

LATITUDINAL DISTRIBUTION OF ENDOGENIC RELIEF-FORMING PROCESSES AND ROTATION OF EARTH

V.M. FEDOROV

Summary

An analysis of factual data on volcanic eruptions (during the period of 1900 to 1977) has revealed a pattern in eruptions distribution over latitudinal zones of the Earth and elucidated special features of the distribution related to the Earth's rotation and precession of its axis.

The general rotation-dependent regularity consists in total number of eruptions decreasing from; it is complicated by regular alternation of zones of active volcanism and relatively quiet zones. The distribution of eruptions resembles a standing wave with vibration amplitude damping out towards from equator toward poles; it reflects wave character of processes of crustal deformation of the Earth ellipsoid. The wave length is $\sim 20^\circ$ of latitude in the Northern Hemisphere and $\sim 15^\circ$ in the Southern Hemisphere. Maximums are at $15-20^\circ$, $35-40^\circ$, $55-60^\circ$ in the Northern Hemisphere, and at $0-10^\circ$, $20-25^\circ$, $35-40^\circ$ and $50-55^\circ$ in the Southern one. The rate of eruptions decrease with latitude amounts to about 3 eruptions per 1° in the Northern Hemisphere and about 5 in the Southern.

Distribution of seismic events over latitude was analyzed using USGS/NEIC Significant Worldwide Earthquakes database. Some regularities in earthquakes number changes with latitude have been established for both hemispheres.

УДК 551.4.072(4/5)

© 2003 г. А.П. ДЕДКОВ, Д.А. ТИМОФЕЕВ, В.В. МОЗЖЕРИН, И.И. СПАСКАЯ

РЕЛИКТЫ КЛИМАТОВ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОШЛОГО В РЕЛЬЕФЕ ЕВРАЗИИ¹

Уже в XIX столетии стало известно, что в рельефе Евразии сохраняются формы и связанные с ними континентальные отложения, образовавшиеся в условиях климатов, существенно отличных от современных. На равнинах умеренного пояса были выявлены созданные древними ледниками формы и отложения, в пустынях Центральной Азии – сухие долины и русла, сформированные в более влажном "плювиальном" климате.

В первой половине XX века, как и в конце XIX, господствовала трехчленная геоморфологическая дифференциация климатов. Рельефообразование идет разными путями в климатах ледниковых, аридных и гумидных ("нормальных"). Последние характерны для большей части суши Земли, где текут реки и обитает человечество. Эрозионный цикл В.М. Дэвиса [1] и морфологический анализ В. Пенка [2], создавшие основу для самостоятельного развития геоморфологии, разработаны для "нормального" климата. В.М. Дэвис охарактеризовал также общие закономерности развития рельефа в аридном и ледниковом климатах [1]. Вместе с тем предпринимались попытки климато-геоморфологической дифференциации обширного пространства "нормального" климата. А. Пенк [3] обратил внимание на некоторые особенности рельефообразования в областях вечной мерзлоты, степях, полупустынях и др. В.Д. Ласкарев [4] отметил сходство столово-останцового рельефа Подолии с аналогичным рельефом современных саванн и полупустынь Африки. П. Кесслер [5] в Германии и Е.В. Шанцер [6] в России установили большую роль в развитии склонов смен умеренного и перигляциального климатов. Появились и другие работы о том, что внутри пространства "нормального" климата рельефообразование, в зависимости от конкретных ландшафтно-климатических условий, идет разными путями. И смена этих

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 00-05-64013).

условий ведет к перестройкам рельефа, в ходе которых в рельефе сохраняются поверхности и формы – реликты прошлых климатов.

Дальнейшая дифференциация "нормального" климата послужила одной из основ появления в послевоенные годы в странах континентальной Европы (Франция, Германия, Польша и др.) нового научного направления, получившего название климатической геоморфологии. Оно получило развитие и в нашей стране, особенно в научных центрах, представителями которых являются авторы настоящей работы.

