительная часть Меркурия покрыта зрелым грунтом, сходным с лунным и содержащим 6%  $FeO$ .

Также по аналогии с Луной вероятно, что поверхность Меркурия, наблюдаемая телескопически, имеет анортозитовый состав. Эти заключения сравнимы с данными «Маринера 10» по альbedo обширных насыщенных кратерами «материковых» областей планеты.

ЗАМЕЧАНИЯ О ПРИРОДЕ ПОВЕРХНОСТИ МЕРКУРИЯ и ОБОБЩЕННОЙ  
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЕГО ТЕКТНИКО-ВУЛКАНИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ

Дж.Э.Даниэлсон и Д.Дзурисин

Лаборатория реактивного движения Калифорнийского Технологического  
Института, США

1. Измерения локального нормального альbedo, сочетаемые с изучением фотометрических карт Меркурия, построенных с помощью ЭВМ, накладывают ограничения на природу меркурианских поверхностных материалов и процессов. Если меркурианская поверхность подчиняется средней лунной фотометрической функции, то ее геометрическое альbedo при угле фазы  $5^{\circ}$  равно  $0,11 \pm 0,03$ . Это согласуется с соответствующим лунным значением, откуда можно предположить, что лунная и меркурианская поверхности не имеют заметных отличий по своему фотометрическому характеру. Исключением является только недостаточный фотометрический контраст на Меркурии, подобный контрасту между морями и гористой сушей на Луне. Существование сравнительно светлых ровных равнин внутри некоторых цирков и кратеров легче всего примиряется с вулканическим происхождением таких равнин. Недостаток фотометрического контраста вкrest простирания наиболее крупных 'уступов' на Меркурии согласуется с тектоническим происхождением этих образований, вывод о котором был сделан на основе морфологического анализа Р.Дж.Стромом и др. (1975) и Д.Дзурисиним (1976).

Локальные фотометрические и поперечно-профильные соотношения в двух примерах предполагают покрытие ранее существовавшего рельефа более молодым, возможно вулканическим, материалом. Яркость некоторых весьма небольших пятен в больших кратерах и цирках приписывается повышенному обратному рассеиванию благодаря многократному отражению относительно окружающих равнин и цирков.

Эти пятна в общем «более голубые», чем типичные меркурианские равнины, а некоторые из них окружены материалом, «более красным», чем эти равнины. Химическое изменение пород коры, возможно в результате фумарольной активности вдоль ударно-индуцированных трещин, является возможным объяснением для этих уникальных меркурианских образований.

2. Следующий обобщенный абрис развития поверхности Меркурия основан на изучении эскарпов, гребней, трогов и других линейных элементов. После образования твердой литосферы Меркурия, но перед концом интенсивной метеоритной бомбардировки, приливное замедление осевого вращения и глобальное сжатие планеты благодаря ее охлаждению привели к возникновению планетарной системы линейных литосферных трещин скалывания. Контракция, продолжавшаяся и после существенного сжатия Меркурия, индуцировала значительные сжимающие напряжения, ответственные за развитие дугообразных в плане надвигов. Заключительные движения вдоль этих разломов происходили после образования наиболее крупных кратеров и цирков. На протяжении всего этого периода в результате глубинных экстрезий или местных поверхностных расплавов формировались межкратерные равнины. Аккумуляция вулканических материалов вдоль жерл создала несколько крупных линейных горных кряжей. Наложение межкратерных равнин на крупные кратеры и дугообразные уступы встречается редко; это позволяет предположить, что большая часть межкратерных равнин сформировалась до конца интенсивной бомбардировки и прежде образования дугообразных уступов.

Вскоре после образования 1300 км бассейне Жары, текучий материал покрыл его дно и сформировал ровную равнину. Вулканические экстрезии являются предпочтительным механизмом формирования этих равнин, хотя вызванный ударом расплав и выпадение ударных

выбросов остаются вероятными альтернативами. Система неправильных в плане гребней на дне Моря Жары вероятно была сформирована в результате сжимающих напряжений, вызванных оседанием бассейна. За оседание бассейна могло быть ответственным перетекание магмы из-под его дна, сформировавшее более молодые ровные равнины вне бассейна. Весьма вероятно, что трещины, секущие неправильные гребни на дне Моря Жары, представляют собой тектонические разрывы расширения, возможно, связанные с центральным поднятием в результате изостатического выравнивания после образования (экскавации) бассейна.

#### ЛИТЕРАТУРА

- H. Camichel et Au. Dollfus (1968). La rotation et la cartography de la planète Mercure. - Icarus, vol. 8, No 2.
- D. P. Cruikshank and C. R. Chapman (1967). Mercury's rotation and visual observations. - Sky and Telescope, vol. 34, No 1.
- G. N. Katterfeld (1968). The Face of Mercury. - Planetarium, vol. 1, No 6, London.
- G. N. Katterfeld (1970). Topography and Nomenclature of Mercury. - Vestnik of Leningrad University, No 12, Geology and Geography, issue 2, Leningrad.
- P. Leonardi (1974). Preliminary geomorphological observations of the photographs of Mercury transmitted by Mariner 10. - Atti della Accademia Nazionale dei Lincei, Rendiconti, Ser. VIII, vol. 57, fasc. 3-4, Roma.
- P. Leonardi (1977). New geomorphological observations of Mercury drawn from photographs transmitted by Mariner 10 and various planetological considerations. - Atti della Accademia Nazionale dei Lincei, Memorie, Ser. VIII, vol. 14, fasc. 3, Roma.
- R. G. Strom, N. J. Trask, J. E. Guest (1975). Tectonism and Volcanism on Mercury. - J. Geophys. Res., vol. 80, No 17.
- N. J. Trask, J. E. Guest (1975). Preliminary geologic terrain map of Mercury. - J. Geophys. Res., vol. 80, No 17.
- B. C. Murray et al. (1975). Surface history of Mercury: implications for terrestrial planets. - J. Geophys. Res., vol. 80, No 17.
- B. C. Murray et al. (1974). Mercury's surface: preliminary description and interpretation from Mariner 10 pictures. - Science, vol. 185, No 4146.

## ПРОГРАММА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ МЕРКУРИЯ

Х.Е.Холт

Геологическая Служба США

Программа систематического геологического картирования поверхности Меркурия в масштабе 1:5 000 000 была принята летом 1975. Она выполняется совместно Офисом НАСА по программированию планетологии, Геологической Службой США и поддерживаемыми НАСА институтами.

Целью программы геологического картирования Меркурия является публикация Геологического Атласа Меркурия в масштабе 1: 5 000 000, основанного на данных «Маринера Ю». Планета Меркурий подразделена на 15 трапеций в масштабе 1:5 000 000, а площадь изображений «Маринера Ю» простирается на 9 трапеций, изменяясь от полного покрытия до 40%. Тоновые карты рельефа и фотокарты обеспечивают фактическую основу для картирования стратиграфических подразделений и геологических структур. Более 900 фотоснимков с разрешением на поверхности от 400 м до 2 км и 152 ректифицированные и приведенные к одному масштабу стереоперы были изготовлены для дешифрирования автором геологических образований и процессов. Фотогеологические исследования обнаружили, что на поверхности Меркурия имеется дефицит кратеров в пределах диаметров от 30 до 60 км, и бассейнов более 250 км диаметром.

Поля вторичных кратеров на Меркурии располагаются значительно ближе к своим первичным кратерным источникам, покрывая только 1/5 площади сравнимых лунных вторичных кратерных полей. Эрозионный эффект этих вторичных роев значителен, но сами вторичные кратеры хорошо сохранились. На равнинах отмечается недостаток вулканических образований, общих с Луной, т.е. куполов, извилистых риллей и хорошо очерченных фронтов лавовых потоков. Крупные дугообразные уступы, которые, по-видимому, имеют глобальное распространение и местами показывают взбросовую морфологию, указывают на поле напряжений, весьма отличное от того, которое наблюдается на Луне и на Марсе.

# СЕЛЕНОЛОГИЯ

ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРВИЧНЫХ ЛИТОСФЕР ПЛАНЕТ,  
ИХ ВОЗМОЖНЫЙ СОСТАВ И ВУЛКАНИЗМ НА ПРИМЕРЕ ЛУНЫ

Ю.А.Ходак

Лаборатория осадочных полезных ископаемых АН СССР, Москва

Планетные тела можно расположить в ряд усложняющейся геологической организации: Тритон, Титан, Ио, Европа, Ганимед, Каллисто, Луна, Меркурий, Марс, Венера, Земля. Они разделяются на 1) мантийные - Тритон, Титан, Ио, Европа, Луна, Меркурий, Марс, без осадочного покрова, плотной атмосферы, гидросферы; 2) первично-атмосферные - Ганимед, Каллисто, близкие по строению к флюидо-первично-атмосферным планетам-гигантам - Юпитеру, Сатурну, Урану, Нептуну; 3) вторично-атмосферные - Венера, Земля. Эволюция планет сопровождалась магматизмом, дегазацией, дефлюидизацией, образованием внутренних и внешних сфер, связанным с расплавлением недр. Особенности вулканизма планет зависят от размера, массы планеты, ее положения в солнечной системе, ротационного режима, состава, плотности, степени петрохимической дифференциации недр, наличия или отсутствия атмосферы, гидросферы, криосферы, осадочного покрова, характера коры, астеносферы, их состава, мощности, глубины и т.д., от уровня геологического развития и других признаков (Каттерфельд, Хаин, Ходак, 1965).

Рассмотрим особенности вулканизма, формирования первичных литосфер планет, их возможный состав на примере сравнительно неплохо изученной за последние годы Луны. Глобальный базитовый и анортозитовый, в меньшей степени ультрабазитовый вулканизм интенсивно проявился на Луне сразу же после ее аккреции и завершения интенсивной метеоритной бомбардировки и продолжался около 2,5 млрд. лет. Последние же 2 млрд. лет вулканизм был на Луне очень ограничен. Сейчас на Луне фиксируются лишь проявления не

столько вулканизма, сколько дегазации, сопровождаемой тепловым потоком.

Дифференциация магмы на Луне носит отчетливый облик с выделением из сравнительно близповерхностных ультрабазитовых (или пиролитовых, то есть несколько более кислых) верхнемантийных очагов - базитов, анортозитов, вулканических кислых стекол и пр. Значительный перепад давлений при поступлении вулканического материала создавал мощные взрывные эффекты с образованием пирокластов - вулканических брекчий, пепловых лучей и т.п. Излияния лунных магм проходило примерно при 1400-1500°C, на что указывает наличие в них санидина, кристобалита, тридимита.

Кора Луны, имеющая габброанортозитовый состав, образовалась приблизительно за 0,5 млрд. лет в процессе метасоматического выплавления из недр сразу же после аккреции планеты на фоне ударов метеоритов о ее поверхность.

Слоистая структура ее недр эталонна для мантийных планет без гидросферы и стилического осадочного покрова, то есть для Меркурия, Марса, Венеры. Выплавление более кислого, кальциевого материала на Луне сопровождалось проплавлением анортозитовой коры и образованием цирковых кальдер на ней; этому способствовало приближенное 4,5-2,5 млрд. лет назад к поверхности положение астеносферы. По мере завершения петрохимической дифференциации недр и затухания вулканизма 2 млрд. лет назад астеносфера все более и более погружалась; сейчас она расположена на глубине 800 км.

В итоге магматической дифференциации на Луне образовался габбро-анортозитовый массив, как бы вылепленный из ее первозданной коры сходного состава. Массив характеризуется повышенным содержанием CaO - до 19,7%, SiO<sub>2</sub> - до 45-50%, Na<sub>2</sub>O - до 0,34%, K<sub>2</sub>O - иногда до 2%, в среднем до 0,3%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - до 35,5%, пони-

женным содержанием  $\text{FeO}$  - до 5%,  $\text{TiO}_2$  - до 0,02%,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Sr}$ . Габбровая составляющая увеличивается в нижних слоях массива. Его мощность в среднем равна 60 км, плотность около  $2,6 \text{ г/см}^3$ ; возможно некоторое увеличение мощности массива на обратной стороне Луны.

Проплавленная в первые  $\ll$  млрд. лет селенологической эволюции верхняя часть литосферы на площадях морских депрессий характерна разнообразными, в целом основными лавами с содержанием  $\text{FeO}$  до 28%,  $\text{TiO}_2$  местами 7-13,5%, повышенными концентрациями  $\text{ZrO}_2$ , иногда более 0,27%,  $\text{Sr}_2\text{O}_3$  до 0,95%, то есть компонентами хромфесимы, вынесенными астеносферой из глубинных частей мантии. Мощность коры в морях, в среднем 20 км, плотность около  $2,8 \text{ г/см}^3$ .

В основании морской коры залегают локальные площади концентраций масс с повышенной плотностью и составом, близким к внутренним сферам Луны. Эти площади отражаются на поверхности планеты положительными гравитационными аномалиями, местами до 200-230 мгал (центральные части морей Ясности и Дождей), в том числе и на обратной стороне.

Собственно лунная мантия залегает сейчас преимущественно на глубинах 50-100 км. Ее верхняя часть, мощностью 250 км, является, также как и анортозитовый массив, существенно кальциевой - оливино-пироксеновой, диопсидо-пиконитовой, форстеритовой с повышенными содержаниями  $\text{Fe}$ ,  $\text{Mg}$ . Скорость продольных волн уменьшается с глубиной; плотность порядка  $3 \text{ г/см}^3$ .

Средняя мантия, мощностью в среднем более 300 км, также оливино-пироксеновая, но уже не сугубо кальциевая; плотность около  $3,5 \text{ г/см}^3$ . В ее основании залегает слой с фокусами современных лунотрясений и современной астеносферы, из которого 4,5-2 млрд. лет назад выплавились морские базиты.

Пластичный слой астеносферы с магматическими очагами, источниками вулканизма и сейсмически активных зон отвечает разделу приповерхностных и глубинных ультрабазитовых сфер, с плотностью более  $8,5 \text{ г/см}^3$ , намеченному нами на глубинах современной Луны около 1000 км (Ходак, 1969, 1972) и подтвержденному затем сейсмографами "Аполлонов". Интересно, что сейсмическая активность лунных недр наиболее возрастает при приближении Луны к Земле, близ своего перигея. Приуроченность лунных положительных аномалий силы тяжести — масконов, отражающих вулканическую активность приподнятого остова и проплавленных депрессий, во многом определялась развитием сейсмически активных зон Луны, зависящих от приливного воздействия Земли. Эти зоны могли образовываться там, где был приток к поверхности более плотных подкоровых ультрабазитовых масс, то есть в зонах крупных глубинных долгоживущих разломов. Одна из таких меридиональных зон в Океане Бурь еще до «Аполлонов» была теоретически рассчитана Г.У.Лихошерстных и автором (1968).

Слой современной астеносферы Луны с плотностью  $1,5-2 \text{ г/см}^3$  и толщиной около 100 км на глубине 800 км отделяет ее мощную литосферу, 4,5-8 млрд. лет назад не превышавшую даже нескольких десятков километров, от низов тектоносферы, охватывающей и 600-700-километровую толщу нижних слоев мантии. Состав этих слоев существенно ультрабазитовый, ортопироксеновый, менее кислый, чем земные пиролитовые слои, обычно слагающие почти всю мантию. Эта глубинная сфера характеризуется существенным содержанием Mg, Fe, Mn, Cr, Zr, Ti, а также уже и Ni, резким уменьшением — до 5 км/сек — скорости продольных и отсутствием поперечных волн, плотностью около  $4 \text{ г/см}^3$ .

Тектоносфера Луны простирается до глубин 1400-1500 км, при-

членения к литосфере почти такую же по мощности глубинную сферу нижней мантии. Это резко отличает ее от сходных сфер Земли, в которой современная более мощная — до 350 км астеносфера не опускается ниже 450 км с приближением к поверхности планеты до 50–120 км. Возможно, следствием такого приближения весьма газовой-флюидной астеносферы (что, кстати, имело место на протяжении всей геологической эволюции) мы и имеем на Земле выплавленный 10–50-километровый слой.

Соответственно на сходных мантийных планетах — на Меркурии астеносфера залегает на глубине 1500 км, а мантия до глубины 2000 км (по Б.Мёррею, 1975, лишь до глубины 600–700 км), на Марсе астеносфера располагается на глубине 2000 км, а мантия до глубины 3000 км (Ходак, 1972, и др.).

С учетом имеющихся данных по образцам лунных пород, селенологических и селенофизических материалов, в том числе и сравнительным по Земле, состав Луны и ее коры (дается в скобках) представляется следующим:  $\text{SiO}_2$  30% (45),  $\text{TiO}_2$  0,4 (3),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  9 (9),  $\text{FeO}$  13 (13),  $\text{MnO}$  0,3 (0,2),  $\text{MgO}$  25 (8),  $\text{CaO}$  21 (10),  $\text{Na}_2\text{O}$  0,01 (0,07),  $\text{K}_2\text{O}$  0,01 (0,02). Луна сложена Са-ультрабазитом, недосыщенным, как и Са-ахондриты,  $\text{SiO}_2$ , К-На — ряда (К ~ 0,33), бедным Na, К; лунная же кора представляет анортозит, недосыщенный  $\text{SiO}_2$ , К-На — ряда, очень бедный Na, К, в отличие от пересыщенной  $\text{SiO}_2$ ; К-ряда земной коры.

Состав же коры Марса, с учетом имеющихся анализов «Викингов I и 2», может быть ориентировочно таковым (в скобках состав Марса по Д. Л.Андерсону, 1972):  $\text{SiO}_2$  45–50% (34–38),  $\text{TiO}_2$  2 (0,1),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  15–20 (2,7),  $\text{FeO} (+\text{Fe}_2\text{O}_3)$  12–20 (12–21),  $\text{MnO}$  0,3 (0,2–0,3),  $\text{MgO}$  10 (24),  $\text{CaO}$  10 (2) (как видим, Луна более кальциевая)  $\text{Na}_2\text{O}$  0,1 (0,7–1),  $\text{K}_2\text{O}$  0,5 (0,06–0,1),  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  0,1

(0,4-0,5). Кора Марса, видимо, андезито-базитовая, насыщенная или слабо недосыщенная  $\text{SiO}_2$ , K-Na — ряда; Марс же в целом сложен ультрабазитом, но, в отличие от Луны, не кальциевого, а Na-ряда, также, как и она, недосыщенный  $\text{SiO}_2$ , бедный Na, K.

\* \* \*

Данные представления по формированию литосферы, возможному составу и вулканизму Луны могут быть использованы, — с учетом представлений других исследователей, как своеобразный, видимо наиболее простой эталон для мантийных планет — Меркурия и Марса. Эти представления интересны также для выявления глубинной эволюции других планетных тел — спутников планет-гигантов, а также Земли, качественно отличающейся от всех них выплавленным кислым сиалем, гидросферой, кислородно-азотной атмосферой, биосферой, сильным магнитным полем и пр. Указанные вторичные оболочки Земли созданы на фоне ее активной ротационной динамики и разнообразного вулканизма, петрологически значительно более дифференцированного, чем лунный.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Г.Н.Каттерфельд, В.Е.Хамн, Ю.А.Ходак (1965). Проблемы сравнительной планетологии и стадии развития планет земной группы. У Совещание по проблемам планетологии, 10-15 мая 1965, Ленинград.
- Г.У.Лихошерстных, Ю.А.Ходак (1968). Приливы как энергетический источник «геологической» активности Луны. — У I Совещание по проблемам планетологии, Ленинград.
- Ю.А.Ходак (1972). «География и геология планет». Москва.
- D.L.Anderson (1972). Composition and evolution of the mantle and core. — Science, vol.171, pp.1103-1112.
- B.C.Murray et al. (1975). Surface history of Mercury: implications for terrestrial planets. — J.Geophys.Res., vol.80, No 17, pp.2508-2514.

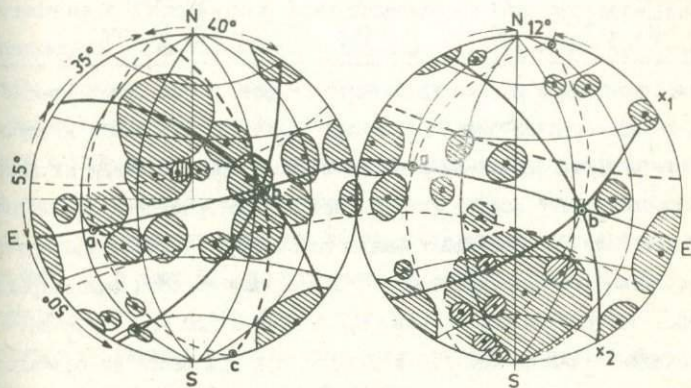
ПОЯСА ЛУННЫХ МОРЕЙ И ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ  
МАНТИЙНЫХ ПРОПЛАВЛЕНИЙ

Росен Иванов

(Геологический институт Болгарской Академии Наук, София)

Широко принято представление об ударном (импактном) происхождении лунных морей (maria). Существуют, однако, также представления об эндогенном, вулканическом происхождении морей, которые получают особую весомость в связи с расположением большинства морей вдоль трех поясов, выявляющих глобальные для Луны структуры.

