

Континентальные области с ведущей ролью биогенного морфолитогенеза

С.И. Болысов, А.А. Деркач

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет,
Москва, Россия*

Continental areas with the prevailing role of biogenic factor in transformation of relief and soil

S.I. Bolysov, A.A. Derkach

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia

This article is devoted to the biogenic relief-formation — the geomorphologic process, which has not yet been studied in detail for continents. However it appears that this process plays a great role in the continental formation of relief. There are some areas where the biogenic influence upon relief is even the most important. So there are approximately 23 million km² of land with the main role of organisms in the relief-formation (about 15% of the total Earth land area). These are bogs, the bottoms of many small fresh lakes, the subhorizontal surfaces out of flood-lands and lands with the karst or permafrost in the humid climate, many local sites with the greatest intensity of biogenic transformation of the surface (beaver complexes, termitarium savannas, mole-hills chernozems, the slopes with cow-terraces and others). One more kind of these areas is presented with the subairal parts of the organic seacoasts. The relic subaquatic biogenic forms (sometimes — macroforms) in the land are the specific case of such areas too, where the look of the relief is caused by the ancient sea organisms activity. Less influence of biogenic factor upon the land surface and soil masses is marked in the almost whole continental territory (out of the extra-arid, polar and Alpine deserts or large towns). The indirect influence of biogenic factor upon the abiogenic geomorphologic processes is great too. The change of character of biota results in the change of their intensity in 10-1000 times, sometimes it blocks or initiates some of these processes. The great anthropogenic influence upon the relief realizes in the change of organic complexes often, especially in the vegetation. From the other point the man activity can intensify the biogenic relief-formation. The obvious example of this is the great activity of moles, ants and other soil animals in relief transformation in the arable lands after finish of tilling. Our semistationary observations in the Protva River basin show that the density of biogenic forms (number/ha) and the mass of the soil removed by these animals (tons per ha per year) grow in 10-100 times during 3-5 years after the finish of tilling. So the biogenic relief-formation in great continental areas is comparable to different other exogenous geomorphologic processes and sometimes it is the main one.

В отличие от субаквальных биогенных форм рельефа, континентальный биогенный рельеф до последнего времени был изучен сравнительно слабо, и биогенный фактор рельефообразования на суше явно недооценивался. Вместе с тем, во-первых, формы воздействия организмов на континентальный рельеф весьма разнообразны, во-вторых, в ряде случаев степень такого воздействия оказывается весьма внушительной.

Болысов С.И., Деркач А.А. Континентальные области с ведущей ролью биогенного морфолитогенеза // Изменения природной среды на рубеже тысячелетий. Труды Международной электронной конференции. Тбилиси-Москва, 2006, с. 19-24. www.cetm.narod.ru/pdf/bolysov.pdf

Биогенный фактор прямо или косвенно участвует в рельефообразовании почти на всей поверхности суши (а также на берегах и в океане), кроме пустынных областей — нивальных и экстрааридных (хотя и в этих случаях само отсутствие или крайне малые значения биомассы — важный фактор современного формирования рельефа). Уже сама по себе эта "повсеместность" биогенного участия или воздействия на геоморфологические процессы отражает выдающуюся роль биоты в континентальном морфолитогенезе. Однако, существует немало территорий суши, где биогенное рельефообразование (прямое) является определяющим для земной поверхности, а, соответственно, биота — ведущим агентом морфолитогенеза. На наш взгляд, можно выделить 6 основных категорий участков суши разного ранга, в пределах которых биогенное рельефообразование (преимущественно современное, реже — прежних геологических эпох, проявляющееся в современном рельефе) следует считать наиболее значимым. Попытаемся оценить порядок величин площадей, занимаемых этими территориями.

1. Наиболее очевидной из этих категорий являются, безусловно, болотные комплексы разных типов и разных масштабов — области торфонакопления и формирования болотного мезо-, микро- и нанорельефа. Болота и заболоченные территории занимают не менее **5 млн. км²**, или около 3% площади суши. Кроме того, накопление преимущественно биогенных осадков (сапропели), а также зарастание (заболачивание) свойственно многочисленным малым озерам, общая площадь которых (за вычетом минеральных) не менее **0,5 млн. км²**.

2. Вне полярных и аридных пустынь биогенное преобразование земной поверхности является основным на субгоризонтальных территориях в гумидном климате, исключая речные поймы и днища малых эрозионных форм. Это относится к плакорам, речным, озерным и морским террасам. Исключения составляют площади (тоже достаточно обширные), где широко распространены карст и суффозия или мерзлотные процессы (области многолетней мерзлоты). В других случаях среди геоморфологических процессов, протекающих на субгоризонтальных поверхностях, проявляются только эоловые (относительно мало значимые на большей части площадей в гумидном климате), капельно-дождевая эрозия (как правило, существенно ослабленная при плотном растительном покрове) и абиогенное выветривание (создающее только пикоформы), если не считать антропогенного рельефообразования, которое бывает более значимым на освоенных территориях (и которое может быть отнесено к **разновидности** биогенного).