Обобщение всех известных нам данных позволило выделить в "нормальном" климате пять климатических типов морфогенеза, каждый из которых характеризуется не только определенным комплексом климатически обусловленных экзодинамических процессов и создаваемых ими форм рельефа, но и определенным направлением развития рельефа [7]. Это следующие типы морфогенеза (и характерные для них основные направления развития рельефа): перигляциальный (криопланиция), умеренный гумидный (интенсивное долинообразование), семиаридный (педиментация), семигумидный тропический (саванная планиция) и гумидный тропический (пенепланиция). В наиболее чистом виде эти типы морфогенеза выражены в условиях относительно стабильного тектонического режима. В тектонически активных областях они подвергаются определенным модификациям.

К пяти выделенным климатическим типам морфогенеза следует добавить еще два, традиционно выделявшиеся с XIX столетия – гляциальный и аридный. Таким образом, трехчленная геоморфологическая дифференциация климатов времен Дэвиса в нашем представлении сменилась семичленной. Дальнейшие исследования могут привести к выделению новых климатических типов морфогенеза. В частности, не вполне ясна направленность экзогенного развития рельефа в субтропиках Средиземья и Дальнего Востока.

На геоморфологическом этапе развития Земли, в мезо-кайнозой (около 200 млн. лет), происходили крупные изменения климата нашей планеты, приводившие к смене типов морфогенеза и перестройкам рельефа. В ходе этих перестроек не только создавались новые формы рельефа, отвечавшие новым типам экзогенного морфогенеза, но и сохранились в разной степени прежние элементы рельефа, превращавшиеся в реликты климатов прошлых геологических эпох.

В распространении этих реликтов выражена определенная зональность (таблица). Общая картина распространения геоморфологических реликтов на равнинах Евразии может быть представлена следующим образом.

I. Нивальная (арктическая) зона. Включает ледники и каменистые пустыни арктических островов и северные окраины материковой суши. Продолжающаяся в течение почти всего плейстоцена и голоцена ледниковая и криогенная переработка древнего рельефа настолько значительна, что вряд ли можно говорить о заметной сохранности в современном рельефе каких-либо реликтовых поверхностей и форм. Последние могут сохраняться в основном под ледяными щитами.

II. Субнивальная (субарктическая) зона. Охватывает современную тундру и лесотундру. Главное значение имеют реликты ледникового климата плейстоцена, в условиях которого более древние формы почти не сохранились. К последним можно отнести доплейстоценовые и докайнозойские поверхности Шведской Лапландии, Кольского полуострова, Таймыра и некоторых других районов.

III. Гумидная умеренная зона, северная подзона между северной границей тайги и границей максимального плейстоценового оледенения. Наибольшее распространение, особенно на территории последнего оледенения, имеют реликтовые поверхности и формы ледниковой денудации и аккумуляции, занимающие почти все междуречья. Здесь могут быть выделены центральные области древнего оледенения с преобладающими реликтовыми формами ледниковой денудации и более значительные по площади периферические пояса с реликтовыми формами ледниковой аккумуляции.

Современные климатические зоны	Климатические типы и возраст геоморфологических реликтов						
	гляци- альный, Q	перигля- циальный, Q	гумидный умеренный, N ₂ , Q	семиарид- ный, EQ, Q	аридный, N, Q	саванный, N, EQ	гумидный тропический, Mz, P
Нивальная							
Субнивальная	+						
Гумидная умеренная (север)	+	+	+				
Гумидная умеренная (юг)		+	+	+		+	+
Семиаридная			+	+	+	+	+
Аридная			+	+	+		
Семигумидная тропическая (саванна)						+	+
Гумидная тропико-экваториальная							+

Между границами последнего и максимального оледенений значительны следы позднеплейстоценового долинообразования в гумидном климате межледниковий и последовавшей перигляциальной делювиально-солифлюкционной криопланации склонов. Значительно хуже перигляциальные образования представлены в области последнего оледенения, где криогенная переработка современного рельефа продолжалась сравнительно короткое время вслед за отступавшим ледником.

На Балтийском щите сквозь ледниковый рельеф "просвечивает" поверхность мезо-кайнозойского пенеплена, фиксированная хорошо дифференцированными корами выветривания – продуктами влажного и теплого климата [8].