Импактное происхождение морей предполагает произвольное распределение их центров на поверхности Луны. Это действительно для огромного количества ударных кратеров меньших размеров, которые распределены равномерно и случайно, если исключить вторичные ударные кратеры. В отличие от этого центры 42 морей обеих сторон Луны, которые были выявлены на основе дистанционной селенологической съемки (ср. E.A.King, 1976, стр.164), показывают предпочтительную принадлежность центров крупных лунных бассейнов к трем поясам больших кругов, каждый шириной в  $20-30^{\circ}$  (Фиг. 1 и Таблица 1).



Фиг. 1.

Статистический тест гипотезы о случайном или неслучайном (закономерном в вероятностном отношении) распределении центров морей на

основе этих данных (Р.Иванов, в печати) удостоверяет гипотезу о неслучайном (закономерном) выделении поясов Е,  $X_1$  и  $X_2$ . Вероятность того, что скопление морей на ограниченной части поверхности Луны не случайно /  $\bar{Z}_n(m)$ , Таблица I/, во всех случаях превышает 0,95. Для суммы всех поясов и, в особенности, для Экваториального пояса Е вероятность неслучайного скопления морей превышает 0,9999.

Таким образом, на основании распространения морей на Луне можно утверждать, что их местонахождение не случайно, располагаясь предпочтительно в поясах Е,  $X_1$  и  $X_2$  (фиг. 1).

Т а б л и ц а I

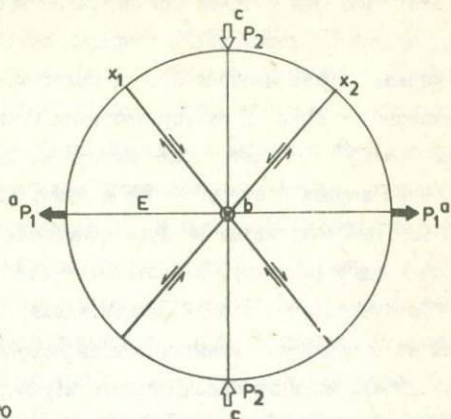
ЧИСЛО ПОПАДАНИЙ  $m$  И ВЕРОЯТНОСТЬ НЕСЛУЧАЙНОГО ПОПАДАНИЯ  $\bar{Z}_n(m)$  ЦЕНТРОВ МОРЕЙ НА ЛУНЕ В ПОЯСАХ С ПОВЕРХНОСТЬЮ, РАВНОЙ  $p$ -ТОЙ ЧАСТИ ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

П о я с а	$m$	$p$	$\bar{Z}_n(m)$
Е	22	0,2	$> 0,9999998$
$X_1$	16	0,2	0,9864
$X_2$	15	0,2	0,9604
Е + $X_1$ + $X_2$	36	0,5	$> 0,999994$

Уверенность в том, что выявленные на фиг. 1 три пояса лунных морей, которые обозначены Е,  $X_1$  и  $X_2$ , имеют действительно неслучайный (закономерный) характер, возрастает после рассмотрения их взаимного расположения и формы. Все три пояса пересекаются в одной точке на оси среднего или Субэкваториального пояса Е. Так как все три пояса являются большими кругами, точка  $b$  представляет собой выход проходящей через центр Луны оси  $b$ . Пояс Е, который лучше всего выявлен сосредоточением 22-х из 42х морей Луны на 0,2-той части ее поверхности, расположен симметрично между обоими другими, слабее выявленными поясами  $X_1$  и  $X_2$ , которые заключают угол в  $105^\circ$ . Такое положение трех поясов напоминает закономерное положение трехосного эллипсоида нап-

ряжений и расположение в нем ослабленных зон («зон трещиноватости»). Предположительная ориентировка такого глобального для Луны эллипсоида напряжений показана на фиг. 2.

В данной конфигурации пояса  $X_1$  и  $X_2$  идентифицируются с зонами  $X$  — сдвиговых напряжений, тогда как зона  $E$  (зона максимального растяжения) имеет несколько необычное положение. Объяснить это можно с точки зрения вращательного движения Луны вокруг оси  $c$  и действием силы  $P_1$  не просто



вдоль оси  $a$ , а перпендикулярно поверхности Луны вдоль всего экваториального пояса  $E$ . В таком случае пояса  $X_1$  и  $X_2$   $X$ -трещиноватости необходимо рассматривать только как частный случай конических напряжений с осью  $c$ . Как известно из теории деформаций, предпочтительное проявление некоторых направлений (плоскостей) сдвиговых напряжений является обычным способом их реализации. Интересно отметить, однако, что в распределении морей на Луне имеются довольно четко выявленные доказательства о коническом характере напряжений  $X$ : на фиг. 1 видны четкие пояса малых кругов, которые особенно хорошо проявлены на обратной стороне Луны и вокруг южного полюса на видимой стороне. Эти пояса расположены, как следует из схемы фиг. 2, в зоне 60-ой параллели при оси вращения  $c$ , сдвинутой приблизительно на  $12^\circ$  (ср. с фиг. 1).

Данное совпадение очевидно также не случайно, так что динамическую схему фиг. 2 можно считать как характерную для произвольного разреза вдоль предполагаемой оси вращения  $c$ . Такая конфигурация глобальных напряжений Луны могла возникнуть в связи с резким

и значительным увеличением угловой скорости вращения Луны в какой-то момент ее прошлой истории. Как известно, образование морей связывается как раз с таким сравнительно коротким этапом в развитии Луны: данные по определению возраста базальтов морей показали, что они начали образовываться спустя приблизительно 500 млн. лет после возникновения Луны и их формирование прекратилось резким образом около  $3,3 \cdot 10^9$  лет тому назад. Некоторые авторы (F.Tera et al., 1973) на основе данных о возрасте пород Луны, предполагают, что около  $3,95 \cdot 10^9$  лет тому назад на Луне произошел некоторый катаклизм, например удар (импакт), в результате которого возникло Море Дождей.

Следовательно, как на основе данных о поясовом распределении морей на поверхности Луны, так и на основе данных о возрасте их образования, наличие определенного катастрофического момента (короткого периода) в истории развития Луны является необходимым этапом.

Наличие масконов, связанных с бассейнами округлых морей (P.M.Muller & W.L.Sjogren, 1968), ассоциируется с наличием более тяжелых масс, выдвинутых аномально высоко в Кору и Мантию Луны. Некоторые авторы предположили включение захваченных тяжелых метеоритных масс (H.C. Urey, 1968), однако если моря возникли в результате эндогенных процессов, то масконы более вероятно представляют собой более тяжелые резидиумы. Они комплементарны базальтам морей, которые проплавились до самой поверхности, образовав моря округлых форм. Такой механизм образования — механизм мантийного проплавления (mantle plume) крупных размеров предполагает наличие термической неустойчивости оболочек Луны, способствующей возникновению крупномасштабных термо-вещественных потоков из более глубоких слоев Луны к ее поверхности.

На таком неустойчивом этапе развития Луны возникновение или наличие глобальных напряжений должно было вызвать эффект концентрации центров проплавления вдоль зон пониженного давления.

Рассматриваемые здесь поясы морей очевидно являются результатом как раз такого концентрирующего эффекта на этапе термо-вещественной нестабильности верхних оболочек Луны. Выдвигаемая здесь гипотеза не нуждается в допуске «катастрофических» (незакономерных) событий в истории Луны. Наоборот, этап термо-вещественной нестабильности верхних оболочек Луны является необходимым этапом в истории остывания Луны. В связи с этим нет необходимости допущения о резко меняющихся состояниях напряжения, скоростей вращения и т.д. в ходе истории Луны. Единственным допущением является предположение о вращении Луны вокруг оси  $s$ , что для первой пятой части истории Луны вполне правомерно. В условиях вращения жидкого тела с метастабильной твердой оболочкой, напряжения, возникавшие в экваториальной плоскости  $E$  и в плоскости двойного конуса  $X$  (фиг.2), необходимым образом становятся, на определенном этапе охлаждения Луны, концентраторами вещество-термических потоков восходящего характера. В результате этого и появились проплавления морей с их базальтами, масконами и поясной привязкой, как это следует из фиг.1. В процессе охлаждения Луны, с утолщением затвердевшей оболочки снимается термо-вещественная нестабильность и процесс проплавления морей прекращается.

Это соответствует хорошо выявленным фактам об образовании лунных морей в интервале времени  $4,1-3,3 \cdot 10^9$  лет тому назад.

Исходя из этой модели развития Луны, можно сделать вывод о том, что каждая огненно-жидкая планета, которая в процессе своего охлаждения оснащается все более мощной затвердевшей оболочкой, должна проходить этап мореобразования — этап термо-вещественной нестабильности, благоприятствующей крупномасштабной вулканической деятельности с проплавлениями (mantle plums) крупных размеров. Можно предполагать (Г.Н.Каттерфельд и др., 1975, стр.17), что Земля тоже прошла в Архее этап образования морей, с чем вероятно связывается просвечивание, в особенности космодистанционными методами, все большего числа древних округлых макроструктур.

### Заключение

По аналогии с Луной можно ожидать, что все планеты типа планет земной группы проходят стадию мореобразования. Этим можно объяснить выявленную закономерность в стратиграфическом развитии планет земной группы, согласно которой на всех этих планетах, исключая Землю, наблюдаются относительно древние планетологические образования типа лунных морей (К.Бенеш, И.В.Галибина и Г.Н.Каттерфельд, 1975). Отсутствие морей на современном лике Земли связано со стирающей ролью геологических процессов, протекающих в условиях водной и газовой среды и большой тектонической подвижности. На глубоко вскрытых останцах самой древней коры Земли и под покровом верхних ярусов надо искать прямыми и дистанционными методами просвечивание реликтов древних морей Земли - в виде арочных макроструктур.

Благодарность. Автор признателен Г.Н.Каттерфельду за любезно сделанные замечания и перевод на русский язык первого варианта настоящей статьи.

### ЛИТЕРАТУРА

- К.Бенеш, И.В.Галибина, Г.Н.Каттерфельд (1975). Тенденции развития планет земной группы. - Изв.АН СССР, Сер. геол., № 5.
- Р.Иванов (в печати). Вероятностная мера произвольности (не-рандомности) геологической структуры на основе точечных испытаний. Списание на Българското Геологическо Дружество, София.
- Е.А.King (1976). «Space Geology». John Wiley & Sons, New York.
- G.Latham, J.Dorman, F.Duennebier, M.Ewing, D.Lammlein, and Y.Nakamura (1973). Moonquakes, meteoroides and the state of the lunar interior. - Lunar Sci. IV, Lunar Science Institute, p.457.
- P.M.Mueller and Sjogren (1968). Mascons - lunar mass concentrations. - Science, vol.161, No 3842.
- F.Tera, D.A.Papanastassiou and G.J.Wasserburg (1973). A lunar cataclysm at  $\sim 3.95$  AE and the structure of the lunar crust. - Lunar Sci. IV, Lunar Science Institute, p.723.
- H.C.Urey (1968). Mascons and the hystory of the Moon. - Science, vol.162, No 3860.

## ДАННЫЕ о ВУЛКАНИЗМЕ на ЛУНЕ

Пьеро Леонарди

Институт Геологии Феррарского университета, Италия

Результаты американских и советских космических исследований, включая полёты "Аполлонов", не смогли с точностью установить происхождение лунных кратеров. Астронавты до сих пор ещё не имели возможности провести основательные геологические исследования крупнейших кратеров.

По мнению большинства авторов, все или почти все эти кратеры образовались в результате падения метеоритов или других небесных тел (астероидов, планетезималей, комет и т. д.); однако, имеются и авторы, предполагающие вулканическое происхождение этих структур. Несомненно, многие лунные кратеры морфологически весьма аналогичны земным метеоритным кратерам или астроблемам, которые являются остатками древних земных ударных кратеров, подвергшихся выветриванию.

Однако, не менее многочисленны морфологические аналоги многих лунных кратеров с земными вулканическими образованиями, такими, как кальдеры и маары (Г. Н. Каттерфельд, 1966, 1967; А. Л. Суханов, 1974). Некоторые вулканические районы Земли, например, некоторые зоны южной части центральной Италии (Браччано, Больсена, Флегрейские поля), Исландии (Миватн) и востока центральной Африки (Казинджа в Уганде), если упоминать лишь немногие из них, проявляют удивительное морфологическое сходство с лунной поверхностью. Кроме того, кратеры этого типа связаны с весьма типичными структурами лавовых потоков (возьмём, например, те, что берут начало в паразитическом кратере на краю вала Ингирами). Более того, дно различных кратеров (типичными примерами которых являются Коперник и Тихо) очевидно

заполнено лавовым материалом и образует характерные шлаковые конусы. Ни в одном из земных метеоритных кратеров не отмечается центрального пика с вулканическим жерлом, как это имеет место в случае с пиками Эратосфена, Тимохариса и Аль-Баттани, каждый из которых ясно напоминает эруптивный центральный купол земных вулканов.

Важно отметить, что лунные кратеры часто имеют фестончатые края. Это естественная и легко объяснимая особенность вулканических структур типа кальдер, в то время как она никогда не наблюдалась в кратерах, имеющих явно метеоритное происхождение.

Метеоритная теория не может также объяснить структурную особенность кратера Варгентин, дно которого значительно возвышается над окружающей лунной поверхностью.

Предметом обсуждения является также вопрос происхождения центральных пиков. Подобны ли они эруптивным конусам земных кратеров типа Соммы или их причиной является поднятие, вызванное давлением, возникшем при оползании внутренних склонов кратеров? Вероятно, оба объяснения справедливы в применении к тому или иному конкретному случаю. Некоторые хорошо развитые центральные пики, такие, как в случае Альпетрагия, почти несомненно имеют вулканическое происхождение, если учесть их полное подобие внутрикратерным лавовым куполам земных вулканов (P. Leonardi, «*Vulcani e bolidi sulla Luna e su Marte*», 1971).

Особенно примечательна частота "паразитических" кратеров, расположенных на валах более крупных кратеров. Это ставит серьезные трудности перед теорией ударного происхождения кратеров, так как такого рода особенности довольно часто встречаются в земных вулканических структурах.

Следует упомянуть ещё один случай. Характерные параллельные желобки на северо-западном склоне кратера Циолковский в морфо-

логическом отношении вполне сравнимы с некоторыми потоками ширококластических материалов взрывной фазы вулкана Шивелуч на Камчатке (Эрлих и др., 1970).

Не следует забывать ещё одного факта. Большинство извилистых риллей на Луне, по всей вероятности, соответствует провальным лавовым трубам или лавовым каналам (Г.Н. Каттерфельд и П.М. Фролов, 1969; P. Leonardi, 1974) и обычно расположено около крупных кратеров, таких как Геродот, Аристарх, Принц, Гассенди и т.д. Но прежде всего следует отметить, что Д. Олтер (1959), П.А. Козырев (1963), П. Мур (1963), а также Г.Н. Уилкинс недавно наблюдали эруптивную деятельность центрального пика Альфонса. Подтверждением этого являются и яркие светлые пятна и вообще "преходящие явления" на Луне, которые можно объяснить лишь явлениями извержения, наблюдавшимися также вблизи Аристарха и других лунных кратеров.

Следует вспомнить, что по данным различных авторов, даже в ударных кратерных структурах могли иметь место важные "индуцированные" вулканические явления вторичного порядка (заполнение лавой дна, образование центрального пика, лавовые потоки на склонах и т.д.), которые могут быть косвенным результатом послеударных излияний магмы (B.M. Bevan, 1970; J.H. Mackin, 1969; G. Simmons, 1971).

В любом случае, даже если мы не будем придавать особой важности эндогенным причинам образования некоторых кратеров, у нас имеется достаточное количество примеров, привлекающих наше внимание к лунным структурам и образованиям, вулканическое происхождение которых общепризнано.

Начнём с того, что все или почти все селенологи согласны с вулканическим объяснением обширных базальтовых потоков, образующих поверхность морских бассейнов. На фотографиях "Лунар Орбитеров" уже обнаружены типичные лопастные фронты лавовых потоков в

Море Дождей. Исследование долины Хэдли астронавтами "Аполлона 15" выявило участок таких вулканических материалов, которые, судя по фотографиям, по-видимому, соответствуют чередованию базальтовых потоков и пирокластических материалов (P. Leonardi, 1974).

Без сомнения, многочисленные ряды кратеров, явно расположенные вдоль трещин в лунной коре, имеют вулканическое происхождение. К наиболее типичным относится прямолинейный ряд вблизи кратеров Абульфеда, Альманон и Тацит, который аналогичен цепочке вулканических кратеров в Лаки, Исландия. Другим хорошим примером является ряд кратеров различных размеров, связанных с бороздой Гигинуса. Но имеются также многочисленные другие аналоги: по Дж. Грину (J. Green, 1963), при помощи телескопа можно увидеть на Луне более 180 таких рядов.

Многочисленные конусы и изолированные куполы различной формы с вершинными кратерами имеют определённо вулканическое происхождение. В качестве примеров можно взять Питон в Море Дождей и другие хорошо известные формы рельефа в районе кратеров Соссюр и Фра Мауро (P. Leonardi, 1971, илл. 14-16, 18-5).

Явно эндогенное образование имеют многие лавовые куполы, видимые на поверхности лунных морей, особенно в Океане Бурь, в окрестностях Мариуса и Рейнера и южнее Коперника, в Море Спокойствия, и на дне различных кратеров.

Округлые формы рельефа почти наверняка являются эндогенными образованиями и вероятно соответствуют лавовым экстрезиям типа земных «convex currents» или «cumulo - domes».

Некоторые из таких структурных комплексов как Флэмстид Р в Океане Бурь сравниваются различными авторами с земными кольцевыми дайками (O'Keefe и др., 1967; P. Leonardi, 1971, стр. 207, 209).

Даже наиболее убеждённые сторонники метеоритного происхождения лунных кратеров признают, что некоторые кратеры с тёмным гало, видимые в различных районах Луны, имеют, по всей вероятности, вулканическое происхождение. К наилучшим примерам такого рода относятся образования на дне Альфонса.

Любая интерпретация, отличная от вулканической, сталкивается с серьёзными трудностями при попытке объяснения желобов или борозд, образованных цепочками вулканических кратеров на лунной поверхности. Эти формы, видимые в частности на фотографиях с "Аполлонов", обнаруживают замечательные подобию с вулканическими структурами Камчатки и Исландии ( P. Leonardi, 1971, стр. 294-296). Большой глубокий желоб, видимый на обратной стороне Луны около  $105^{\circ}$  в.д. и  $65^{\circ}$  ю.ш., генетически соответствует эруптивному желобу, образовавшемуся на горе Таравера в Новой Зеландии во время извержения в 1886 г. ( P. Leonardi, 1971, стр. 297, илл. 14-58). Удлиненная форма Шиллера также приводит к мысли, что его вулканическое происхождение более вероятно, чем метеоритное. Не обоснована метеоритная интерпретация и для таких кратерных структур как ван де Грааф ( P. Leonardi, 1971, стр. 305, илл. 14-68).

Упомянутые уже выше извилистые долины - рилли, которые столь часты на лунной поверхности, особенно в морских районах, могут рассматриваться как вулканические формы, по крайней мере в большинстве случаев. Они часто начинаются в небольших кратерах или углублениях лунной коры. Кажется весьма вероятным, что эти рилли в общем представляют, - как утверждалось выше, - либо провальные лавовые трубы, либо лавовые каналы.

Наконец, даже если не хотеть признать эндогенное образование крупнейших кольцевых структур Луны ("кратерных морей", бассейнов, горных цирков и кратеров), остаётся определённым, что вулканичес-

кие явления, рассматриваемые как первичные, либо как следующие за метеоритным ударом, играли важную роль в селеноморфологической эволюции поверхности нашего спутника. Более того, вполне вероятно, что вулканическая активность все еще продолжается, хотя и в очень пониженной степени; это подтверждается вышеупомянутыми наблюдениями Д.Олтера, Н.А.Козырева, П.Мура и Г.П.Уилкинса.

#### ЛИТЕРАТУРА

- J.J.Broul, G.N.Katterfeld (1977). Genesis of the Ring and Radial-Concentric Structures of planets. - *Modern Geology*, vol.6, No 2.
- E.N.Erlich, G.S.Gorshkov, I.V.Melekestsev, G.S.Steinberg (1970). The structure of the lunar crater Tsiolkovsky. - *Modern Geology*, vol.1, New York - London - Paris.
- J.Green (1963). The geology of the lunar base. - *Ann. New York Acad. Sci.*, vol.105.
- G.N.Katterfeld (1966). Types, age and origin of the lunar ring structures. - *J. International Lunar Society*, vol.3, No 2.
- G.N.Katterfeld (1967). Types, ages and origins of lunar ring structures: statistical and comparative geological approach. - *Icarus*, vol.6, No 3, New York and London.
- Г.Н.Каттерфельд (1967). Морфогенезис кольцевых структур Луны. *Problems of Planetology*, vol. 1, Ostrava.
- Г.Н.Каттерфельд, П.М.Фролов (1969). О существовании воды на Луне. *Изв. ВГО, т. 101, № 3, Ленинград.*
- Н.А.Козырев (1963). Спектральные доказательства существования вулканических процессов на Луне. В сб. «Новое о Луне», М.-Л.
- P.Leonardi (1971). «Vulcani e bolidi sulla Luna e su Marte». Manfrini, Galliano (Trento).
- P.Leonardi (1972). Winding and meandering furrows on the lunar surface. - *Modern Geology*, vol.3, No 3, New York-London-Paris.
- P.Leonardi (1974). «On the origin of the lunar sinuous and meandering rilles». (Mem. Geopaleont. Università Ferrara, vol.3).
- P.Moore (1963). «Survey of the Moon». Eyre & Spottiswoode, London.
- J.A.O'Keefe, P.D.Lowman, & W.S.Cameron (1967). Lunar ring dikes from Lunar Orbiter I. - *Science*, vol.155, No 3758.
- E.I.Smith (1973). Identification, distribution and significance of lunar volcanic domes. - *The Moon*, vol.6.
- А.Л.Суханов (1974). Вулканические формы на Луне. В кн. «Вулканизм и тектоника Луны», Москва.

## ГРАВИТАЦИОННЫЕ АНОМАЛИИ НАД ЛУНЫМИ КРАТЕРАМИ, КАЛЬДЕРАМИ И МЕТЕОРИТНЫМИ КРАТЕРАМИ: ПРОБЛЕМЫ И СООТНОШЕНИЯ

Г.С.Штейнберг (Камчатский отдел Географического общества СССР)

Анализ неравномерностей движения искусственных спутников Луны привел к открытию положительных аномалий силы тяжести - масконов - над круговыми лунными морями и кратером Гримальди ( Muller, Sjogren, 1968, 1969 ). При полетах пилотируемых космических кораблей, обеспечивавших более высокое разрешение, были выявлены отрицательные аномалии над крупными кратерами, расположенными в горных районах ( Gottlieb et al., 1970; Sjogren et al., 1971 ).

Для объяснения природы масконов было предложено несколько вариантов интерпретации, которые однако не дают объяснения всем наблюдаемым фактам (Stipe, 1968; Goudas, 1969; Wood et al., 1970; Сафронов; 1971, Кропоткин, 1971; Марков, Суханов, 1970 и др.). Рассматривая строение и генезис масконов, необходимо иметь в виду следующее:

1. Положительные гравитационные аномалии наблюдаются только над круговыми морями. Моря неправильной формы характеризуются нормальными гравитационными полями.
2. Мощность лавы в лунных морях невелика ( Baldwin, 1971). Поэтому вряд ли правильно интерпретировать масконы, как только результат заполнения метеоритной воронки многокилометровой толщей лав (Cone1, Holstrom, 1968, рис.1-III).
3. В пределах морей наблюдаются реликты погруженных участков с горным рельефом, а также остатки (фантомы) наиболее поднятых частей кратеров и цирков. Поэтому маловероятно предположение об отсутствии или малой мощности коры в морских районах (Wood et al., 1971, рис.1-I).
4. Мощность лунной коры по сейсмическим данным составляет 50-60 км.
5. По оценкам различных исследователей центры тяжести масконов располагаются на глубинах до 50-250 км ( Gottlieb, 1970; Murphy, Si-

гу, 1970) из чего следует, что с известной вероятностью масконы могут быть связаны с лунной поверхностью «М» (Wise, Yates, 1970, рис. 1 - П).

6. В Море Восточном наблюдается чередование кольцевых зон со слабыми положительными и отрицательными аномалиями силы тяжести (Booker, 1970). Положительные аномалии соответствуют участкам с «морским» рельефом поверхности.

Представляется, что перечисленные факты находятся в хорошем соответствии с предположением, что масконы вызваны погруженными блоками коры, интенсивно насыщенными тяжелым магматическим материалом (рис. 1 - IV). Структурно, т.е. по поведению границы, разделяющей участки с различной плотностью, предположение Вуда, Уайза и наше - сходны. Разница состоит в том, что в двух первых предполагается исчезновение блока коры вследствие метеоритного взрыва, чего в нашем варианте не требуется, и в этом смысле он более «геологичен».

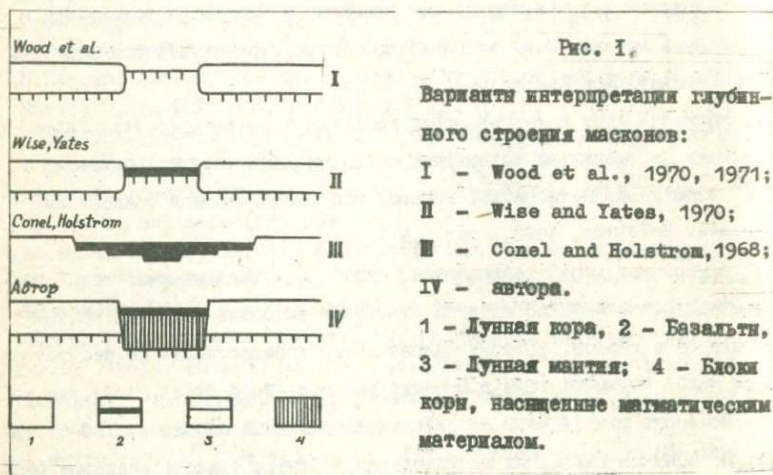


Рис. 1.

Варианты интерпретации глубинного строения масконов:  
 I - Wood et al., 1970, 1971;  
 II - Wise and Yates, 1970;  
 III - Conel and Holstrom, 1968;  
 IV - автора.  
 1 - Лунная кора, 2 - Базальты,  
 3 - Лунная мантия; 4 - Блоки коры, насыщенные магматическим материалом.

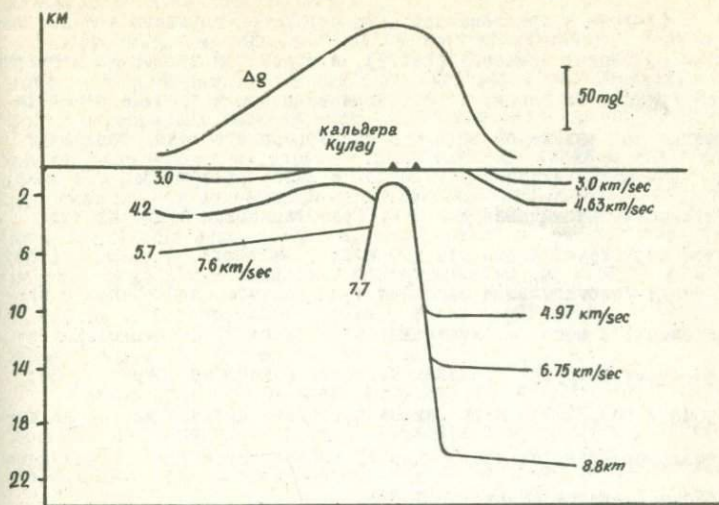
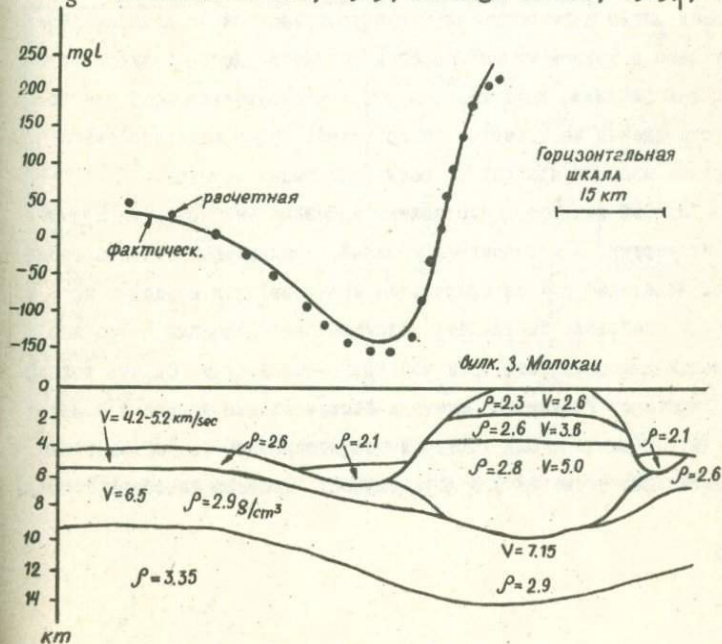


Рис.2. Глубинное строение кальдер Кулау и З.Молокаи, Гавайи, по сейсмическим и гравиметрическим данным

Furumoto et al., 1965; Strange et al., 1965<sub>1</sub>, 1965<sub>2</sub>.



Сходные с предложенной нами структуры выявлены под кальдерами гавайских вулканов (рис.2), а также под вулканами Ключевской группы. На Гавайях по сейсморазведочным и гравиметрическим данным под кальдерой выделено столбообразное тело, сложенное плотным магматическим материалом и интерпретируемое, как зона, интенсивно насыщенная дайками. Гравитационная аномалия над этой структурой достигает 100 мгл. (Malahoff, Woolard, 1966). Крупные положительные аномалии силы тяжести, связываемые с магматическими массами, выявлены на Авачинском, Карымском, Крашенникова и других вулканах Камчатки (Штейнберг, Зубин, 1966; Зубин и др., 1971). Интенсивное насыщение дайками до 200 на километр отмечено на эродированном вулкане Огонсиглы в Среднем хребте Камчатки (Шеймович, 1970).

Различный характер гравитационного поля над круговыми и неправильными морями может быть обусловлен различной степенью насыщения блоков коры магматическим материалом. В последних подъем магмы к поверхности мог осуществляться по редкой, сравнительно с круговыми морями, сети разломов. Малая вязкость лунных лав (Murase, McBirney, 1970), и отсутствие конвективного охлаждения на поверхности позволяет лавам заливать значительные площади при редкой сети подводных каналов.

Особый интерес представляют аномалии над крупными лунными кратерами. С метеоритных позиций, принимаемых большинством исследователей при интерпретации масконов, над крупными кратерами следовало бы ожидать положительных аномалий несколько меньшей интенсивности, чем над круговыми морями. Однако только над кратером Гримальди отмечена положительная аномалия; в шести других случаях над кратерами зафиксированы интенсивные отрицательные аномалии и в двух случаях (кратеры Лансберг, Рейнер)

аномалий не отмечено (табл. I).

Отрицательные аномалии над лунными кратерами или наличие пород с низкой плотностью под дном кратеров может рассматриваться, с метеоритных позиций, как прямая аналогия с аномалиями на земных метеоритных кратерах, т.к. гравиметрическими и буровыми работами на них установлено, что отрицательные аномалии обусловлены брекчированными породами, залегающими под дном, а также, что объемы брекчий и их мощности пропорциональны размерам кратеров, т.е. энергии метеоритного взрыва (. Innes, 1961, 1964; Dence, 1964, 1968; Dennis, 1971; Milton et al., 1972).

Однако при таком подходе аномалии над лунными кратерами должны быть пропорциональны их размерам, т.к. в лунных условиях последующие эрозия и накопление материала существенного влияния на характер гравитационной аномалии оказать не могут. Но из табл. I видно, что между размером кратера и величиной <sup>корреляции</sup> аномалии <sub>уже</sub> устанавливается.

Таблица I

Кратер	Диаметр, км	Высота полета корабля, км	Аномалия, мгл	Автор
Птоломей	145	14	-140	Gottlieb et al. 1970
Аль-Баттани	130	15	-100	— " —
Безымянный кратер, 105 <sup>0</sup> в.д., 12 <sup>0</sup> ю.ш.	85	76	- 90	— " —
Кирилл	105	25	-100	Sjogren et al. 1971
Теофилл	104	22	-160	— " —
Гиппарх	150	16	-100	— " —
Гримальди	200	100	+20	Muller, Sjogren, 1969

Отмеченное несоответствие вряд ли может быть объяснено поверхностной горизонтальной неоднородностью Луны и существенным раз-

личием окружающих кратеры пород. Кроме того, с метеоритных позиций не представляется возможным интерпретировать положительную аномалию над кратером Гримальди, отсутствие аномалий над Лансбергом, Рейнер и др. Гравиметрическое изучение лунных кратеров показывает, что идея непрерывного перехода от мелких кратеров к средним, большим, циркам и к круговым морям (Baldwin, 1963) в гравитационном поле над перечисленными объектами подтверждения не находит. Гравитационные аномалии над кратерами и морями принципиально различны. Следовательно, различно их глубинное строение и генезис.

Более перспективной представляется интерпретация отрицательных гравиметрических аномалий с вулканологических позиций. В земных условиях отрицательные аномалии характерны для вулканотектонических депрессий и большинства кальдер, образование которых связывается с магматической дифференциацией и поступлением легкого магматического материала в верхние горизонты коры. Этот процесс сопровождается мощными взрывами и извержением больших объемов шлаков, пемз и игнимбритов. Отложения направленных, т.е. вулканических взрывов отмечены около некоторых лунных кратеров (Горшков и др., 1970; Strom, Fielder, 1970; Erlich et al., 1971). Можно предполагать, что отрицательные гравитационные аномалии над лунными кратерами свидетельствуют о том, что процессы дифференциации прошли достаточно глубоко. Показательно, что все кратеры, над которыми отмечены отрицательные аномалии, расположены в горных областях. В некоторых, относительно немногочисленных случаях, на кальдерах отмечаются положительные гравитационные аномалии. Использование результатов гравиметрических и других структурно-геофизических методов исследований в вулканических районах обеспечивает большую широту подхода при интерпретации гравитационных аномалий над лунными кратерами.

## О ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ ЛУННОГО АЛЬБЕДО

В.В.Новиков

Государственный Астрономический ин-т им.П.К.Штернберга

Москва, СССР

Химико-минералогический состав доставленных с Луны образцов свидетельствует о том, что, по всей вероятности, лунные породы (исключая морские базальты) образовались в приповерхностных слоях. По этой причине верхний (оптический) слой лунного грунта может дать полезную информацию о химизме минералов как функции глубины залегания пород в лунных недрах. Именно химический состав пород является наиболее важным для их классификации, для понимания крупномасштабных эндогенных геохимических процессов. Поэтому поиск прикладного обеспечения классических астрофизических величин (альbedo, цвета, поляризации), поиск эмпирических зависимостей между оптическими и химическими параметрами превратился в одну из важнейших задач современной селенологии.

Яркостные и поляризационные параметры диффузно отраженного света определяются изменением относительной роли рассеяния разной кратности. Если бы на лунное альbedo влияли вариации относительной плотности и градулометрическая неоднородность грунта, то идентификация его минералогической основы по оптическим характеристикам была бы невозможна. Однако, уже сейчас найден ряд эмпирических зависимостей и корреляций химического состава лунного грунта и его оптических параметров. Так для лунных областей наблюдается связь отношений элементов  $Al/Si$  по данным орбитальной рентгеновской съемки и нормального альbedo участков  $\rho_0$ , причем коэффициент корреляции составляет 0.78 (Дж.И.Тромбка и др., 1975). Это дало возможность построить карту распространения основных классов пород для 80% поверхности Луны (В.В.Шевченко, 1974). В комплексной работе авторов: (К.Бенеш и др., 1975; Г.Н.Каттерфельд, 1977) изучается распространение различных типов пород на поверхности Луны, оценива-

ется их селенологический абсолютный возраст и обсуждается корреляция альbedo Луны с ее петрохимическим составом. Другим примером может служить эмпирическая зависимость цвета лунных областей от концентрации в грунте  $TiO_2$  (М.Р.Саретте, 1974 ; Н.Н.Евсюков, 1974), наиболее характерная для морских участков.

Данные работы (Дж.И.Тромбка и др., 1975) позволили предположить наличие эмпирической зависимости  $\log \rho$  от концентрации суммы окислов  $K_{\Sigma} = Al_2O_3 + SiO_2$ . Рисунок 1 иллюстрирует обсуждаемую зависимость, где по оси абсцисс отложены значения  $\log \rho$  для мест посадок и отдельных лунных образцов в системе (R.W.Shorthill et al., 1969), а по ординате  $K_{\Sigma}$  наиболее представительных для мест посадок проб грунта. Альbedo образцов исследовано в работе (T.Gold et al., 1976), для значений  $\log \rho$  были введены эмпирические поправки, учитывающие систематические различия шкал альbedo. Полученная зависимость близка к линейной:

$$\log \rho = 2.2 K_{\Sigma} + C \quad (1)$$

если  $K_{\Sigma}$  в долях процента, то  $C = -2.41$ .

Зная пределы изменений  $K_{\Sigma}$  для каждого класса лунных пород, мы можем выделить диапазон альbedo, в котором эта разновидность пород может существовать. Петрографическая классификация для лунных материковых пород проанализирована достаточно хорошо. Различие классификаций относится лишь к норитам, обедненным криповой составляющей, выделенных в работе (Дж.А.Вуд, 1975) и глиноземистым материковым базальтам, обособленным в работе (А.М.Рейд, 1974).

На основании этих данных, включающих более тысячи анализов лунных образцов, и формулы 1 определены следующие границы распространения классов пород по альbedo для центра видимого диапазона спектра: морские базальты,  $\log \rho < -1.08$ ; нориты  $-1.08 < \log \rho < -0.92$ ; анортозитовые габбро,  $-0.92 < \log \rho < -0.80$ ; габбро-анортозиты и катаклазированные анортозиты  $\log \rho > -0.80$ . Найденные границы в хорошем согласии с результатами работы (В.В.Шевченко, 1974), полученные

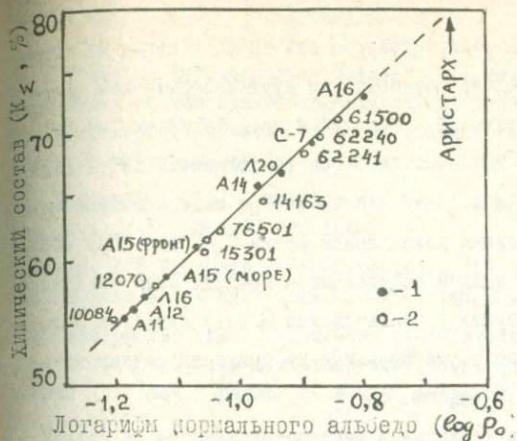


Рис. 1. Зависимость логарифма нормального альbedo от химического состава лунного грунта:

1 - районы посадок:  
 А - "Аполлонов", Л - "Лун";  
 С7 - "Сервейора 7";  
 2 - отдельные пробы.

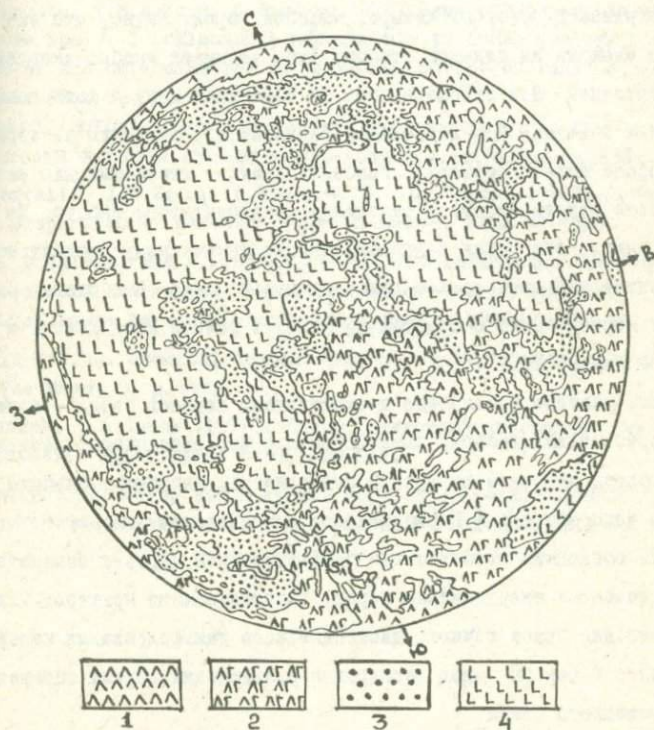


Рис. 2. Распространенность основных классов пород на видимой стороне Луны: 1 - анортозиты и габбро-анортозиты, 2 - анортозитовые габбро, 3 - нориты, 4 - морские базальты.

независимым путем.

Для получения карты распространённости классов пород на видимой стороне Луны проведена обработка на двух-координатном автоматическом микрофотометре (Ю.Н.Липский и др., 1977) снимка Луны, полученного автором и М.М.Поспергелисом на телескопе АЗТ-2 ГАИШ (диаметр зеркала 700 мм.). Снимок получен при селеноцентрической фазе  $\varphi^{\circ} = 0.7^{\circ}$ , эффективная длина волны равна 0.65 мкм. При обработке снимка значения каждой из указанной границы было увеличено на  $+0.05 \log \rho$ , что отражает реальный ход  $\rho(\lambda)$  для Луны в среднем, калибровка снимка осуществлялась по тридцати точкам каталога (R.W.Shorthill et al., 1969).

Рисунок 2 даёт представление о распространённости на лунной поверхности основных четырех классов пород. Видно, что наименьшую площадь на видимой стороне Луны занимают габбро-анортозиты и анортозиты. Эти отложения как бы обрамляют Луну и есть все основания считать, что наибольшее развитие они получили на обратной стороне нашего спутника. Наиболее представительными для материкового грунта являются отложения анортозитового габбро. На рисунке видно, что самая разнообразная по химическому составу область норитов занимает весьма ограниченную площадь. Наибольшее развитие нориты имеют в прибрежной зоне, в районе Моря Холода и южнее Моря Влажности.

Определение по альбедо промежуточных классов пород - норитов и анортозитовых габбро, имеет ограничения, связанные с масштабом переноса вещества на лунной поверхности. Например, альбедо участков Моря Нектара и Моря Кризисов, характерное для норитов, может быть объяснено механическим перемешиванием морских базальтов и обогащенных анортозитами пород, выброшенных из кратеров Тихо и Прокл. Для более точного дистанционного дешифрирования минералогической основы пород необходимо привлечение других параметров отраженного света.