IV. Гумидная и семигумидная умеренная зона, южная подзона, лежащая между границей максимального оледенения на севере и южной границей степной зоны на юге. Здесь фиксируется наибольшее разнообразие геоморфологических реликтов прошлых климатов.

Особенно повсеместно распространены реликты перигляциального климата. Они представлены мощными (до 15–18 м) суглинисто-щебневыми делювиально-солифлюкционными шлейфами пологих склонов, нередко разделенными погребенными почвами на ряд возрастных генераций, долинами малых рек с резко выраженной реликтовой инсоляционной асимметрией склонов, местами с криопедиментами, речными террасами с перигляциальным аллювием, мутьдообразными балками с межбалочными поверхностями денудационного снижения, эоловыми покровами лёссов с фиксирующими межледниковья погребенными почвами, дюнным рельефом на песках различного генезиса и возраста, суглинисто-щебневым элювием, разнообразными криогенными текстурами. В Восточносибирском секторе умеренного пояса плейстоценовый реликтовый перигляциальный рельеф сочетается с голоценовыми криогенными образованиями.

Гумидный умеренный климат плиоцена оставил сеть погребенных долин, межледниковых эпох плейстоцена – густую сеть речных долин, переработанных в ледниковые эпохи процессами перигляциального морфогенеза.

В нижнем ярусе водораздельных возвышенностей сохраняются денудационные ступени типа педиментов и педиленов, коррелятные коричнево-бурой семиаридной формации сыртовых глин и их аналогов в различных районах юга умеренного пояса Евразии. По возрасту эта формация относится к позднему эоплейстоцену – началу

раннего плейстоцена (виллафранк Южной и Западной Европы). С ней связано нижнее плато Поволжья и других возвышенностей внеледниковой Восточной Европы [9]. Следы виллафранкской семиаридной педиментации прослежены на Люблинской возвышенности [12], в Парижском бассейне [11], на севере Испании [12], в герцинской Средней Европе [13, 14].

Верхний ярус возвышенностей Русской равнины, а также педиментоподобные поверхности Урала, Казахского щита, Южной Сибири, Средней Европы несут остатки красноцветных кор выветривания и продуктов их переотложения, судя по геохимическим и минералогическим данным, а также по характерной для них ископаемой гиппарионовой фауне, формировавшейся в условиях миоценовой (или миоплиоценовой) саванны. Саванная педипланиция протекала как на платформенных равнинах, так и в горных областях – эпиплатформенных и эпигеосинклинальных, фиксируя всюду эпохи относительно спокойного состояния литосферы.

Но самыми древними элементами ныне существующего рельефа являются остатки постгерцинского мезозойского пенеплена, названного И.П. Герасимовым [15] "глобальным". Особенно интенсивная планиция и мощное корообразование происходили в позднем триасе, ранней и средней юре в условиях влажного и теплого климата, близкого климату современных влажных тропиков.

Мезозойский пенеплен образовался в результате денудационного выравнивания сформированных герцинским тектогенезом гор и возвышенностей. Затем в альпийском тектоническом цикле он был поднят, расчленен, деформирован, местами опущен и погребен под более молодыми мезо-кайнозойскими осадками, образовав молодые платформы. Формировавшие его мощные преимущественно кварц-каолиновые коры выветривания подверглись значительному размыву. Тем не менее, в умеренном поясе Евразии его остатки можно видеть в эпиплатформенных горах и на возвышенностях Западной и Центральной Европы, Урала, Казахского щита, Южной и Средней Сибири. В зависимости от тектонического режима в различных регионах возраст постгерцинского исходного пенеплена изменив в широком интервале – от позднего палеозоя до мезозоя включительно [16]. В восточном секторе умеренного пояса, где проявились движения мезозойского цикла, значение исходной поверхности приобретает мел-палеогеновый пенеплен.