## ЛИТЕРАТУРА

- Дж.И.Тромбока, Дж.Р.Арнольд, И.Адлер, А.Е.Метцгер, Р.С.Риди (1975). Элементный состав лунной поверхности по данным измерений гамма-и рентгеновского излучения на космических кораблях «Аполлон - 15 и 16». Сб. «Космохимия Луны и планет». Изд. «Наука». М, стр.129.
- В.В.Шевченко (1974). О природе альbedo поверхности лунного шара. Астрон.ж., т.51, вып.5, стр.1064.
- К.Бенеш, И.В.Галибина, Г.Н.Каттерфельд (1975). Тенденции развития планет земной группы.- Изв.АН СССР, Сер. Геол., № 5, стр.5-33.
- Г.Н.Каттерфельд (1977). Принципы геологического картирования планет. В сб. «Проблемы планетологии», т.2. Тектоника и вулканизм планет (в связи с развитием и внутренним строением), Ленинград - Ереван, 1977.
- М.Р.Charette, Т.В.McCord, С.Pieters, J.В.Аdams (1974). Application of remote spectral reflectance measurements to lunar geology classification and determination of titanium content of lunar soils. J.Geophys.Res., 79, p.1239.
- Н.Н.Евсиков (1974). Связь оптических характеристик с химико-минералогическим составом лунных пород.-Астрон.ж., т.51, №6, стр.1316.
- R.W.Shorthill, J.M.Saari, F.E.Baird, J.R.Le Comte. (1969). Photometric properties of selected lunar features, NASA CR-1429.
- T.Gold, E.Bilson, and R.L.Baron (1976). The correlation between the albedo and the surface chemical composition in lunar soil samples.-Proc.Lunar Sci.Conf.6th.Houston, Texas, 77058, PART 1.
- A.M.Reid (1974). Chemical composition of the continental lunar soil.-The Moon, 9, p.141.
- Д.Н.Липский, А.П.Попов (1977). Двухкоординатный автоматический микрофотометр. Труды ГАИШ, т.48, стр.133.
- Дж.А.Вуд.(1975). Обзор типов лунных пород и сравнение лунной и земной коры. В сб. «Космохимия Луны и планет». Изд. «Наука». М. стр.29

А.И. Мелуа

(Институт градостроительства, Ленинград),

Г.Н. Каттерфельд, М.П. Лисенко

(Ленинградский Государственный университет, СССР)

Успехи экспериментальной астронавтики сделали реальной постановку проблемы строительства на Луне. В состав этой сложной научно-технической проблемы входит задача инженерно-селенологической оценки территории.

При инженерно-селенологической оценке поверхности Луны необходимо учитывать тектонику Луны, вулканизм, гравитационное взаимодействие с Землей, отсутствие свободной воды.

Инженерная селенология\* совместно с другими областями знаний должна обеспечить решение следующих вопросов:

- а) обоснование технической возможности - с точки зрения природных условий - строительства в конкретном районе Луны;
- б) выбор наиболее оптимального из возможных вариантов размещения объекта;
- в) обоснование компоновки объекта;
- г) прогноз изменения природной обстановки и грунтовых условий в связи со строительством.

Значительное различие между инженерной геологией и инженерной селенологией связано:

- а) с существенными отличиями в природных условиях на Земле и на Луне (температурный режим, силы гравитации, атмосферные условия, характер горных пород и процессов выветривания и т.д.);
- б) с отличиями в методах и средствах проведения инженерно-

---

\*) Такие термины, как селенология, инженерная селенология, селеноморфология, этимологически более корректны, чем «геология Луны», «инженерная геология Луны», «геоморфология Луны».

геологических и инженерно-селенологических изысканий;

в) отсутствием на Луне воды и многих земных литолого-генетических типов грунтов.

Методы, которые в настоящее время могут применяться при инженерно-селенологических изысканиях, возможно разделить на три группы: а) исследования с Земли; б) исследования на Луне; в) изучение образцов лунного грунта в земных лабораториях.

Поверхность Луны разделяется на две области: древнюю «материковую» со сложным рельефом, сравнительно крутыми склонами и большой плотностью кратеров, и более молодую «морскую», для которой характерны более ровная поверхность и меньшая плотность кратеров (рис.1). Среднее превышение «материковых» участков над морскими на видимой стороне Луны составляет приблизительно 3 километра.

Объемный вес лунного грунта в верхнем слое мощностью несколько десятков сантиметров в среднем равен  $0,6 \text{ г/см}^3$ ; на глубине 3-4 метра он составляет  $1 \text{ г/см}^3$ ; на глубине 6 метров -  $1,5 - 2,5 \text{ г/см}^3$ ; глубже находятся скальные породы с объемным весом  $2,5 - 3,5 \text{ г/см}^3$ . Средний объемный вес древних анортозитовых пород «материков» составляет  $2,95 \pm 0,05 \text{ г/см}^3$ , а более молодых базальтовых «морских» пород -  $3,25 \pm 0,5 \text{ г/см}^3$ .

Поверхностный слой грунта на Луне прочный и при весе космических аппаратов до 10 тонн вполне выдерживает статическую нагрузку  $0,5 \text{ кг/см}^2$ , давая при этом деформацию в несколько сантиметров.

При выборе района строительных работ существенное значение имеет предварительный анализ форм рельефа. Сложный рельеф явился причиной поиска ровной посадочной площадки экспедиции «Аполлон 16», уменьшения скорости передвижения и поломок луноходов «Аполлон 16» и «Аполлон 17».

Строительство развитой долговременной лунной базы потребует доставки в определенный район большого количества материалов

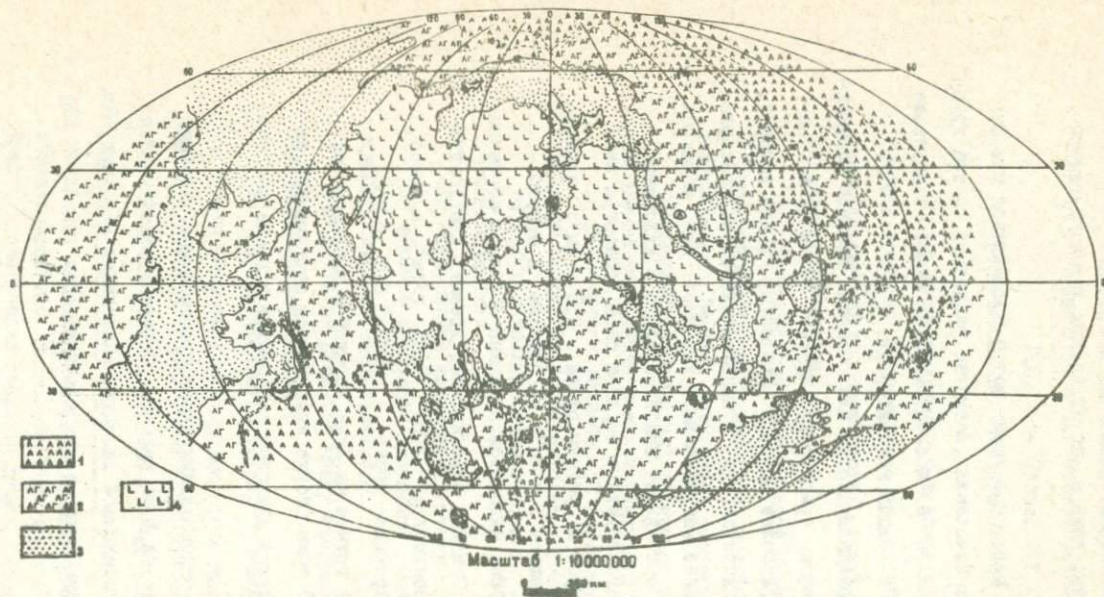


Рис.1 Распространение типов грунтов на Луне с различной степенью раздробленности в зависимости от их состава и возраста

- 1 - наиболее раздробленные грунты на древнейших породах анортозитового и габбро-анортозитового состава в районах со сложной морфологией, затрудняющей строительные работы;
- 2 - то же на древних породах анортозит-габбрового состава;
- 3 - то же на доморских породах габбрового состава (норитах), в районах с наиболее сложным гористым рельефом, наименее благоприятным для строительных работ;
- 4 - наименее раздробленные грунты на более молодых породах базальтового состава в морских районах с относительно ровным рельефом, наиболее благоприятным для строительных работ.

и конструкций. Предполагаемое при этом использование неплотируемых транспортных космических кораблей может сопровождаться большим рассеиванием грузов по поверхности. Для строительства базы необходимо будет транспортировать грузы по поверхности Луны. В соответствии с имеющимися сведениями о лунных грунтах, для разгрузочных и транспортных работ на поверхности Луны не требуется создание дорог и специальных площадок и связанной с этими сооружениями подготовки грунтовых оснований.

Сооружения массой до 10 тонн при площади опоры на грунт в пределах двух-трех квадратных метров не нуждаются в фундаменте или специальной подготовке основания.

Как показывает опыт эксплуатации различных конструкций на Луне, могут быть местные деформации грунта, которые приводят к перемещению конструкций. Для предотвращения возможных опасных разрушений при создании обширной по площади лунной базы необходимо предусматривать жесткость конструкции, исключающую относительный сдвиг элементов сооружений при небольших деформациях грунта.

Строительно-монтажные работы на Луне будут стоить очень дорого. Поэтому необходимо, во-первых, стремиться к снижению количества доставляемых на Луну грузов, во-вторых, сокращать объем работ, проводимых на Луне астронавтами. При размещении сооружений на поверхности необходимо использовать естественные формы рельефа, увязывая их с функциональным назначением сооружения.

Современный технический уровень астронавтики позволяет доставить в избранный район Луны небольшие сооружения и смонтировать их. Инженерное освоение Луны требует изучения ряда вопросов, в частности, особенностей протекания инженерно-селенологических процессов, формирования инженерно-селенологических условий,

закономерностей пространственного изменения этих условий, а также состава и физико-механических свойств лунного грунта. Должны быть более детально исследованы состав и свойства глинистых и покровных грунтов и сделан научный прогноз поведения грунтов на участках их интенсивной эксплуатации.

Одной из целей инженерного освоения Луны является сбор научной информации о Луне. Астронавты не будут иметь возможности свободно передвигаться по поверхности Луны. Поэтому для научных исследований необходима разработка автоматического аппарата, доставляемого и приводимого в рабочее положение астронавтами, имеющего возможность передвижения по поверхности на близкие расстояния и над поверхностью на дальние расстояния. Успешный опыт дистанционного управления советскими луноходами говорит о реальности такой программы.

# ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЛЬЕФА ЛУНЫ И ПЛАНЕТ

## ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СООРУЖЕНИЙ

В.В.Судаков

Зональный институт экспериментального проектирования,  
Ленинград, СССР

Освоение космического пространства - одна из важнейших задач человечества.

Достигнутое сегодня - это лишь первые шаги на пути активного вторжения человечества в окружающий мир за пределами нашей планеты.

В последнее время осознана необходимость создания планетных обитаемых станций ( ПОС ) с длительным пребыванием людей. Луна явится первым небесным телом, которое должно быть изучено и использовано для научных и прикладных целей. В результате изучения возможностей лунной ПОС сформулировано несколько направлений деятельности человека на Луне:

- исследование характеристик лунной среды и селенологической истории;
- использование поверхности Луны для астрофизических, космических и иных исследований;
- использование поверхности Луны для наблюдений за Землей и проведения экспериментов в пространстве Земля - Луна;
- выполнение физико - химических и биологических экспериментов и для организации технологических процессов, невозможных в земных условиях;
- использование лунных ресурсов в целях народного хозяйства Земли;

Для работ по каждому из направлений необходимо долго-

временное присутствие людей.

Необходимо учитывать отсутствие атмосферы, пониженную гравитацию, падение метеоритов, жесткое солнечное и космическое излучение, резкие перепады температур с их большими абсолютными значениями, эмоциональное воздействие, связанное с необычными условиями пребывания человека на Луне.

При организации деятельности коллектива на других планетах невозможно использовать те же организационные и методологические принципы, что и на Земле. Очевидна необходимость предельно снизить количественный состав персонала и объем используемого оборудования.

Сформулированные положения обуславливают требования к конструктивным элементам ПОС, их монтажу, изготовлению, транспортированию и также к эксплуатации самой станции. При этом на характер строительства влияют следующие условия:

- отсутствие возможности эффективного использования местных материалов;
- пониженная гравитация должна способствовать производству строительно - монтажных работ;
- резкие перепады температур.

Перечисленные факторы обуславливают следующие этапы создания ПОС. Предварительным этапом является создание космической обитаемой станции на селеноцентрической и ареоцентрической орбитах. После чего на поверхности планет будут высажены разведывательные экспедиции, основной задачей которых будет выбор района для создания ПКОС.

Планетная обитаемая станция будет иметь сложный комплекс инженерных сооружений, расположенных на поверхности и на глубине. Учитывая, что доставка материалов на поверхность планет и

производство работ требуют значительных финансовых затрат, при создании планетных орбитальных станций предъявляются определённые требования к условиям их размещения, в частности - к использованию рельефа местности.

На первом этапе создания планетной обитаемой станции два посадочных блока с системами регенерации воздуха и воды, с запасами продуктов, с материалами, планетоходами и транспортными ракетными средствами ( на случай аварийного покидания планеты ) разместятся на открытом горизонтальном участке планеты. Используются естественные формы рельефа поверхности Луны и Марса: кратеры и куполы.

В выбранном районе после его тщательного изучения начинается создание планетной обитаемой станции. Часть помещений ПОС, жилые помещения, складские лаборатории, производственные гаражи для планетоходов и планетных полётов целесообразно размещать в укрытиях на глубине, обеспечивающей защиту от радиации и метеоритов. Для этой цели целесообразно использовать кратерные формы рельефа поверхности и засыпку сооружений грунтом. В качестве конструкций целесообразно использовать пневматические устройства. Вся система в любой момент времени её строительства должна допускать дальнейшее развёртывание.

На поверхности планет оборудуются посты наблюдения, которые соединяются с помещениями системой переходов. В специальном помещении с повышенной надёжностью располагается система эксплуатационного контроля и жизнеобеспечения станции с пультами управления.

Отдельно размещаются солнечные концентраторы для получения электроэнергии. Намечается сеть дорог и подъездных путей, обеспечивающих функционирование станции.

КАТАЛОГ  
ПЛАНЕТОГРАФИЧЕСКИХ НАЗВАНИЙ  
МАРСА и МЕРКУРИЯ

CATALOGUE  
of MARS' and MERCURY'S  
PLANETOGRAPHICAL NAMES

## Предисловие

Успехи экспериментальной астронавтики за истекшие 20 лет космической эры привели к большому развитию планетной картографии.

### I

НАСА готовит к выпуску Атлас «Лунных Топографических Ортокарт» в масштабе 1 : 250 000, состоящий более чем из 2 300 листов.

Гребни и рилли должны получить на новых лунных картах (независимо от масштаба) имена умерших исследователей в области астрономии, геологии, ракетной техники и т.д. Новые термины должны различать линейные и извилистые рилли. На современных картах рилли обозначаются термином *Rimae* (от латинского *Rima* = трещина). Теперь смысл этого термина изменяется в соответствии с рекомендациями Комиссии МАС № 17 (Луна), а именно: термин *Rima* (трещина) принимается для риллей неправильного развития, например для трещин внутри некоторых кратеров (типа Лавуазье, Альфонса). Длинные, более или менее линейные борозды должны обозначаться термином *Fossae* (от латинского *Fossa* = ров, желоб), например ров Ариадея, желоб Сирсала. Для извилистых, меандрирующих риллей был предложен термин *Anguis* = змея, вызывающий, однако, сомнения в его выборе. Рилли с кратерами предложено называть *Catenae* (цепочками), складчатые или морские гребни — *Dorsa* (гребнями, грядами). Эти же термины применяются теперь и при наименовании объектов на Марсе и Меркурии.

### II

Новый топографический «Атлас Марса», составляемый Геологической Службой США, будет состоять из карт масштаба 1 : 5 000 000, 1 : 1 000 000 и 1 : 250 000. Наиболее крупные кратеры и цирки имеют на них собственные названия, другие обозначаются буквами. При наименовании кратеров и долин, к сожалению, не были использованы классические названия альбедных карт Марса, что, наряду с другими новыми тенденциями в лунной, марсианской и меркурианской номенклатуре, вы-

210

звало критические замечания Д.Олтера, Р.Пайка, К.Сагана, П.Мура и др.

Совершенно новые планетологические термины были предложены номенклатурной Подкомиссией МАС'а для некоторых форм рельефа Марса и Меркурия. Равнинные образования обозначаются терминами *Planum* (плато) или *Planitia* (равнина), например, плато Сирия, равнина Аргиры, равнина Эллада (Марс), Северная равнина, равнина Жары (Меркурий). Нарушая установившийся принцип, термин *Planitia* (равнина) дублирует традиционный латинский термин *Mare* (море): Море Жары (Меркурий), Море Аргиры, Море Эллада (Марс). Отказ от традиционного термина *Mare* (море) до сих пор не получил удовлетворительного объяснения.

Большие кольцевые бассейны на всех менее развитых планетах — Луне, Меркурии и Марсе, по-видимому, имеют одинаковое происхождение. С другой стороны, были сохранены такие наименования на Марсе, как Северное море, Южное море, Море Ацидалии. Не является ли создание таких новых, нарушающих установившиеся традиции и непоследовательных планетологических терминов преждевременным?

Нельзя признать удачным и то, что такие типичные кальдеро-вулканы Марса, как Олимп, Арский, Павлиний, Аскрейский и Елисейский, обозначаются просто термином гора (*Olympus Mons, Arsia Mons, Pavo-nis Mons, Aescraeus Mons, Elysium Mons*).

### III

Хорошо известно, что наша современная система геологических терминов возникла на основе изучения планеты, геологическое развитие которой является наиболее сложным и достигло наиболее высокой ступени. По сравнению с другими планетами, особенно с минимальной массой, Земля — совсем нетипичный «образец». История, состав и строение ее литосферы резко отличны от литосфер других, более примитивных планет. Поэтому при механическом перенесении нашей земной терминологической системы на те планеты, которые достигли только

низших ступеней планетологического развития, могут возникнуть серьезные трудности. Напомним, что истинная геологическая природа некоторых лунных и марсианских образований все еще не выявлена или выявлена с недостаточной ясностью.

По уровню своего развития Марс находится на более высокой стадии, чем Луна или Меркурий, поэтому на нем мы наблюдаем и такие образования, которые не могли возникнуть на Луне и Меркурии. С другой стороны, мы знаем, что некоторые из лунных форм рельефа встречаются также на Меркурии и Марсе. Таким образом, существуют некоторые общие процессы, формирующие рельеф поверхностей планет по крайней мере на ранних стадиях их развития. Следовательно, терминологическая система Луны (по крайней мере, в какой-то степени) может быть распространена на Меркурий и частично на Марс. С этой точки зрения, дальнейшее углубление и развитие сравнительной селенологии становится настоящей задачей, необходимой также для улучшения существующей системы планетографических и планетологических наименований на Марсе и Меркурии.

Настоящий Каталог аэрографических и гермесографических названий составлен на латинском и русском языках и содержит наименования 1250 объектов — альбедных образований и форм рельефа на Марсе и Меркурии.

К. Бенеш,

Председатель Комиссии IAU  
по планетологической  
терминологии

КАТАЛОГ  
АРЕОГРАФИЧЕСКИХ НАЗВАНИЙ

Г.Н. Каттерфельд

C A T A L O G U E  
of  
ARBOGRAPHICAL NAMES

Введение

Настоящий каталог содержит 1034 ареографических названия, их русский перевод и краткие пояснительные замечания к ним. Он состоит из трех указателей:

I. Полного перечня названий деталей альbedo поверхности Марса на картах Дж. Скиапарелли (1878 - 1899), П. Лоуэлла (1894 - 1912), Р. Трамплера (1927) и Е. Антониади (1930), включая более поздние добавления, сделанные Международным Астрономическим Союзом (МАС) в 1952 и 1958 гг. (карта Г. де Моттони, 1958).

II. Перечня названий листов топографического Атласа Марса, составленного Геологической Службой США (1975-1976).

III. Перечня 360 наименований форм рельефа Марса, одобренных XV Генеральной Ассамблеей МАС в Сиднее (Австралия), 1973 и дополненных на XVI Генеральной Ассамблее МАС в Гренобле (Франция), 1976.

Указатель I, являющийся первым в русской ареографической литературе, был составлен автором в 1952 г. по заданию Комиссии по физике планет при Астросовете Академии Наук СССР, под редакцией Г.А. Тихова и Н.П. Барабашова. С тех пор он неоднократно использовался, в частности на картах Марса с русскими ареографическими названиями, опубликованных в Сборнике «Астрогеология», Л., 1962, в журнале «Природа» № 8, М., 1965, и во многих других статьях и изданиях\*.

При составлении Указателя были использованы и сравнены между собой все ареографические карты Скиапарелли, Лоуэлла, Трамплера и Антониади. В тех случаях, когда один и тот же объект на картах этих исследователей назывался по-разному, предпочтение отдавалось более раннему наименованию. В третьей колонке Указателя кроме происхождения терминов указаны также и их современные географические синонимы. В основном эти названия являются латинскими, однако, некоторые из них имеют иноязычное происхождение: греческое, египетское, литовское, еврейское и даже кельтское. При их переводе на русский язык мы старались придерживаться тех написаний этих терминов, которые уже установились в русской переводной классической литературе.

Благодаря своей полноте, этот Указатель может и в дальнейшем послужить своеобразным "банком" для выбора новых наименований форм рельефа и структур Марса.

К классическим названиям деталей альбедо Марса позднее были добавлены два новых: **С и н а й** (область, названная так из-за ее близости к Эритрейскому морю) и **С и р и я** (ранее безымянная область к востоку от Озера Феникса). Эти наименования были предложены специальной номенклатурной Подкомиссией I6 а, созданной в 1952 г. МАС'ом, и одобрены на Генеральной Ассамблее МАС в Москве в 1958. На ней была принята система 128 основных марсианских обозначений, отобранных номенклатурной Подкомиссией из 558 наименований, имеющих на карте Е. М. Антониади (1930). Объекты были выбраны таким образом, чтобы они обладали наибольшим постоянством и были приблизительно равномерно разбросаны по поверхности Марса. В настоящем Указателе эти опорные ареографические объекты выделены **жирным шрифтом**. Недостатком этого Перечня МАС является отсутствие в нем некоторых достаточно заметных постоянных деталей альбедо и замена классического названия **А г а ф о д е м о н** — крупнейшего кратера Марса — на Копрат.

После съотосъемок Марса с «Маринера 4» (1964), «Маринеров 6 и 7» (1969) и «Маринера 9» (ноябрь 1971 – октябрь 1972), рабочая группа МАС'а по марсианской номенклатуре предложила перечень названий для кратеров и других форм рельефа на Марсе. Первые пять из них – Колумб (166° з.д., 29° в.ш.), Эйриксон (174° з.д., 19° в.ш.), Магеллан (169° з.д., 31° в.ш.), Маринер (164° з.д., 34° в.ш.) и Нансен (141° з.д., 50° в.ш.) – были предложены вскоре после полета «Маринера 4» и одобрены МАС'ом в 1967 г. Все остальные названия форм рельефа, приводимые в Указателе III, были приняты МАС'ом в 1973 г. в Сиднее и в 1976 г. в Гренобле.

К настоящему времени поименовано около 200 кратеров и цирков с диаметром > 100 км. Большинство из них названо в честь умерших астрономов – исследователей Марса; другие получили имена геологов, телескопостроителей, пионеров ракетной техники, биологов; писателей.

Кроме кратеров, на Марсе выделены и обозначены 17 различных классов форм рельефа его поверхности. В 15 из них формы рельефа получили свои названия от классических деталей альбедо Скиапарелли – Антониади. Обычно второе слово названия характеризует класс образования, например, Елисейская равнина, гора Олимп, Тирренская патера. Однако для одного класса образований – долин – сделано отступление: они именуются преимущественно названиями Марса (бога и планеты) в различных языках. Долины Маринера – новейшее название для канала Агафодемон, было выбрано в честь полета «Маринера 9».

Все эти «послемаринеровские» ареографические наименования приведены в Указателях II и III.

Весь Каталог в целом сверен с новейшим «Латинско-Русским Словарем» И.Х.Дворецкого (2-ое изд., 1976). В соответствии с ним, в русское написание некоторых наименований, приведенных в «Указателе ареографических названий» 1952 г, и на карте Марса 1965 г., внесены небольшие изменения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. G.Schiaparelli (1878 - 1889). Osservazioni astronomiche e fisiche sull'asse di rotatione e sulla topografia del pianeta Marte. - Atti della Accademia dei Lincei, Memorie d. classe di scienze fisiche, 6 volumes, Roma.
2. G.V.Schiaparelli (1893). «Il Pianeta Marte», Milano.
3. Дж.Скиапарелли (1899). «Планета Марс», СПб.
4. «Annals of the Lowell Observatory», vols I, II, III. Flagstaff, Arizona, 1894 - 1903.
5. P.Lowell (1906). «Mars and its Canals», New York.
6. P.Lowell (1910). «Mars as Abode of Life», New York.  
Русск.изд.: П.Ловелл. «Марс и жизнь на нем». Изд-во Mathesis, Одесса, 1912.
7. R.Trumpler (1927). Observations of Mars at the opposition of 1924. - Lick Observatory Bull., vol.13, No 387.
8. E.M.Antoniadi (1930). «La Planète Mars, 1659-1929». Hermann et C<sup>ie</sup>, Paris. 239 pp., avec 150 figs. + 10 planch.
9. Г.Н.Каттерфельд (1952). «Указатель 670 географических названий». Препринт ЛГУ, Л.
10. Г.Н.Каттерфельд (1962). Карта Марса. В статье «К проблеме образования морфологического лика планет типа Земли». - Геогр.Сб. XV «Астрогеология», стр.126/127. Изд.АН СССР, М.- Л.
11. Г.Н.Каттерфельд (1965). Географическая карта. Приложение к статье «Вулканическая активность на Марсе». Природа № 8, стр.108/109. Изд.АН СССР, М.
12. Д.Я.Мартынов (1974). Что есть что на Марсе. - Земля и Вселенная, № 3, стр.21-27. М.
13. «Atlas of Mars. 1 : 25 000 000 and 1 : 5 000 000 Topographic Series». U.S.Geological Survey, 1975-1976.
14. G. de Vaucouleurs et al. (1975). The new martian nomenclature of the International Astronomical Union. - Icarus, vol.26, No 1, pp.85-98.
15. «Transactions of the International Astronomical Union», vol. XVI B. «Proceedings of the XVith General Assembly, Grenoble, 1976 », pp.321 - 369. D.Reidel Publ. C°, Dordrecht, 1977.

\* ) К сожалению, при подготовке типографского макета карты Марса, напечатанной в «Природе» № 8/1965, стр.108/109, на нем отскочили некоторые буквы, что осталось незамеченным последующими заимствователями и перешло во все последующие издания, в частности, в перечень Д.Я.Мартынова (1974).

I  
УКАЗАТЕЛЬ  
674 НАЗВАНИЙ

деталей альbedo поверхности Марса

Название		Примечания
латинское /1 - 8/	русское /9 - 11/	
<u>REGIO</u>	<u>ОБЛАСТЬ</u>	
Aeria	Эрия	
Aetheria	Эфирия	
Amazonis	Амазония	
Aonius Sinus	Аонийский залив	
Arabia	Аравия	
Arcadia	Аркадия	
Argyre	Аргира	от греч. «argyros» - - серебряная
Aromatum Promontorium	Мыс Ароматов	
Atlantis	Атлантида	
Aurorae Sinus	Залив Авроры	
Ausonia	Авзония	поэт. = Италия
Baltia	Балтия	от литовского слова «baltas» - белая
Candor	Кандор	
Cebrenia	Кебрения	
Cecropia	Кекропия	
Chalce	Халке	греч. «медно-красная»
Chersonesus	Херсонес	
Chryse	Хриса	

19	Chrysokeras	Хрисокер	
20	Claritas	Страна Ясности	
21	Cyclopa	Циклопия	
22	Cydonia	Кидония	
23	Deltoton Sinus	Дельтотонский залив	
24	Deucalionis Regio	Страна Девкалиона	Девкалион - сын Прометея
25	Diacria	Диакрия	
26	Dioscuria	Диоскурия	
27	Dire	Дира	
28	Edom	Идумея	«Edom» - в переводе с еврейского Красный - прозвище Исава, брата Иакова
29	Edom Promontorium	Идумейский мыс	
30	Electris	Электрия	
31	Elysium	Елисейское плато, плато Элизium	
32	Eridania	Эридания	
33	Fastigium Aryn	Аринский Склон	
34	Hammonis Cornu	Аммонов Рог	Аммон - египетское божество
35	Hellas	Эллада	
36	Hellespontica Depressio	Геллеспонтская депрессия	
37	Hellespontus	Геллеспонт	ныне Дарданеллы
38	Hesperia	Гесперия	Западная страна = Испания
39	Icaria	Икария	
40	Isidis Regio	Страна Изиды	
41	Japygia	Япигия	= южная Апулия (т.е. Калабрия до Саллентинского мыса)
42	Lemuria	Лемурия	

43	Libia	Ливия	
44	Lunae Pons	Лунный мост	
45	Mare Acidalium	Море Ацидалии	Ацидалия = Афродита
46	Mare Australe	Южное море	
47	Mare Boreum	Северное море	
48	Mare Chronium	Хроносское море	
49	Mare Cimmerium	Киммерийское море	
50	Mare Erythraeum	Эритрейское море	= Красное море
51	Mare Hadriaticum	Адриатическое море	
52	Mare Icarium	Икарово море	Икар - сын Дедала
53	Mare Serpentis	Змеиное море	
54	Mare Sirenum	Море Сирен	
55	Mare Tyrrhanum	Тирренское море	
56	Margaritifer Sinus	Жемчужный залив	
57	Memnonia	Мемнония	Восточная страна = Эфиопия. Мемнон - сын Тифона и Авроры, царь эфиопский.
58	Meridiani Sinus	Залив Меридиана	Древнеэфиопская область на Ниле (считавшаяся у древних островом)
59	Meroe	Мероэ	
60	Moab	Моаб	
61	Neith Regio	Страна Нейт	название, предложенное Антониади для северной части Страны Изиды
62	Nerigos	Неригос	
63	Noachis	Новахида	
64	Novissima Thule	Фула Крайняя	
65	Oenotria	Энотрия	древнее название юго-восточной части Италии (Бруттий и Лукания)
66	Ogygis Regio	Страна Огигеса	Огигес - царь и строитель древних Фив в Египте
67	Olympus (Nix Olympica)	Олимп (Олимпийские снега)	
68	Ophir	Офир	

69	Panchaia	Панхайя	
70	Phaetontis	Фазтония	
71	Pharos	Фарос	
72	Phlegra	Флегра	
73	Phruxi Regio	Страна Фрикса	
74	Promethei Sinus	Залив Прометея	
75	Protei Regio	Страна Протея	
76	Pyrrhae Regio	Страна Пирры	Пирра - супруга Девкалиона
77	Sabaens Sinus	Савский залив	= Аравийский залив
78	Scandia	Скандия	
79	Sinai	Синай	
80	Sinus Homeri	Залив Гомера	
81	Socratis Pons	Мост Сократа	
82	Solis Pons	Солнечный мост	
83	Stellarium Pons	Звездный мост	
84	Syria	Сирия	
85	Syrtis Major	Большой Сирт	отмель на море у Киренаики, ныне Сидра
86	Syrtis Minor	Малый Сирт	отмель на море у Бизакены, ныне Габес
87	Tempe	Темпе	долина в Фессалии, между Олимпом и Оссой, орошаемая рекой Пенеом
88	Tharsis	Фарсида	
89	Thaumasia	Тавмантия	Страна Тавманта, сына Океана и Геи
90	Thyle	Фула	островная страна на крайнем севере Европы, не вполне известная древним (Исландия?)
91	Thyle II	Фула II	
92	Thymiamata	Страна Фимамов	
93	Tractus Albus	Белый тракт	
94	Trinacria	Тринакрия	греч. «Трехконечная», древнее название Сицилии
95	Uchronia	Ухрония	
96	Umbra	Умбра	

97	Utopia	Утопия	
98	Vulcani Pelagus	Море Вулкана	греч. «пелагус» - море
99	Xanthe	Ксанта	
100	Xisuthri	Ксисутри	
101	Yaonis Regio	Страна Яо	Яо - китайский император в III тысячелетии до н.э., основатель «Страны Благоденствия»
102	Zephyria	Зефирия	
<b>II «CANALIS (CANALES)» «КАНАЛ(Н)»</b>			
1	Abas *	Абант	дед Персея и Данаи, царь Аргоса
2	Acalandrus *	Акаландр	
3	Acampsis	Акампис	
4	Aces	Ацес	
5	Acesines *	Ацесин	река в Индии
6	Achana	Ахана	
7	Achates *	Ахат	друг Энея; река в Сицилии
8	Achelous	Ахелой	пограничная река между Этолией и Акарнанией
9	Acheron	Ахерон	река в подземном царстве
10	Acis *	Ацис	возлюбленный Галатеи; река в Сицилии
11	Adamas	Алмаз	греч.
12	Adrus	Адрий	
13	Aegyptus	Египт	мифич. царь Египта
14	Aeolis *	Эолида	дочь Эола
15	Aerium	Аэрий	
16	Aeropa	Аэропа	мать Агамемнона и Менелая
17	Aesacus	Эсак	сын Приама
18	Aesis	Эзис	река в Умбрии
19	Aethiops	Эфиоп	

\* Звездочкой помечены «каналы» и «оазисы», находящиеся в темных областях.

20	Agathodaemon * (since 1958 - Coprates)	Агафодемон (после 1958 - Копрат)	«Добрый Гений»
21	Alander	Аландер	
22	Alcyonius	Алкионский	= зимородковый
23	Alex *	Алекс	
24	Alpheus	Алфей	главная река в Пелопоннесе
25	Amazonium	Амазонка	
26	Ambrosia	Амбровия	
27	Amenthes	Аментес	подземный мир древних египтян
28	Amphrysus *	Амфрис	река в Фессалии, на берегах которой Аполлон пас стада царя Адмета
29	Amymone	Амимона	
30	Amystis	Амист	
31	Anapus	Анап, Анапо	река в Сицилии, к югу от Сиракуз
32	Anas *	Ана	река в Испании, ныне Гвадиана
33	Anelon	Анелон	
34	Antaeus	Антея	
35	Anubis	Анубис	египетский бог подземного цар- ства
36	Anyder	Андер	
37	Aonium	Аонийский	= бестийский
38	Apis	Апис	священный бык в древнем Египте
39	Arabice	Арабика	
40	Araxes	Аракс	река в Армении
41	Argaeus	Аргосский	
42	Argus	Аргус	поэт. = Греческий стоглазый страж Ио, дочери аргос- ского царя Инаха
43	Arion	Арион	
44	Arnon	Армон	
45	Arcoeris	Арэрис	
46	Arosis	Арозис	
47	Arsanias	Арсаний	
48	Artanes	Артея	

49	Asopus	Асоп	речной бог в Древней Греции
50	Astaboras	Астабор	
51	Astapus	Астап	
52	Astusapes	Астусап	
53	Atax	Атак	река в Галлии
54	Athesis *	Атезис	
55	Athra *	Афра	
56	Atlantium *	Атлантический	
57	Aurum	Золотой	
58	Ausonium *	Авзонский	поэт. = Итальянский
59	Avernalis	Авернский	
60	Avernus	Аверн	
61	Avus	Авус	лат. «дед»
62	Axius	Аксий	река в Македонии, ныне Вардар
63	Axon	Аксон	река в Бельгии
64	Bactrus	Бактр	река в Бактриане
65	Baetis	Бетида	ныне Гвадалquivир
66	Bathyras *	Батир	
67	Bathys	Батис	
68	Bautis	Бавтида	
69	Belus	Бел	легендарный основатель Вавилона; река в Финикии
70	Bombus *	Бомбус	греч. «Гудящий»
71	Boreas	Борей	
72	Boreosyrtis	<b>Бореосирт</b>	Северный Сирт
73	Borysthenes *	Борисфен	ныне Днепр
74	Braca *	Брака	
75	Brontes	Бронт	один из циклопов на службе у Вулкана
76	Cadmus	Кадм	мифич. изобретатель греческого алфавита

77	Caicus	Кайк	ныне р. Ак-су (Белая вода)
78	Cales	Кале	ныне пролив Па-де-Кале
79	Callirhoe	Каллироя	дочь Ахелоя; источник к югу от Акрополя
80	Calor	Калор	река в Самнии, приток Вултурна
81	Cambyses	Камбиз	отец и сын Кира Старшего
82	Cantabras	Кантабр	в северной Испании
83	Cappadox *	Каппадокийский	в Каппадокии, области на ю.-в. Малой Азии по реке Мелас
84	Carpis *	Карпия	в Испании
85	Casius	<b>Касий</b>	
86	Casuentus *	Касуэнт	
87	Catarrhactes	Катарракт	
88	Cathraps	Кафрапс	
89	Cayster	Кайстр	река в Лидии, ныне Кучук Мендерез
90	Cebren	Кебрен	река и бог этой реки в Троаде, отец Гесперии
91	cenion	Ценион	
92	Centrites *	Центрит	
93	Cephissus	Кефисс	речное божество, отец Нарцисса
94	Ceraunius	<b>Керавнский</b>	греч. «керавнос» - удар грома
95	Cerberus	<b>Цербер</b>	
96	Cestrus *	Кестр	греч.: игла для гравировки
97	Chaboras	Хабор	
98	Chaos	Хаос	
99	Chlorus *	Хлор	
100	Chretes	Хрет	
101	Chronium	Хроносский	
102	Chrysas	Хриса(ра)	река в Сицилии, ныне Асарс
103	Chrysaorrhoas	Хрисаорей	
104	Cinyphus	Киниф	река на северном побережье Африки между обоими Сиртами

105	Cison	Кисон	
106	Clarius	Кларосский	прозвище Аполлона
107	Clitumnus	Клитумн	река в южной Умбрии
108	Clodianus	Клодиан	
109	Cocytus *	Кокит	греч. «Стонущий», «Войущий» мифическая река в подземном царстве, приток Стикса или Ахерона
110	Coeus	Кей	титан, отец Латоны
111	Cophen	Кофен	
112	Coprates	Копрат	ныне река Аб-и-Дид
113	Corax	Коракс	полит. деятель, родом из Сиракуз
114	Corys	Корис	
115	Crathis *	Кратид	река в Италии на границе Бруттия и Лукании
116	Cyane	Кяна	сицил. нимфа, превращенная в источник
117	Cyaneus *	Кянский	
118	Cyclops	Циклоп	
119	Cydon	Кидон	
120	Cydonium	Кидонский	поэт. = Критский
121	Cyrus *	Кир	
122	Daemon *	Демон	
123	Daix	Дайкс	
124	Daphnon *	Дафнон	лат.: Лавровая роща
125	Daradax	Дарадакс	
126	Dardanus	Дардан	сын Юпитера и Электры, родоначальник троянских царей
127	Dargamanes *	Даргаман	
128	Deucalion *	Девкалион	сын Прометея, супруг Пирры
129	Deuteronilus	Девтеронил	Второй Нил
130	Deuteronilus II	Девтеронил II	
131	Diagon *	Диагон	

132	Digentia *	Дигенция	ручей в Сабинской земле (Италия), ныне Личенца
133	Dis	Дит	= Плутон. Бог ночи у кельтов
134	Djihoun	Джихоун	
135	Dosaron *	Досарон	
136	Draco	Дракон	
137	Drahonus	Драхонос	
138	Drilon	Дрилон	
139	Dyras *	Дир	
140	Electrium	Электрий	
141	Elison	Элисон	
142	Enipeus	Энипей	речка в Македонии
143	Eosphorus	Зосфор	
144	Erannochoas *	Эраннобой	
145	Erebus	Эребус	
146	Erigone *	Эригона	дочь Икария, перемещенная Вакхом на небо, как созвездие Девы
147	Erynaeus	Эриней, Эринейский	
148	Erymanthus *	Эриманф	река в Аркадии, приток Алфея
149	Erynnis	Эринния	
150	Euleus	Еулей, Эвлейский	
151	Eumenides	Эвмениды	
152	Eunostos	Эвност	
153	Euphrates	Евфрат	
154	Eurotas	Эврот	главная река в Лаконии (Греция)
155	Eurymedon *	Эвримедон	река в Памфилии
156	Euryrus	Эврип	
157	Evenus	Эвен	река в Этолии

I  
УКАЗАТЕЛЬ  
674 НАЗВАНИЙ  
деталей альбедо поверхности Марса

№	Название		Примечания
	латинское /1 - 8/	русское /9 - 11/	
I	<u>REGIO</u>	<u>ОБЛАСТЬ</u>	
1	Aeria	Эрия	
2	Aetheria	Эфирия	
3	Amazonis	Амазония	
4	Aonius Sinus	Аонийский залив	
5	Arabia	Аравия	
6	Arcadia	Аркадия	
7	Argyre	Аргири	от греч. «argyros» - - серебряная
8	Aromatum Promontorium	Мыс Ароматов	
9	Atlantis	Атлантида	
10	Aurorae Sinus	Залив Авроры	
11	Ausonia	Авзония	поэт. = Италия
12	Baltia	Балтия	от литовского слова «baltas» - белая
13	Candor	Кандор	
14	Cebrenia	Кебрения	
15	Cecropia	Кекропия	
16	Chalce	Халке	греч. «медно-красная»
17	Chersonesus	Херсонес	
18	Chryse	Хриса	