Обилие и разнообразие геоморфологических реликтов прошлых климатов на юге умеренного пояса Евразии обусловлено сосредоточенностью современной механической денудации преимущественно в руслах рек и на подмываемых ими склонах. Ни в одной другой зоне нет столь благоприятных условий для сохранения реликтовых поверхностей не только на водоразделах, но и на склонах долин. Чем древнее реликтовые поверхности и формы, тем все более высокое положение они занимают и тем более удалены они от активно развивающихся долин. Однако на аккумулятивных низменностях, сложенных в основном четвертичными отложениями, набор реликтовых поверхностей резко сокращается, некоторые из них переходят в погребенное состояние.

V. Семиаридная зона. В полупустынях господствуют педименты разного возраста – от современных, опирающихся на днища долин и озерных впадин, до занимающих наиболее высокое положение остатков эоплейстоцен-раннеплейстоценовой полигенетической поверхности, имевшей широкое распространение на юге умеренного пояса. Широко распространены современные и реликтовые формы вторичного структурного рельефа – структурные террасы и плато, куэсты, отпрепарированные складки, интрузии и др. В центральных частях древних массивов сохраняются и более древние поверхности – миоценовые и даже мезозойские. В северной полосе полупустынь умеренного пояса процессы современной педиментации почти полностью переработали реликты перигляциального климата, представленные делювиально-солифлюкционными шлейфами пологих склонов. В эпохи плювиального климата плейстоцена формировалась сравнительно густая долинная сеть, однако склоны долин в большинстве своем переработаны семиаридной педиментацией.

В целом рассматриваемая зона благодаря площадной эрозии не благоприятна для сохранения реликтов прошлых эпох.

VI. Аридная зона. Многие исследователи (В.А. Обручев, И. Вальтер и др.) отмечали огромную разрушительную силу ветра в пустыне. И как парадокс – прекрасная сохранность многих свидетелей совершенно иного геологического прошлого [19]. К ним относятся следы былой деятельности рек и озер в Туране, Гоби и других пустынях, в том числе сухие долины с речными террасами и аллювиальные равнины. По мнению И.П. Герасимова [18], защитой этих реликтовых поверхностей и форм в Туране служат такыры, в Гоби – солевые сульфатно-карбонатные коры. Лишь пески не имеют защиты, их рельеф динамичен и здесь нет реликтов. По периферии пустынь – лёссовые покровы, образовавшиеся в прошлые эпохи плейстоцена в условиях полупустынных и степных климатов, близких современным. Развитые в лёссовых покровах погребенные почвы фиксируют эпохи плейстоценов. Реликты иных более древних климатов на пустынных равнинах Евразии – большая редкость.

VII. Семигумидная субтропическая зона Средиземья. Здесь среди реликтов преобладают поверхности денудационного выравнивания, сформировавшиеся в засушливых климатах тропического и субтропического типа в неогене и эоплейстоцене [17]. В этих условиях образовались педименты и островные горы. Меньшее распространение получили остатки постгерцинских пенепленов, формировавшихся на древних массивах в условиях влажного тропического климата.

VIII. Муссонные субтропики Дальнего Востока. Реликтовые поверхности изучены недостаточно [16]. В условиях раздробленности Китайской платформы можно полагать сохранность поверхностей двух уровней – верхнего мел-палеогенового пенеплена и нижнего плиоценового или эоплейстоценового, условия формирования которого не вполне ясны.

IX. Семигумидная тропическая зона (саванна). Охватывает районы Индостана и Индокитая. В нижнем поясе возвышенностей и невысоких гор развиты поверхности саванной планации, с красноцветными продуктами выветривания, их формирование началось в конце палеогена [19]. Эти формы представляют собой педименты, у которых в отличие от педиментов семиаридных более активно развиваются не надпедиментные склоны, а сами поверхности педиментов [20]. Самые молодые и низкие поверхности опираются на днища речных долин и продолжают развитие в настоящее время. На водоразделах сохраняются островные останцовые плато и массивы с остатками мезозойских и палеогеновых кор выветривания.