185	Harpasus	Гарпас	река в Кари
186	Hebe	Геба	дочь Зпитера и Юноны, супруга Геракла
187	Hedvphon	Гедифон	
188	Helicon	Геликон	горная цепь в южной Беотии
189	Helicon II	Геликон II	
190	Helisson *	Гелиссон	
191	Helorus	Гелор	река в ю.-в. Сицилии
192	Hephaestus	Гефест	
193	Heraclium	Гераклейский	
194	Heratemis *	Гератемида	
195	Hercules *	Геркулес	
196	Herculis Columnae	Геркулесовы столбы	мысы Абиле и Кальпе, ныне Цеут и Гибрал- тар; Гибралтарский пролив
197	Hiddekel	Хиддекель	ныне Тигр
198	Hippalus	Гиппал	
199	Hipparis *	Гиппарис	
200	Hippus *	Гипп	
201	Hyblaesus	Хиблейский	Хибла - гора в Сицилии
202	Hystanis *	Гиктан	
203	Hydaspes	Гидасп	река в Индии, приток Апесина
204	Hydraotes	Гидраот	
205	Hydriacus *	Гидрияк	
206	Hylias *	Гилас	
207	Hyllus	Хилл	сын Геракла
208	Hyranis *	Гипанис	река в евр. Сарма- тии, ныне Буг
209	Hyranis N.*	Гипанис С.	
210	Hyrhasis (Hyrhasis)	Гифаз (Гипас)	самый восточный из левых притоков Инда в Пенджабе; крайний пункт, до которого дошел Александр Ма- кедонский
211	Hyrzas	Ипс	

212	Hurgis *	Иргиз	
213	Huscus	Хиск	
214	Ich	Их	
215	Idalius	Идалийский	Идалий – горная цепь в вост. части Кипра
216	Ilissus	Илисс	
217	Indus	Инд	река в Индостане
218	Ion *	Ион	мифич. царь Афин и родо-начальник конийцев
219	Iris	Ирида	дочь Электры и Тавманта, богиня радуги
220	Is	Ида	
221	Isiacum	Исиак	креп. Изида
222	Isis	Изида	
223	Issedon	Исседон	
224	Jala	Яла	
225	Jamuna	Джамна	
226	Japhux	Яфукс	
227	Japis	Япис	= Япиг, основатель Япигии
228	Jaxartes	Яксарт	
229	Jobares	Йобар	
230	Joman	Йоман	
231	Kanah	Канах	
232	Kison	Кизон	
233	Kison B.	Кизон В.	
234	Kison W.	Кизон З.	
235	Krith	Крит	
236	Labotas	Лабот	
237	Laestrygon	Лестригон	
238	Lamus	Лам	мифич. царь лестригонов

239	Lapadon	Лападон	
240	Laus *	Лауд	
241	Leontes *	Леонт	в Сицилии
242	Lethes	Лета	подземная река забвения
243	Lez *	Лез	в мире усопших
244	Libycum	Ливийский	
245	Limyrus	Лимир	в Ликии
246	Liris	Лирис	река в Лациуме, ныне Гарильяно
247	Lophis	Лофира	
248	Lycus	Лик	1) река в Пафлагонии; 2) река в Великой Фригии
249	Lyncestius	Линкестий	
250	Maeander	Меандр	фригийский Лик впадает в Меандр
251	Maesolus	Месол	
252	Magnes	Магнесийский	Магнесия - область на Фессалийском побережье Эгейского моря
253	Magon *	Магон	карфагенское имя
254	Mais	Маис	
255	Malva *	Мальва	
256	Margaritum *	Жемчужный	
257	Marg	Марг	
258	Marsyas	Марсий	река, впадающая в Меандр
259	Mascas	Маскат	
260	Medus	Мед	левый приток Аракса
261	Medusa	Медуза	мать Пегаса
262	Meles *	Мелет	речка близ Смирны, на бе- регах которой, по предан- ию, родился и вырос Гомер
263	Memnonium	Мемнонский	поэт. = Восточный
264	Mitys	Мит	
265	Mogrus *	Могрус	

266	Muthul	Мутул	река в Нумидии
267	Nar	Нар	левый приток Тибра, ныне Нера
268	Nasamon	Назамон	назамоны - племя, жившее в Большом Сирте
269	Nectar	Нектар	
270	Neda	Неда	
271	Nepenthes	Непентес	
272	Nereides	Нереиды	
273	Nereidum Fretum	Пролив Нерейд	
274	Nesis	Несида	
275	Nestus *	Нест	река в зап. Фракии
276	Neudrus *	Невдрусский	
277	Nicer	Никер	правый приток Рейна, ныне Неккар
278	Nilokeras I	Нилокер I	
279	Nilokeras II	Нилокер II	
280	Nilosyrteis	Нилесирт	Нильский Сирт
281	Nilotis	Нильская	
282	Nilus	Нил	
283	Noes	Ной	
284	Northern Avernus	Северный Аверн	
285	Nuchul	Нухул	
286	nuis	Нуи	
287	Nus	Нус	
288	Nymphaeus	Нимфейский	Нимфей - мыс и гавань Иллирии на границе с Македонией
289	Oanus	Оан	
290	Oaxes	Оакс	
291	Oceanus *	Океан	
292	Ochus	Ох	река в Бактрии (Средняя Азия), ныне Теджен

293	Ollius	Оллий	
294	Opharus *	Оффар	
295	Ophis	Офис	
296	Orcus	Орк	царство Плутона.
297	Orontes	Оронт	главная река западной Сирии, арабское название: Нахр-аль-Аси
298	Orosines *	Оросинес	
299	Oxus	Окс	ныне Аму-Дарья
300	Pactolus	Пактол	золотоносная река в Лидии, ныне Сзработ
301	Padargus *	Падарг	
302	Palamnus	Палами	
303	Pallacopas	Паллакоп	
304	Pallene	Паллена	зап. полуостров Халкидики
305	Pandorae Fretum	Прелив Пандоры	
306	Parcae	Парки	Клото, Лахезида, Атропа
307	Peneus	Пеней	главная река Фессалии, текущая по долине Темпе
308	Permessus	Пермесс	
309	Perseus	Персей	
310	Pharpar	Фарпар	
311	Phasis	Фасида	река в Колхиде, ныне Риони
312	Phison	Физон	
313	Phlegethon	Флегетон	греч. «Горящий», огненный поток в подземном царстве
314	Phoenix	Феникс	река в Фессалии
315	Phryxus	Фрикс	
316	Phthuth	Фтут	
317	Pierius	Пиерийский	Пиер - отец девяти муз
318	Pingus	Пинг	
319	Plavis	Плавис	

320	Plutus	Плут	бог богатства
321	Polyphemus	Полифем	
322	Prion	Прион	
323	Protonilus	Протенил	
324	Psyllis	Псиллида, Псиллийский	
325	Psychrus	Психр	
326	Pyramus	Пирам	река в восточной Киликии
327	Pyriphlegethon	Пирифлегетон	«Огненный поток»
328	Pyrrhides	Пирриды	
329	Python	Пифон	Париасский дракон
330	Pyxites	Пиксит	
331	Rha	Ра	
332	Rhesus	Рес	царь Фракии
333	Rhizon	Ризон	город в Иллирии, ныне Рисано
334	Rhognis	Рогония	
335	Rhombites	Ромбит	
336	Rhubon	Рубон	
337	Rhydanus	Ридан	
338	Rhynchus *	Ринч	
339	Rhysius	Рнсий	
340	Rumon	Румон	
341	Sabinum	Сабинский	
342	Sados	Сад	
343	Saocoras	Саокор	
344	Sars *	Сарт	
345	Saurus	Саур	
346	Scamander	Скамандр	река в Троаде, впадающая в Гел- леспонт у Сигея

347	Scylax	Скилакс	
348	Sesamus	Сезам	
349	Simois	Симоис	1) приток Скамандра; 2) река в Эпире
350	Sirenius	Сирений	
351	Sirius	Сириус	
352	Sitacus	Ситак	
353	Sonus	Сон	
354	Steropes	Стероп	один из циклопов
355	Styx	Стикс	1) река в подземном царстве; 2) ледяная и ядовитая речка в северной Аркадии
356	Subus	Суб	
357	Sybaris *	Сибарис, Сибарит	1) река в Лукании; 2) мужское имя
358	Symaethus *	Симет	река на востоке Сицилии
359	Syrgis	Сырг	
360	Tacazze *	Таказце	река в Абиссинии
361	Talicus	Талик	
362	Tamyr	Тамир	
363	Tanager *	Танагр	река в Лукании
364	Tanais *	Танаис	река в Сарматии, ныне Дон
365	Taphros	Тафрос	
366	Tartareum	Тартарийский, Подземный	
367	Tartarus	Тартар	подземное царство
368	Tedanius *	Теданий	
369	Teren	Терен	
370	Tetis	Тетис	богиня моря, супруга Океана
371	Thaumantis	Тавмантида	т.е. дочь Тавманта = Ирида.
372	Thermodon	Термодонт	река в Понте, впадающая в Черное море

373	Thestor	Тестор	отец прорицателя Калханта
374	Thoth	Тот	египетский бог, соотв. римскому Меркурию.
375	Thyamis	Тиамидя	река в Эпире
376	Tifernus	Тиферн	река и гора в Самнии
377	Titan	Титан	
378	Tithonius	Тифонский	Тифон - отец Мемнона, супруг Эос (Авроры)
379	Tonsus *	Тонс	буквально: Подстриженный, Подрезанный
380	Trais	Трайс	
381	Triton	Тритон	
382	Tyndis	Тиндия	
383	Typhon	Тифон	брат Приама, отец Мемнона, супруг Авроры
384	Udon	Удон	
385	Ufens	Уфент	небольшая река в Помптинских болотах Лапиума
386	Ultis	Ульт	буквально: Потусторонний
387	Ulysses	Улисс	латинское имя Одиссея
388	Uranus	Ураний	= Небесный
389	Veseris	Везерис	река в Кампании, протекающая у подножия Везувия
390	Vexillum	Вексилл	
391	Vitis	Вития	
392	Xanthus	Ксант	1) река в Ликии, вытекающая с Тавра, ныне Есселида; 2) речка в Эпире; 3) греч. «Золотисто-желтый», эпитет Скамандра в Троаде.
393	Xenius	Ксений	буквально: дар гостю, подарок, подношение
394	Zygatis	Зигатия	

III «OASIS (OASES)»	«ОАЗИС(Ы)»	
1 Acadinus Fons *	Акадинузский источник	
2 Acherusia Palus	Ахерузия, болото	болото, через которое течет Ахерон
3 Acidalius Lacus	Ацидалийское озеро	
4 Actaei Lacus	Актейское озеро	Акта - древнее название Аттики
5 Acube	Акуба	
6 Aenarium Lacus	Энерийское озеро	Энария - остров в Неаполитанском заливе, ныне Иския
7 Aethiopsis lacus	Эфиопское озеро	
8 Aganippe Fons	Аганиппа, источник	источник Муз в Беотии
9 Alcyonia	Алкиония	
10 Altis	Альтия	
11 Alyssus *	Алисс	
12 Amaurot	Амаврот	
13 Ambrosiae Lacus *	Озеро Амброзии	
14 Ammonium	Аммоний	
15 Angitiae	Озеро Ангитии	сестра Медеи, богиня колдовства и врачевания у марсов и маррубиев
16 Anonum Fons	Анонский источник	
17 Aponi Fons	Апонский источник	Апон - целебный источник близ Падуи
18 Aquae Apollinares	Аполлоновы ключи	
19 Aquae Calidae *	Калидовы ключи	буквально: <b>Теплые ключи</b>
20 Arachoti Fons	Арахотский источник	Арахосия - область в вост.Персии
21 Arduenna	Ардуенна	горный хребет и лес в Галлии, ныне Арденны
22 Arethusa Fons	Аретуса, источник	источник на о-ве Ортигия (Сиракузы)
23 Arethusa Lacus	Озеро Аретуса	Аретуса - имя одной из нимф
24 Aricia Lacus	Озеро Ариция	нимфа, супруга Ипполита

25	Aridus Lacus *	Сухое озеро	
26	Arsenius Lacus	Озеро Арсения	
27	Arsia Silva	Арсия Сильва, Арский лес	2) Арсийский лес
28	Arsinoe	Арсиноя	
29	Artacie	Артакия	источник в стране лестригонов
30	Ascraeus Lacus	Аскрейское озеро	Аскра - деревня в Беотии у подножия Геликона, родина Гезиода
31	Aspledon Lacus*	Озеро Аспледон	
32	Astrae Lacus	Астрейское озеро	Астрей - дочь Фемиды и Юпитера, богиня справедливости
33	Asturum Lacus	Астурийское озеро	
34	Augila	Авгила	
35	Auri Lacus *	Золотое озеро	
36	Aurorae Lacus *	Озеро Авроры	
37	Bandusiae Fons	Источник Бандузии	в Апулии
38	Bathys Lacus *	Озеро Батис	
39	Benacus Lacus	Бенакское озеро	
40	Biblis Fons	Библейский источник	другое написание: Vublis = Библида
41	Bolbe	Больша	
42	Botrodis	Ботрод	
43	Byca	Бика	
44	Caralis Fons	Каральский источник	Каралы - мыс и город на юге Сардинии, ныне Кальари
45	Cassotis Fons	Кассотийский источник	
46	Castalia	Касталия, источник	у подошвы Парнаса
47	Castorius Lacus	Озеро Кастора	2) греч.: Бобровое озеро
48	Casuentus Lacus*	Озеро Касуэнт	
49	Ceraunius	Красноватый	греч.: другое название: Аскрейское озеро (см. выше)
50	Charontis Lacus	Озеро Харона	

51	Cimmerius Lacus *	Киммерийское озеро	киммерийцы - народ, живший на берегах Мэотийского болота (Азовского моря) и в Херсонесе Таврическом (Крым)
52	Cithaeron	Киферон	лесистый горный хребет, служащий естественной границей Беотии и Аттики
53	Clepsydra Fons	Клепсидра, источник	
54	Coloe Palus	Колойское болото	2) Болото Коло
55	Copais Palus *	Копайское болото	в Беотии
56	Craneum	Кранейский	
57	Cyane Fons	Киана, источник	источник у Сиракуз. Киана - сицилийская нимфа, подруга Прозерпины, превратившаяся в источник с горя от похищения Прозерпины
58	Cyclopum Lacus *	Озеро Циклопов	
59	Cydonis Lacus	Кидонское озеро	= Критское
60	Cynia Lacus *	Озеро Киния	
61	Daphne *	Дафна	
62	Dirce Fons	Дирка, источник	= Фивский источник. Дирка, супруга фивского царя Лика, была превращена в источник
63	Eleon	Элеон	
64	Endor *	Эндор	
65	Engeddi *	Энгедди	
66	Enmishpat	Энмишпат	
67	Erinaeus Lacus *	Эринейское озеро	
68	Erythraeum Lacus *	Эритрейское озеро	
69	Eulaei Lacus	Эвлейское озеро	
70	Ferentinae Lacus	Озеро Ферентины	в Этрурии. Ферентина - латинская богиня
71	Feronia Lacus	Озеро Ферония	

72 Flevo Lacus	Флевонское озеро	в области фризов, ныне Зюйдерзее
73 Fortunae Lacus	Озеро Фортунн	
74 Gallinaria Silva	Галльский лес	
75 Ginea	Гинея	
76 Gorgonis Lacus	Озеро Горгонн	
77 Gygaea Palus	Гигейское болото	
78 Hammonis Lacus *	Озеро Аммона	верховный бог Египта, соотв. греч. Зевсу. Геката = Селена (Луна) + Диана (на Земле) + Прозерпина (в подзем- ном мире).
79 Hecatis	Гекаты	
80 Helerni Lacus	Озеро Гелерна	Гелерн - лес на берегу Тибра
81 Hercynia Silva	Герцинский лес	
82 Hesperidum Lacus *	Гесперидское озеро	Геспериды - дочери Ночи, жившие на край- нем западе земли (у Океана)
83 Hibe	Хива	
84 Hipparis Lacus	Гиппарийское озеро	
85 Hippocrene Fons	Иппокрена, источник	у вершины или у по- дошвы Геликона (в Беотии)
86 Hipponis Lacus *	Гиппонийское озеро	
87 Hipponitis Palus	Гиппонитское болото	
88 Hypelaeus	Гипелейский	
89 Hyperboreus Lacus	Гиперборейское озеро	пост. = Северное
90 Icarium Lacus *	Озеро Икара	
91 Isidis Lacus	Озеро Изиды	египетская богиня, супруга Осириса
92 Ismenius Lacus	Исменское озеро	
93 Issedon Lacus	Озеро Исседон	
94 Jaxartis Fons *	Яксарта источник	
95 Jovis Lacus	Озеро Юпитера	
96 Juturna Fons	Ютурна, источник	нимфа, сестра царя Турна, возлюбленная Юпитера; вода ее ис- точника (в Лациуме) считалась целебной
97 Juventae Fons	Источник Юности	

98	Labeatis Lacus	Лабееатское озеро	в Иллирии
99	Laestrygonis Lacus*	Озеро Лестригонов	
100	Lausonius Lacus	Лавзонское озеро	
101	Lemurum Lacus *	Озеро Лемуров	
102	Lerne	Лерна	озеро и болото к югу от Аргоса
103	Libyus Lacus *	Ливийское озеро	
104	Litana Silva	Литана Сильва,	лес в Галлии,
105	Lucrinus Lacus	Литанский лес, Лукринское озеро	ныне Сильва ди Эск. в Кампани
106	Lunae Lacus	Лунное озеро	
107	Maesia	Меисия	
108	Maecotis Palus	Маэотийское болото	ныне Азовское море
109	Major Lacus *	Большое озеро	
110	Marpharitis	Мафаритский	
111	Mareotis	Мареотийский	поэт. = Египетский
112	Margariti Lacus	Озеро Жемчужины	греч.
113	Margaritum *	Жемчужный	другое название: Болото Оксия.
114	Maricae Lacus	Озеро Марики	нимфа, мать Латина; ей были посвящены роща на р.Лирис и болото, в которое впадал Лирис
115	Messeis Fons *	Мессейский источник	
116	Minor Lacus *	Малое озеро	
117	Mnemosyne	Мнемосина	
118	Moeris Lacus	Мерида, озеро	озеро в Среднем Егип- те, близ г.Арсинои
119	Molorchi Nemus *	Роща Молорха	= Немейская роща
120	Moreh	Морех	
121	Morpheus	Морфей	
122	Nectaris Lacus *	Озеро Нектара	
123	Nemea	Немея	лесистая долина в Арголиде, место Не- мейских игр
124	Nemus Pelium	Пелийская роща	

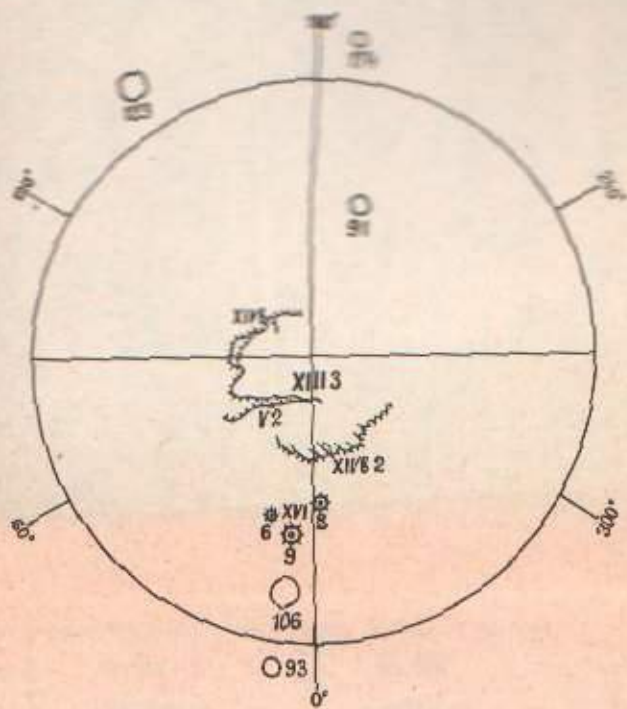
125	Nessonis Lacus	Озеро Нессона	
126	Niliacus Lacus	Нильское озеро	
127	Nilus Lacus	Нил, озеро	озеро в честь Нила, бога реки Нил
128	Nitriac	Нитриак	
129	Nodus Gordii	Гордиев узел	
130	Novem Viae *	Девятипутье	
131	Nuba Lacus	Нубийское озеро	
132	Oenium Nemus *	Энийская роща	в Акарнании
133	Oleaster Lacus	Озеро Олеастр	= Масличное озеро
134	Olympia *	Олимпия	место Олимпийских игр на северном берегу Алфея.
135	Ortygia	Ортигия	1) роща близ Эфеса; 2) древнее название острова Делос.
136	Oxia Palus *	Окское болото	другое название: Жемчужный оазис (см. выше).
137	Palicorum Lacus	Паликорское озеро	Палики - сыновья-близ- нецы Этно и Юпитера
138	Palinuri Lacus	Озеро Палинура	рулевой Энея, по имени которого назван мыс на зап. побережье Лукании, ныне Капо ди Палинуро
139	Palladius Lacus	Палладий, озеро	
140	Pallus	Паллус	
141	Pandorae	Пандора	
142	Panopis Fons	Источник Панопа	Панопа - одна из Нереид
143	Petelinus Lacus	Петелийское озеро	близ Рима
144	Phla	Фла	
145	Phoenicis Lacus	Озеро Феникса	
146	Post-Propontis	Пост-Пропонтида	греч. «После-Пропонти- да», ныне Босфор
147	Primus Lacus	Первое озеро	
148	Propontis	Пропонтида	греч. «Предморье», ныне Мраморное море
149	Pro-Propontis	Про-Пропонтида	греч. «Пред-Пропонтида», ныне Геллеспонт