X. Гумидная тропико-экваториальная зона распространена на Зондских островах, частично в Индокитае и Индостане. Теплый и влажный климат установился здесь еще в начале мезозоя и сохраняется до настоящего времени. Некоторые смещения испытывали лишь границы зоны, в связи с чем на ее окраинах в качестве реликтов сохраняются поверхности саванной планации [21]. Мощные глинистые коры выветривания подвержены воздействию тропической солифлюкции, и в относительно стабильных тектонических условиях развитие рельефа идет в основном по схеме пенепланации [22]. В мезо-кайнозой эта зона отличалась наиболее постоянным климатом и неизменным типом экзогенного морфогенеза. Мощные, хорошо дифференцированные коры выветривания – следствие не только максимальной на Земле интенсивности геохимических процессов, но и большой продолжительности их воздействия. Континентальная осадочная формация рассматриваемой зоны характеризуется наибольшей олигомиктовостью.

Таковы основные закономерности сохранения геоморфологических реликтов прошлых климатов на равнинах, отчасти в низкогорьях Евразии. Что касается высокогорных областей, то для них также характерна определенная поясность в распространении реликтов климатов прошлых эпох. Однако глубокое вертикальное расчленение и некоторые другие особенности высокогорий в целом уменьшают сохранность реликтов и создают свои закономерности, требующие специального анализа.

Анализ изложенного материала позволяет сделать ряд выводов:

1. В распространении геоморфологических реликтов климатов прошлых эпох на равнинах Евразии отчетливо выражена зональность. Каждая выделяемая зона характеризуется определенным сочетанием реликтовых форм и поверхностей. В пределах зон дифференциация реликтов имеет некоторую морфоструктурную обусловленность [16].

2. Чем севернее расположен современный климатический тип морфогенеза, тем он моложе. Самым древним является тропико-экваториальный гумидный тип, самыми молодыми – нивальный и субнивный.

3. В мезо-кайнозой дифференциация климатических типов морфогенеза нарастала. В целом климаты мезозоя в Евразии были значительно менее дифференцированы и контрастны, чем в кайнозой [23]. В юрском периоде почти во всей Евразии имел распространение лишь один – гумидный тропический тип морфогенеза. В четвертичном периоде их количество стало максимальным.

4. В различных современных климато-геоморфологических зонах условия сохранения реликтовых поверхностей и форм неодинаковы. Наилучшие условия характерны для умеренной гумидной зоны, где реликтовые поверхности занимают преобладающие площади. И почти совершенно не сохраняются реликты в зоне нивальной.

5. Разнообразие геоморфологических реликтов прошлых климатов в Евразии возрастает от экваториальной зоны в северном направлении, достигая максимума в умеренной гумидной зоне. Далее на север их количество вновь сокращается и в нивальной зоне, как и в экваториальной, геоморфологических реликтов климатов прошлого почти нет.

Вполне очевидно, что климато-геоморфологическое зонирование Евразии, как и любой другой территории, должно учитывать не только современные климатически обусловленные рельефообразующие процессы и создаваемые ими формы, но также поверхности и формы, образованные иными процессами в иных климатах. Только такое зонирование и районирование позволит в полной мере раскрыть роль климатического фактора в создании существующего рельефа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дэвис В.М. Геоморфологические очерки. М.: Изд-во иностр. лит., 1962. 456 с.
2. Пенк В. Морфологический анализ. М.: Географгиз, 1961. 360 с.
3. Penk A. Die Morphologie der Erdoberfläche. Bd. 1. Berlin: 1894.
4. Ласкарев В.Д. Общая геологическая карта Европейской России. Лист 17 // Тр. Геолкома. Нов. Серия. Вып. 77. 1914. 710 с.
5. Kessler P. Das eiszeitliche Klima und seine geologischen Wirkungen im nicht vereisten Gebiet. Stuttgart: 1925. 210 s.
6. Шанцер Е.В. Некоторые новые данные по стратиграфии четвертичных отложений Среднего Поволжья в связи с вопросом о погребенных почвах в делювиальных шлейфах // Тр. комис. по изуч. четвертич. периода. 1935. Т. IV. Вып. 2. С. 37–60.
7. Дедков А.П., Мозжерин В.И., Ступишин А.В., Трофимов А.М. Климатическая геоморфология денудационных равнин. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1977. 224 с.
8. Петров В.П. Основы учения о древних корях выветривания. М.: Недра, 1967. 343 с.
9. Дедков А.П. Верхнее плато Восточно-Европейской равнины // Геоморфология. 1993. № 4. С. 82–89.
10. Jahn A. Wyżyna Lubelska // Prace geogr. PAN. 1956. T. 7. 398 s.
11. Трикар Ж. Условия образования пластово-ступенчатого рельефа в Парижском бассейне // Вопр. климатич. и структурной геоморфологии. М.: Изд-во иностр. лит., 1959. С. 147–165.
12. Birot P. Europe. Espagne // Ann. Geogr. 1960. V. 69. № 375. S. 548–550.
13. Budeo J. Pedimente, Rumpfflachen und Ruckland-Steilhänge, deren active und passive Ruckverlegung in verschiedenen Klimaten // Zeitschr. Geomorphologie. 1970. Suppl. 14. S. 3–10.

14. *Stablein G.* Zur Frage geomorphologische Spuren arider Klimaphasen in Oberrheingebiet // Zeitschr. Geomorphologie. 1972. Suppl. 15. S. 66–83.
15. *Герасимов И.П.* Три главных цикла в истории геоморфологического этапа развития Земли // Геоморфология. 1970. № 1. С. 19–27.
16. *Тимофеев Д.А.* Поверхности выравнивания суши. М.: Наука, 1979. 270 с.
17. *Биро П., Дреш Ж.* Поверхности выравнивания в Средиземноморье // Поверхности выравнивания и коры выветривания. М.: Наука, 1976. С. 83–91.
18. *Герасимов И.П.* Черты сходства и различия в природе пустынь // Очерки по физической географии зарубежных стран. М.: Географгиз, 1959. С. 150–165.
19. *Николаев В.А.* Вопросы геоморфологии Индостана // Геоморфология. 1970. № 2. С. 19–27.
20. *Louis H.* Rumpffflächenproblem, Erosionzyklus und Klimageomorphologie // Machatschek-Festschrift. 1957. S. 9–26.
21. *Zonneveld J.J.S.* Some problem of tropical Geomorphology // Zeitschr. Geomorph. NF. 1975. Bd. 19. № 4. S. 377–392.
22. *Tricart I.* Les Caractéristiques fondamentales du system morphogenetique des pays tropicaux humides // Inform. Geogr. 1961. V. 25. № 4. P. 155–169.
23. *Синицин В.М.* Древние климаты Евразии. Ч. 2. Л.: Изд-во ЛГУ, 1966. 166 с.

Казанский госуниверситет,
Институт географии РАН

Поступила в редакцию
01.10.2002

RELICTS OF PAST CLIMATES IN RELIEF OF EURASIA

A.P. DEDKOV, D.A. TIMOFEEV, V.V. MOZZHERIN, I.I. SPASSKAYA

Summary

During the Meso-Cenozoic time, changes of climate resulted more than once in that exogenic morphogenesis types replaced one another and relief underwent restructuring. It should be noticed, however, that though new landforms evolved in the process, some of older once persisted as relicts from former climates. There is a distinct zonality in distribution of relict landforms over plains of Europe.

УДК 551.435.36→551.4.013

© 2003 г. И.О. ЛЕОНТЬЕВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ТЕРМОАБРАЗИОННОГО БЕРЕГА¹

Введение

Существующие подходы к прогнозу развития термоабразионных берегов основываются, прежде всего, на данных наблюдений и направлены на поиск эмпирических связей между скоростью отступления берегов и параметрами внешних воздействий, в частности, штормовой активности [1, 2]. При современном уровне знаний подобные эмпирические методы оказываются, безусловно, наиболее эффективными с практической точки зрения и, очевидно, будут развиваться и дальше. Вместе с тем, уже на данной стадии исследований было бы желательно создать модель эволюции термоабразионного берега, хотя бы в упрощенной форме отражающую реальные механизмы перемещения наносов в береговой зоне. При этом, естественно, должен быть соблюден определенный баланс между долговременными фоновыми факторами и кратковременными, но весьма интенсивными штормовыми воздействиями. Определенным преимуществом подобного альтернативного подхода является пред-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 00-05-64077).