150	Protei Lacus *	Озеро Протея	морской бог на острове Фарос
151	Pseboas Lacus	Псебойское озеро	
152	Pyrea Lacus	Озеро Пирея	
153	Scotitas	Скотит	
154	Secundus Lacus	Второе озеро	
155	Semnon Lacus	Озеро Семнон	
156	Serapium	Серапийский	
157	Sigeus Lacus	Сигейское озеро	Сигей - мыс у СЗ оконечности Малой Азии, у входа в Геллеспонт
158	Siloe Fons	Силоя, источник	
159	Sirbonis Lacus	Сирбонское озеро	
160	Sirenius Lacus	Сиренское озеро	
161	Sithonius Lacus	Ситонское озеро	Ситон - миф. царь Херсонеса Фракийского
162	Solis Fons	Солнечный источник	
163	Solis Lacus	Озеро Солнца	
164	Stagnum Pegasium *	Пегасов пруд	
165	Stiphane	Стифана	
166	Stymphalius Lacus	Стимфальское озеро	Стимфал - область, гора и озеро в Аркадии, где жили хищные меднокрылые Стимфалиды
167	Tamesae Lacus	Тамезское озеро	Тамеза - ныне Темза
168	Termessus	Термесс	в Писидии
169	Tertius Lacus	Третье озеро	
170	Thymbra	Тимбра	равнина в Троаде
171	Titanis Lacus *	Озеро Титана	
172	Tithonius Lacus *	Тифонское озеро	

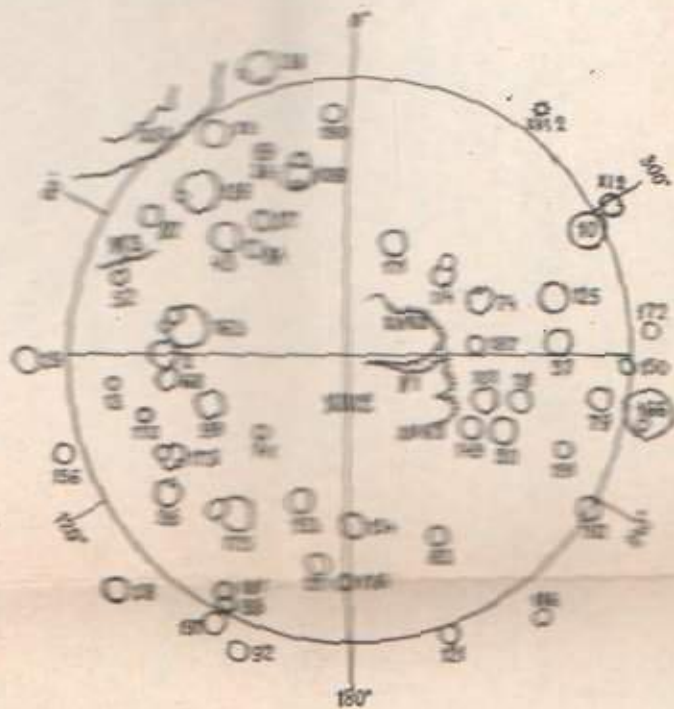
173	Trinythios	Тринити	
174	Triviae Lacus	Озеро Трех путей	= оз. Дианы, в Лациуме
175	Trivium Charontis	Трехпутье Харона	
176	Ulyssis Lacus	Озеро Улисса	Улисс = Одиссей
177	Utopia	Утопия	
178	Xaonitis Lacus *	Ксаонитское озеро	

## НАЗВАНИЯ ЛИСТОВ КАРТЫ МАРСА МАСШТАБА 1 : 5 000 000

№ листа	Название	
	латинское /I, IA/	русское /9, II/
1	Mare Boreum	Северное море
2	Diacria	Диакрия
3	Arcadia	Аркадия
4	Mare Acidalium	Море Ацидалии
5	Ismenius Lacus	Исменское озеро
6	Casius	Касий
7	Cebrenia	Кебрения
8	Amazonis	Амазония
9	Tharsis	Фарсида
10	Lunae Palus	Лунное болото
11	Oxia Palus	Окское болото
12	Arabia	Аравия
13	Syrtis Major	Великий Сирт
14	Amenthes	Аментес
15	Elysium	Элизium
16	Memnonia	Мемнония
17	Phoenicis Lacus	Озеро Феникса
18	Coprates (Agathodaemon)	Копрат (Агафодемон)
19	Margaritifer Sinus	Жемчужный залив
20	Sabaëus Sinus	Савский залив
21	Japigia	Япигия
22	Mare Tyrrhenum	Тирренское море



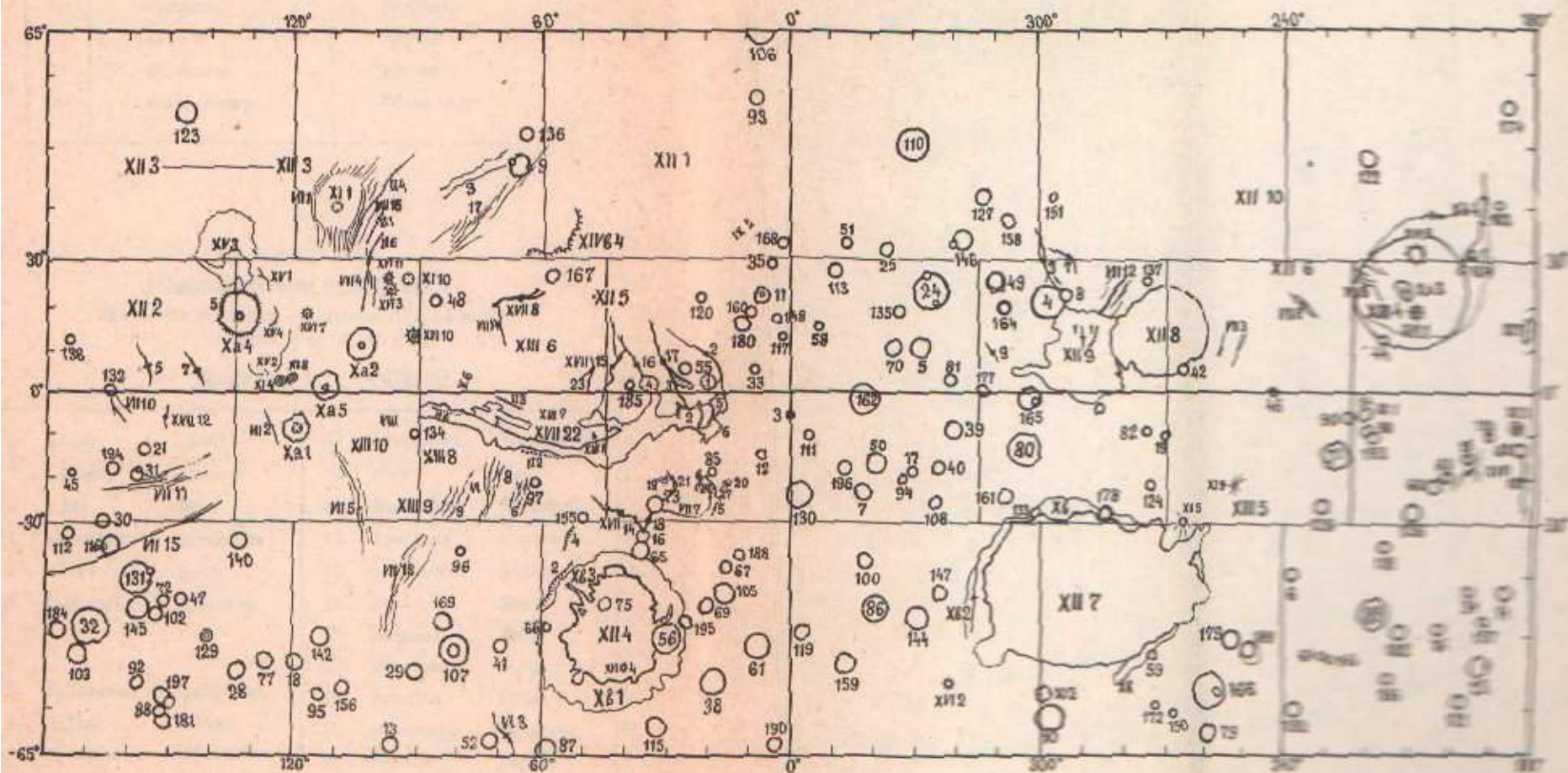
Северная полярная зона



Южная полярная зона

1000 500 0 1000 2000 км

Масштаб на экваторе



МАРС:

ареографическая разграфка и ареоморфологические обозначения  
 Ключевая карта к частям II и III «Каталога ареографических названий»

23	Aeolis	Эолида
24	Phaetontis	Фэтония
25	Thaumasia	Тавмантия
26	Argyre	Аргира
27	Noachis	Ноахида
28	Hellas	Эллада
29	Eridania	Эрдания
30	Mare Australe	Южное море

III

УКАЗАТЕЛЬ

НАИМЕНОВАНИЙ ФОРМ РЕЛЬЕФА МАРСА

/Латинские названия - согласно 13, 14 и 15,  
русские - по 9, 10 и 11/

I. CRATER(S)                      КРАТЕР(Ы)

1	Adams	Адамс	11	Besquerel	Беккерель
2	Agassiz	Агассис	12	Beer	Бэр
3	Airy	Эйри	13	Bianchini	Бьянкини
4	Antoniadi	Антониади	14	Bjerknes	Бьеркнес
5	Arago	Араго	15	Boeddicker	Беддикер
6	Arrhenius	Аррениус	16	Bond	Бонд
			17	Bouguer	Буге
7	Bakhuysen	Бакхёйзен	18	Brashear	Брэшир
8	Baldet	Бальде	19	Briault	Брио
9	Barabashov	Барабашов	20	Burroughs	Бэрроуз
10	Barnard	Барнард	21	Burton	Бёртон
			22	Burd	Бёрд

23	Campbell	Кэмпбелл	49	Flammarion	Фламмарион
24	Cassini	Кассини	50	Flaugergues	Фложерг
25	Cerulli	Черулли	51	Focas	Фокас
26	Chamberlin	Чемберлен	52	Fontana	Фонтана
27	Charlier	Шарлье	53	Fournier	Фурнье
28	Clark	Кларк			
29	Coblentz	Кобленц	54	Gale	Гале
30	Columbus	Колумб	55	Galilaei	Галилей
31	Comas Sola	Комас Сола	56	Galle	Галле
32	Copernicus	Коперник	57	Gilbert	Джилберт
33	Crommelin	Кроммелин	58	Gill	Гилл
34	Cruls	Крульс	59	Gledhill	Гледхилл
35	Curie	Кюри	60	Graff	Графф
			61	Green	Грин
36	Daly	Дэйли	62	Gusev	Гусев
37	Dana	Дэна			
38	Darwin	Дарвин	63	Hadley	Хэдли
39	Dawes	Дауэс	64	Haldane	Халдейн
40	Denning	Деннинг	65	Hale	Хейл
41	Douglass	Дугласс	66	Halley	Галлей
42	Du Marthe- ray	Дю Мартерей	67	Hartwig	Хартвиг
43	Du Toit	Дю Тойт	68	Heaviside	Хевисайд
			69	Helmholtz	Гельмгольц
44	Eddie	Эдди	70	Henry	Генри
45	Ejriksson	Эйрикссон	71	Herschel	Гершель
46	Escalante	Эскаланте	72	Hipparchus	Гиппарх
47	Eudoxus	Евдокс	73	Holden	Холден
			74	Holmes	Холмс
48	Fessenkov	Фесенков	75	Hooke	Гук

76	Huggins	Хеггинс	103	Liu Hsin	Лю Синь
77	Hussey	Хасси	104	Lockyer	Локайер
78	Hutton	Гёттон	105	Lohse	Лозе
79	Huxley	Гёксли	106	Lomonosov	Ломоносов
80	Huygens	Гюйгенс	107	Lowell	Лоуэлл
81	Janssen	Жансен	108	Luzin	Лузин
82	Jarry-Deloges	Жарри-Делож	109	Lyell	Лайель
83	Jeans	Джинс	110	Lyot	Лио
84	Joly	Джоли	111	Mädler	Медлер
85	Jones	Джонс	112	Magelhaens	Магеллан
86	Kaiser	Кайзер	113	Maggini	Маджини
87	von Karman	фон Карман	114	Main	Мейн
88	Keeler	Килер	115	Maraldi	Маральди
89	Kepler	Кеплер	116	Mariner	Маринер
90	Knobel	Кнобель	117	Marth	Март
91	Korolev	Королев	118	Martz	Мэрц
92	Kuiper	Кёйпер	119	Faunder	Маундер
93	Kunowsky	Куновский	120	McLaughlin	Мак-Лафлин
94	Lambert	Ламберт	121	Mendel	Мендель
95	Lalont	Ламонт	122	Mie	Ми
96	Lampland	Лампланд	123	Milanković	Миланкович
97	Lassell	Лассель	124	Millockhau	Миллоchau
98	Lasswitz	Лассвиц	125	Mitchel	Митчелл
99	Lau	Ло	126	Molesworth	Молесворт
100	Le Verrier	Ле-Веррье	127	Moreux	Моро
101	Liais	Лизэс	128	Müller	Мюллер
102	Li Fan	Ли Фан	129	Nansen	Нансен
			130	Newcomb	Ньюкомб

131	Newton	НЬУТОН	156	Ross	РОСС
132	Nicholson	НИКОЛСОН	157	Rossby	РОССОН
133	Nielsen	НИЕСЕН	158	Rudaux	РЮДО
			159	Russell	РЁССЕЛ
134	Oudemans	АУДЕМАНС	160	Rutherford	РЁЗЕРФОРД
			161	Schaeberle	ШЕБЕРЛЕ
135	Pasteur	ПАСТЕР	162	Schiaparelli	СКИАПАРЕЛЛИ
136	Perepelkin	ПЕРЕПЕЛКИН	163	Schmidt (J. et O.Y.)	ШМИТ (ЮЛИУС и О.Ю.)
137	Peridier	ПЕРИДЬЕ	164	Schöner	ШЁЙНЕР
138	Pettit	ПЕТИТ	165	Schroeter	ШРЁТЕР
139	Phillips	ФИЛЛИПС	166	Secchi	СЕККИ
140	Pickering	ПИКЕРИНГ	167	Sharonov	ШЕРОНОВ
141	Playfair	ПЛЕЙФЕР	168	Skłodowska	СКЛОДОВСКАЯ
142	Porter	ПОРТЕР	169	Slipher	СЛАЙФЕР
143	Priestley	ПРИСТЛИ	170	Smith	СМИТ
144	Proctor	ПРОКТОР	171	South	САУТ
145	Ptolemaeus	ПТОЛЕМЕЙ	172	Spallanzani	СПАЛЛАНЦАНИ
			173	Steno	СТЕНО
146	Quenisset	КЕНИССЕ	174	Stokes	СТОКС
			175	Stoney	СТОНИ
147	Rabe	РАБЕ	176	Suess	ЗЮСС
148	Radau	РАДО			
149	Rayleigh	РЕЛЕЙ	177	Teisserenc de Bort	ТЕЙСЕРАН де Бор
150	Redi	РЕДИ	178	Terby	ТЕРБИ
151	Renaudot (Mme C. Flammarion)	РЕНОДО *	179	Tikhov	ТИХОВ
152	Reuyl	РЮИЛ	180	Trouvelot	ТРУВЕЛО
153	Reynolds	РЕЙНОЛЬДС	181	Trumpler	ТРАМПЛЕР
154	Richardson	РИЧАРДСОН	182	Tycho Brahe	ТИХО БРАГЕ
155	Ritchey	РИЧИ			

183	Tyndall	Тиндаль
184	Very	Верн
185	da Vinci	да Винчи
186	Vinogradsky	Виноградский
187	Vishniac	Винник
188	Vogel	Фогель

189	Wallace	Уоллес
190	Wegener	Вегенер
191	Weinbaum	Вейнбаум
192	Wells	Уэллс
193	Wien	Вин
194	Williams	Уильямс
195	Wirtz	Вирц
196	Wislicenus	Вислиценус
197	Wright	Райт

II. SATENA(E) ПЕПОЧКА(И) КРАТЕРОВ

I	Acheron	Ахерон
2	Coprates	Копрат
3	Ganges	Ганг
4	Phlegeton	Флегетон
5	Tithonia	Тифона
6	Tractus	Тракт

III. CAVUS(CAVI) ВНАЛЕНА(И)

I	Angusti	Тесная
2	Novi	Новая
3	Sisyphi	Сизиפה
4	Ultima	Крайняя

IV. CHAOS ХАОС(И)

I	Aram	Арам
2	Aureum	Золотой

3	Hydaspis	Гидаспа
4	Hydraotes	Гидраот
5	Jani	Януса
6	Margaritifer	Жемчужный

V. CHASMA(TA) КАНЬОН(И)

I	Australis	Южный
2	Borealis	Северный
3	Candor	Кандор
4	Capri	Капри
5	Coprates	Копрат
6	Echus	Эхо
7	Eos	Эос
8	Ganges	Ганг
9	Hebes	Гебы
10	Ius	Ио
II	Juventae	Юности

12	Melas	Мелас
13	Ophir	Офир
14	Thule	Фульский
15	Tithonius	Тифона

VI.	<u>DORSUM</u>	<u>ГРЕБЕНЬ,</u> <u>ГРЯДА</u>	<u>DORSA</u>	<u>ГРЕБНИ,</u> <u>ГРЯДЫ</u>
			1 Arena	Арена
2	Argentea	Серебряная		
3	Argute	Аргира		
			4 Brevia	Бревия
5	Eumenides	Эвменид		
			6 Felis	Фелис
7	Gordii	Гордиева		
			8 Melas	Мелас
			9 Solis	Солнца
			10 Xanthe	Ксанта

VII.	<u>FOSSA(E)</u>	<u>БОРОЗДА(Ы)</u>		
1	Alba	Альба	10 Medusae	Медузы
2	Aganippe	Аганиппы	11 Memnonia	Мемнония
3	Amenthes	Аментес	12 Nili	Нильские
4	Ceraunius	Керавнские	13 Oceanidum	Океанид
5	Claritas	Ясности	14 Sacra	Сакра
6	Elysium	Елисейские	15 Sirenum	Сирен
7	Erythraea	Эритрейская	16 Tantalus	Тантала
8	Herphaestus	Гефеста	17 Tempe	Темпейские
9	Mareotis	Мареот(ий)ские	18 Thaumasia	Тавмантия

VIII. LABYRINTHUS ЛАБИРИНТ

Noctis Ночи

IX. MENSAE МЕЗЫ,  
СТОЛОВЫЕ ГОРЫ

- 1 Aeolis Эолида  
 2 Cydonia Кидония  
 3 Deuteronilus Девтеронил  
 4 Nerepthes Непентес  
 5 Nilosyrtis Нилосирт  
 6 Protonilus Протонилл

X a. MONS ГОРА (ВУЛКАН)  
(VULCANUS)

- 1 Arsia Арская (И\*)  
 2 Ascreaeus Аскрейская (И\*)  
 3 Elysius Елисейская (И\*)  
 4 Olympus Олимп  
 5 Pavonis Павлинья (И\*)

X b. MONTES ГОРЫ  
(Montana) (Горные области)

- 1 Charitum Харит  
 2 Hellesponti Гелеспонта  
 3 Nereidum Нерид  
 4 Phlegra Флегра  
 5 Tharsis Фарсидские

XI. PATERA (E) ПАТЕРА (Н)

- 1 Alba Альба  
 2 Amphitrites Амфитриты  
 3 Apollinaris Аполлонова  
 4 Biblis Библейская  
 5 Hadriaca Адриатическая  
 6 Nerepthes Непентес  
 7 Orcus Орк  
 8 Ulyssis Улисса  
 9 Tyrrhena Тирренская  
 10 Uranus Урана

XII. PLANITIA (E) РАВНИНА (Н)

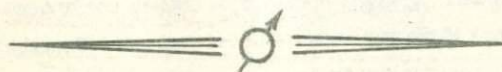
- 1 Acidalia Ацидалия  
 2 Amazonis Амазония  
 3 Arcadia Аркадия  
 4 Argus Аргира  
 5 Chryse Хриса  
 6 Elysius Элизум или  
Елисейская  
 7 Hellas Эллада  
 8 Isidis Изидн  
 9 Syrtis Major Большой Сирт  
 10 Utopia Утопия

XIII. PLANUM ПЛАТО

- 1 Aurora Аврора  
 2 Australis Южное  
 3 Borea Северное

4	Elysium	Элизийум или Элисейское *	3	Lucas	Луканский
5	Heesperia	Гесперия	4	Gordi	Гордиев
6	Lunae	Лунное	<b>XVI. <u>THOLUS</u> (<u>THOLI</u>) <u>КУПОЛ(Ы)</u></b>		
7	Ophir	Офир	1	Albor	Альбор
8	Sinai	Синай	2	Australis	Южный
9	Solis	Солнца	3	Ceraunius	Керавнский
10	Syria	Сирия	4	Charitum	Харит
<b>XIVa. <u>RUPES</u> <u>УСТУП(Ы)</u></b>			5	Hecates	Гекаты
1	Arena	Арена	6	Iaxartes	Яксарт
2	Bosporos	Боспор	7	Jovis	Юпитера
3	Cerberus	Цербер	8	Kison	Кизон
4	Ogygis	Отигеса	9	Ortygia	Ортигия
5	Olympus	Олимп	10	Tharsis	Фарсидский
6	Phison	Физон	11	Uranus	Урана
7	Promethai	Прометей	<b>XVIIa. <u>VALLIS</u> <u>ДОЛИНА</u></b>		
8	Ultimi	Крайний	1	Al-Qahira	Аль-Кахира
<b>XIVb. <u>SCOPULUS</u> (<u>SCOPULI</u>) <u>ОСЛОЖНЕННЫЕ</u> <u>УСТУПЫ</u></b>			2	Ares	Арес
1	Frigoris	Холода	3	Auqakuh	Аукакух
2	Hypoboreus	Гиперборейский (Крайний северный)	4	Bahram	Бахрам
3	Hypenotus	Гипернотский (Крайний южный)	5	Clota	Клота
4	Nilokeras	Нилокер	6	Himera	Тимера
<b>XV. <u>SULCUS</u> (<u>SULCI</u>) <u>ГРЕБНИСТО-</u> <u>ЖЕЛОбЧАТЫЙ</u> <u>РЕЛЬЕФ</u></b>			7	Huo Hsing	Хо Син
1	Cyane	Кяна	8	Kasei	Сыра
2	Gigas	Гигант	9	Locras	Докра
			10	Ma'adim	Маадим
			11	Mamers	Мамерс

12	Mangala	Мангала	22	Marineris	Маринера (Agathodaemon) (Агафодемон)
13	Maumae	Маумн	23	Nanedi	Нанеди
14	Nirgal	Ниргал	24	Oltis	Олта
15	Shalbatana	Залбатана	25	Protva	Протва
16	Simud	Симуд	26	Rubicon	Рубикон
17	Tiu	Тху	27	Samara	Самара
18	Uzboi	Узбой	28	Tagus	Татские
<b>XVIIb. VALLES</b>		<b>ДОЛИНЫ</b>	29	Verda	Верда
19	Arda	Арда	<b>XVIII. VASTITAS</b>		<b>ВЕЛИКАЯ РАВНИНА</b>
20	Drinus	Дрин	Vastitas	Великая Северная	
21	Ladon	Ладон	Borealis	равнина	



После сдачи в печать данного Сборника, в «Изв. ВУЗ'ов, Геология и Разведка» № 10/1977 появилась статья Г.А. Бурбо, содержащая перевод новых наименований на Марсе. В нем к неточностям перечня Д.Я. Мартынова (1974) добавлены новые и к тому же отсутствуют названия ряда типов и форм рельефа и всех кратеров на буквы J, K, L и, частично, M (более 50 наименований).

КАТАЛОГ  
ГЕРМЕСОГРАФИЧЕСКИХ НАЗВАНИЙ

Г.Н.Хаттерфельд

C A T A L O G U E  
of  
HERMESOGRAPHICAL NAMES

Введение

Полный перечень 34 названий деталей альbedo поверхности Меркурия на карте Е.М.Антониади (1933, 1935) и их русский перевод был опубликован нами в 1962 и 1970 гг. Во второй работе было выполнено также сравнение и отождествление деталей альbedo на карте Е.Антониади, с одной стороны, и карте А.Кампелла и О.Дольфуса (1968), составленной уже с учетом открытого в 1965 г. неравенства периодов осевого вращения и орбитального обращения этой планеты.

В настоящем Каталоге приводятся гермесографические наименования на фотокарте Меркурия масштаба 1:10 000 000 (Указатель I), названия листов топографического «Атласа Меркурия» масштаба 1:5 000 000, составляемого Геологической Службой США (Указатель II), и перечень 200 наименований форм рельефа на листах 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12 и 15 этого Атласа (Указатель III). Все эти карты составлены по данным фотосъемок западного полушария Меркурия, осуществленных «Маринером 10» в марте 1974, сентябре 1974 и марте 1975 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е.М.Антониади (1933). La planète Mercure, sa géographie, sa rotation et ses voiles atmosphériques. - L'Astronomie, vol.47, pp.545 - 558.
2. Е.М.Антониади (1935). The atmosphere of Mercury and its clouds.

J.Brit.Astr.Ass., vol.45, No 6, pp.236-239, + chart of Mercury.

3. Г.Н.Каттерфельд (1962). Карта Меркурия. В статье «К проблеме образования морфологического лика планет типа Земли». - Геогр.Сб. XV «Астрогеология», стр.126/127. Изд.АН СССР, М.- Л.
4. Г.Н.Каттерфельд (1970). Топография и номенклатура Меркурия. — Вестник Ленинградского университета, № 12, Геология и география, вып. 2, стр.138-148.
5. H.Samishel et Au.Dollfus (1968). La rotation et la cartographie de la planète Mercure. - Icarus, vol.8, No 2.
6. «Atlas of Mercury. Reference Mosaic of Mercury, scale 1 : 10 000 000». U.S.Geological Survey, 1974.
7. «Atlas of Mercury. 1 : 5 000 000 Topographic Series». U.S.Geological Survey, 1976.
8. «Transactions of the International Astronomical Union», vol. XVI B. «Proceedings of the XVith General Assembly, Grenoble, 1976», pp.351 -355. D.Reidel Publ. C°, Dordrecht, 1977.

#### УКАЗАТЕЛЬ I

Названия форм рельефа на фотокарте Меркурия  
масштаба 1:10 000 000, Геол.Служба США,1974

Название		Координаты центра
латинское	русское	
I.	<u>Crater</u>	<u>Кратер</u>
1.	Hun Kal	Хун Кал (на языке древних майя - «двадцать»)
2.	Kuiper	Кэйпер
20° з.д., 0°3 в.ш.		
31°5 з.д., 11° в.ш.		
II.	<u>Montes</u>	<u>Горы</u>
1.	Caloris Montes	Энойные горы
III.	<u>Planitia</u>	<u>Равнина</u>
1.	Borealis	Северная
30° з.д., 85° с.ш.		

2. Budh	Будж	155° з.д., 15° с.ш.
3. Caloris	Калири	190° з.д., 30° с.ш.
4. Odin	Одина	167° з.д., 27° с.ш.
5. Sobkou	Собкоу	130° з.д., 40° с.ш.
6. Tir	Тира	177° з.д., 5° с.ш.
7. Zadouch (Suisei)	Задух (Суйсей)	162° з.д., -9° с.ш.
<b>IV. <u>Rupes</u></b>	<b><u>Уступы</u></b>	
1. Discovery	Лискавери	38° з.д., 55° в.ш.
2. Endeavour	Индевор	29° з.д., 25° с.ш.
<b>V. <u>Vallis</u></b>	<b><u>Долина</u></b>	
1. Arcsibo	Аресибо	29° з.д., 27° в.ш.

## УКАЗАТЕЛЬ II

Названия листов карты Меркурия масштаба 1 : 5 000 000

№ листа	Название		Границы
	латинское	русское (по Г.Н. Каттерфельду, 1962, 1970)	
1	Goethe (Borea)	Гёте (Северная область)	65- 90° с.ш.
2	Victoria (Aurora)	Виктория (Аврора)	20- 70° с.ш., 0- 90° з.д.
3	Shakespeare (Caduceata)	Шекспир (Кадучеата)	20- 70° с.ш., 90-180° з.д.
4	(Liguria)	(Лигурия)	20- 70° с.ш., 180-270° з.д.

5	(Apollonia)	(АПОЛЛОНИЯ)	20- 70° с.ш., 270-360° з.д.
6	Kuiper (Tricrena)	Кёйпер (Трикрена)	+25+-25° ш., 0- 72° з.д.
7	Beethoven (Solitudo Lycaonis)	Бетховен (ПУСТЫНЯ Ликаона)	+25+-25° ш., 72-144° з.д.
8	Tolstoj (Phaethontias)	Толстой (ФЭАТОНЯ)	+25+-25° ш., 144-216° з.д.
9	(Solitudo Criophori)	(ПУСТЫНЯ Крифора)	+25+-25° ш., 216-288° з.д.
10	(Pieria)	(Пирья)	+25+-25° ш., 288-360° з.д.
11	Discovery (Solitudo Hermes Trismegisti)	Дискавери (ПУСТЫНЯ Гермеса Тривеличайшего)	20- 70° ю.ш., 0- 90° з.д.
12	Michaelangelo (Solitudo Promethei)	Микеланджело (ПУСТЫНЯ Прометея)	20- 70° ю.ш., 90-180° з.д.
13	(Solitudo Persephones)	(ПУСТЫНЯ Персефон)	20- 70° ю.ш., 180-270° з.д.
14	(Cyllene)	(Киллена)	20- 70° ю.ш., 270-360° з.д.
15	Bach (Australia)	Бах (Южная область)	65- 90° ю.ш.

# УКАЗАТЕЛЬ И

## Наименования форм рельефа на карте Меркурия

масштаба 1 : 5 000 000

### Лист 1 Гёте (Северная зона)

I. <u>Crater</u> <u>Кратер</u>	
1	Aristoxenes    Аристоксен
2	Goethe          Гёте
3	Deprez          Депре
4	Gauguin        Гоген
5	Jokai           Йокаи
6	Mansart        Мансар
7	Myron          Мирон
8	Martial        Марциал
9	Nizami          Низами
10	Purcell        Пёрселл
11	Saikaku        Сайкаку
12	Tung Yuan     Дун Вань
13	Turgenev      Тургенев
14	Vandyck       Ван-Дейк
15	Vardi          Верди
II. <u>Planitia</u> <u>Равнина</u>	
1	Borealis        Северная

### Лист 2 Виктория (Аврора)

I. <u>Crater</u> <u>Кратер</u>	
1	Al Hamadhani    Аль Хамадани
2	Derzhavin      Державин
3	Glück          Глюк
4	Holbein        Гольбейн

5	Hugo            Гюго
6	Kuan Han- -ch'ing        Гуань Хань-пин
7	Monet          Моне
8	Monteverdi     Монтеверди
9	Praxiteles      Пракситель
10	Rubens         Рубенс
11	Sholem Aleichem      Шолом Алейхем
12	Sor Juana       Сор Хуана
13	Stravinsky     Стравинский
14	Velazquez      Веласкес
15	Vyāsa          Вьяса
16	Wren            Рен
II. <u>Rupes</u> <u>Уступ</u>	
1	Endeavour      Индевор
2	Victoria        Виктория

### Лист 3 Шекспир (Кадуцеата)

I. <u>Dorsum</u> <u>Хребет</u>	
1	Schiaparelli    Скиапарелли
II. <u>Planitia</u> <u>Равнина</u>	
1	Odin            Одина
2	Sobkou         Собоку
3	Suisei (水星)        Суйсей (яп. «Меркурий»)
III. <u>Rupes</u> <u>Уступ</u>	
1	Heemkerck     Хеемкерк
2	Zeehaen        Зеехаен

## Лист 6 Кэйпер (Трикрена)

I. <u>Crater</u>	<u>Кратер</u>
1 Abu Nuwas	Абу-Нувас
2 Al-Jāhiz	Аль-Джахиз
3 Aṣvaghosa	Ашватхона
4 Balagtas	Балагтас
5 Brunelleschi	Брунеллески
6 Byron	Байрон
7 Chaikovskij	Чайковский
8 Donne	Донне
9 Dvořák	Дворжак
10 Giotto	Джотто
11 Händel	Гендель
12 Hiroshige	Хиросиге
13 Hitomaro	Хитомаро
14 Homer	Гомер
15 Ibsen	Ибсен
16 Imhotep	Имхотеп
17 Kenkō	Кенко
18 Kuiper	Кэйпер
19 Lermontov	Лермонтов
20 Li Po	Ли По
21 Lu Hsün	Лу Синь
22 Mahler	Малер
23 Melville	Мелвилл
24 Mistral	Мистраль
25 Molière	Мольер
26 Murasaki	Мурасакэ
27 Polygnotus	Политнот

28 Proust	Пруст
29 Renoir	Ренуар
30 Repin	Репин
31 Rodin	Роден
32 Rūdakī	Рудакэ
33 Sinan	Синан
34 Thākur	Тагор
	(правильнее Тхакур)
35 Titian	Тициан
36 Ts'ai Wen-chi	Цай Вэнь-цзи
37 Yeats	Йитс
II. <u>Dorsum</u>	<u>Хребет</u>
1 Antoniadi	Антониади
III. <u>Rupes</u>	<u>Уступ</u>
1 Santa Maria	Санта Мария
IV. <u>Vallis</u>	<u>Долина</u>
1 Goldstone	Голдстоун
2 Haystack	Хэйстек
3 Simeis	Симеиз

## Лист 7 Бетховен (Пустыня Ликаона)

I. <u>Crater</u>	<u>Кратер</u>
1 Beethoven	Бетховен
2 Belle	Белло
3 Boethius	Бовций
4 Chiang K'ui	Чян Куи
5 Chu Ta	Чжу Да
6 Dürer	Дюрер

7	Futabatei (二葉亭)	Фтабатэй
8	Harunobu	Харунобу
9	Judan Ha-Levi (правильнее Jehudah Halevi)	Иегуда Галеви
10	Lysippus	Лисипп
11	Machaut G. de	Машо
12	Mark Twain	Марк Твен
13	Matisse	Матисс
14	Mena J. de	Мена
15	Mickiewicz	Мицкевич
16	Philoxenus	Филоксен
17	Rajnis	Райнис
18	Raphael	Рафаэль
19	Schoenberg	Шёнберг
20	Snorri	Снорри
21	Sullivan	Салливан
22	Tansen	Тансен
23	Theophanes	Феофан Грек
24	Ts'ao Chan	Цао Чжань
25	Vālmiki	Вальмики
26	Vivaldi	Вивальди
27	Wang Meng	Ван Мэн

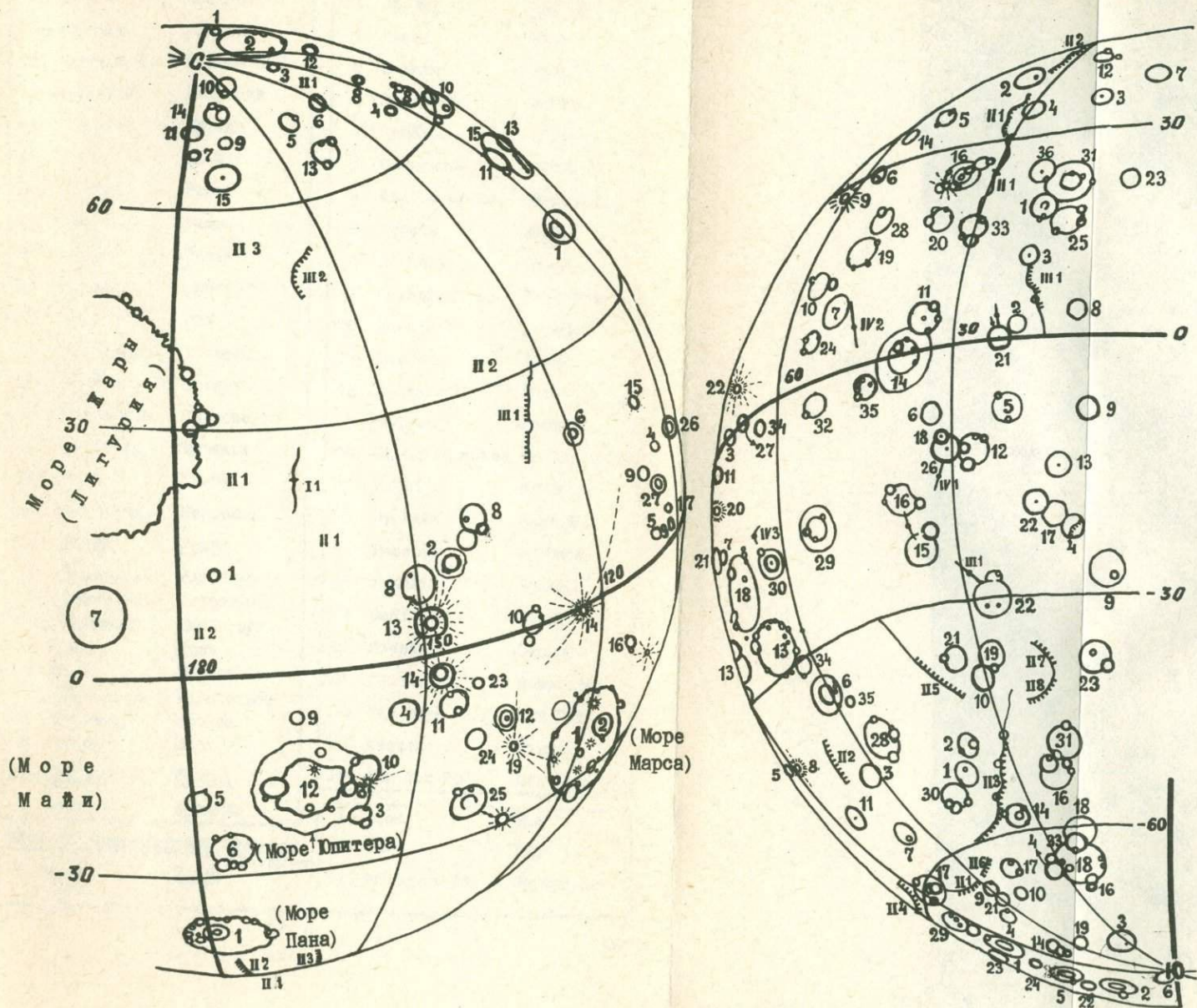
Лист 8 Толстой (Фаэтония)

I.	<u>Crater</u>	<u>Кратер</u>
1	Amru Al-Qays	Имру-уль-Кайс
2	Balzac H. de	Бальзак
3	Etoku	Эйтоку
4	Goya	Голя
5	Kālidāsa	Калидаса
6	Milton	Милтон

7	Mozart	Моцарт
8	Phidias	Фидий
9	Po Chū-I	Бо Цзюй-и
10	Rublev	Рублев
11	Sophocles	Софокл
12	Tolstoj	Толстой
13	Tyagaraja	Тьягараджа
14	Zsami	Сэами
II. <u>Planitia</u> <u>Равнина</u>		
1	Budh	Будх
2	Tir	Тира

Лист 11 Дискаверн (Пустыня Гермеса)

I.	<u>Crater</u>	<u>Кратер</u>
1	Africanus Horton	Африканус Хортон
2	Andal	Андал
3	Bramante	Браманте
4	Callicrates	Калликрат
5	Carducci	Кардуччи
6	Chekhov	Чехов
7	Coleridge	Колридж
8	Copley	Копли
9	Dario	Дарио
10	Equiano	Эквиано
11	Ghiberti	Гиберти
12	Guido d'Arezzo	Гвидо д'Ареццо
13	Haydn	Гайдн
14	Hesiod	Гесиод
15	Khansa	Ханса
16	Kurosawa	Куросава
17	Ma Chin-Yuan	Ма Чжи-юань



МЕРКУРИЙ

Ключевая карта к «Каталогу гермесографических названий»

18	Mendes Pinto	Мендес Пинто
19	Mofolo	Мофоло
20	Namreyo	Намрейо
21	Neumann B.	Нейман Й.Б.
22	Petrarch	Петрарка
23	Pigalle	Пигаль
24	Po Ya	По-Я
25	Rabelais	Рабле
26	Rameau	Рамо
27	Rilke	Рильке
28	Schubert	Шуберт
29	Sei	Сэй
30	Shevchenko	Шевченко
31	Sōtatsu	Сотацу
32	Tintoretto	Тинторетто
33	Tsurayuki	Цураюки
34	Unkei	Ункэй
35	Wergeland	Вергеланд
<b>II. Rubes</b>		<b>Устун</b>
1	Adventure	Адвенчур
2	Astrolabe	Астролябия
3	Discovery	Дискавери
4	Fram	Фрам
5	Mirni	Мирный
6	Resolution	Резольсьон
7	Vostock	Восток
8	Zarya	Заря
<b>III. Vallis</b>		<b>Долина</b>
1	Aresibo	Аресибо

Лист 12 Микеланджело (Пустыня Прометей)

II. Rubes Устун

<b>I. Crater</b>		<b>Кратер</b>
1	Bach	Бах
2	Bernini	Бернини
3	Boccaccio	Боккаччо
4	Camões	Камоэнс
5	Cervantes	Сервантес
6	Chao Meng-Fu	Чжао Мен-фу
7	Chopin	Шопен
8	Dickens	Диккенс
9	Holberg	Хольберг
10	Horace	Гораций
11	Ictinus	Иктин
12	Keats	Китс
13	Leopardi	Леонарди
14	Li Ch'ing-Chao	Ли Чин-чжао
15	Martí	Марти
16	Ovidius	Овидий
17	Puccini	Пуччини
18	Pushkin	Пушкин
19	Sadī	Саади
20	Scorās	Скопас
21	Spitteler	Шпиттелер
22	Van Gogh	Ван Гог
23	Wagner	Вагнер
24	Yun Sōn-Do	Юнь Сонь-ду

1	Gjoa	Йоа
2	Hero	Геро
3	Pourquoi-Pas	Пуркуа-Па

Сдано в производство 15/XI-1977 г. Заказ 690. Тираж 500.

Подписано к печати 02/VI-1978 г.

Печ.л 10,4. Бумага № 1, 60x90 1/16. Цена 1р.85 к.

---

Издательство Академии Наук Арм. ССР. Ереван.

Ротопринт ЛенЗНИИЭП. Ленинград.

2817