По оценкам С.С. Воскресенского (1971), примерно 15-20% суши (на примере Евразии) — субгоризонтальные поверхности. Если вычесть перечисленные группы территорий (поймы, области многолетней мерзлоты или подверженные карсту), получим приблизительную величину субгоризонтальных поверхностей с ведущим значением биогенного фактора (за вычетом еще и болотных комплексов) — **около 4 млн. км²**. Таким образом, если абстрагироваться от антропогенного фактора, порядка 4 млн. км² площади суши вне болот в настоящее время преобразуется, главным образом, за счет деятельности биоты, с формированием биогенных неровностей земной поверхности (землерои, копытные животные, искори и т.д.). Здесь следует подчеркнуть, что организмы перерабатывают, в среднем, около 30-50 т/га в год поверхностного материала, тогда как эоловая аккумуляция в гумидном климате обычно не превышает 2-3 т/га в год (дефляция же проявляется, в основном, на пашнях, в местах добычи полезных ископаемых, либо на участках крутых склонов, на берегах морей, озер и крупных рек, а также на пожарищах); капельно-дождевая эрозия — обычно не более 0,001 т/га в год (Борсук и др., 1977; Ананьев, Ващалова, 1975; Бредихин, 1989).

3. В ряде случаев довольно большие площади занимают реликтовые биогенные формы, чаще — сформировавшиеся в субаквальных морских условиях. Крайним случаем является крупнейшая биогенная форма мира — Большой Барьерный риф (строго говоря, в значительной степени в настоящее время — субаэральная), длиной более 2200 км. Более мелких, но тоже достаточно крупных подобных форм известно немало на поверхности суши. Приблизительно их суммарную площадь (с учетом биостромов) можно оценить в **7-8 млн. км²**. В данном случае рельеф предопределен биогенными процессами, происходившими в прежние геологические эпохи.

4. В пределах, главным образом, безлесных природных зон (степи, саванны, полупустыни, частично тундры), но отчасти и в лесных — существуют немалые площади, в пределах которых плотность биогенных форм столь значительная, что ведущая роль биогенного агента в рельефообразовании не вызывает сомнений. Это термитниковые саванны, кротовинные черноземы, участки тундры или степи, оккупированные соответственно леммингами и сурками или сусликами; в лесах — малые реки в пределах бобровых ареалов, отчасти обширных ветровалов (в частности — в Восточной Сибири, в ряде горных областей) и нек. др. Заметим, что здесь речь идет уже не только о внепойменных субгоризонтальных поверхностях, но и о некрутых склонах, площади которых могут быть достаточно велики, а также о части высоких пойм малых рек лесной зоны. Приблизительно эти площади (за вычетом субгоризонтальных вне пойм) составляют не менее **1 млн. км²**.

5. Наиболее многочисленны, конечно, участки интенсивного биогенного преобразования небольшой площади (в каждом случае), однако суммарная площадь таких локальных проявлений интенсивного биогенного прямого воздействия на рельеф достаточно велика. Речь идет о логовищах и городищах сравнительно крупных млекопитающих, о заламах, колониях птиц (гнезда, скопления гуано), участках с аномально высокой плотностью земляных муравейников, пороях копытных животных, склонах с коровьими и овечьими тропами и т.п. К примеру, в пределах Сатинского ключевого полигона в бассейне р. Протвы (площадью 20 км²) подобные участки занимают около 0,8 км², или примерно 4% площади. Если экстраполировать эту цифру (это, безусловно, допущение, но, думается, детально исследованные 20 км² — величина, позволяющая говорить о порядке величин) на те зоны, где средние величины переработки поверхностных грунтов с формированием микрорельефа не уступают таковым для лесов умеренного пояса (за вычетом пустынь и части областей с многолетней мерзлотой, где плотность биоформ существенно меньше), в масштабах суши подобные локальные проявления вкуче занимают, вероятно, не менее **3,5 млн. км²**.

6. Шестую категорию составляют субаэральные части органогенных морских (или крупных озер) берегов. При оценке площадей, где биогенный агент рельефообразования оказывается ведущим, их, безусловно, необходимо учитывать. Напомним, что к ним относятся коралловые, мангровые, тростниковые и маршевые берега. "Сухопутная" часть берегов имеет обычно небольшую ширину (от десятков до первых км, реже — до десятков км), но суммарная длина их весьма значительна. Так, только длина берегов, вдоль которых интенсивно развивается зообентос, составляет 400 тысяч км, т.е. более половины длины берегов Мирового океана, а площадь таких береговых зон (вместе с подводным склоном) — около 400 тысяч км² (Клиге и др., 1977; Шуйский, 1986). Общая площадь органогенных берегов оценивается примерно в **1 млн. км²**.

Таким образом, на суше рельеф территорий на площади около 23 млн. км² развивается, главным образом, под прямым воздействием биоты, что составляет около 15% общей площади суши. Думается, одной этой цифры уже достаточно, чтобы признать значительный вклад организмов в современное рельефообразование, не говоря уже о косвенном влиянии биоты на континентальный морфолитогенез. Примечательно, что практически те же цифры (15-25% площади) получены нами на основе изучения "детальных" площадок на Сатинском ключевом полигоне. С одной стороны, эти площадки располагаются на участках повышенной морфолитогенетической активности биоты, с другой стороны — они находятся вне территорий, где существуют крупные реликтовые биогенные формы, вне биогенных берегов и иных крупных биогенных форм и комплексов, занимающих на суше и вдоль ее границ обширные площади. Таким образом, указанная доля поверхности суши, где рельеф создан организмами, подтверждается по двум направлениям исследований ("с двух сторон") — на основе обобщения литературных и картографических источников и по результатам детальных наблюдений на ключевых участках. Среднюю плотность биогенных микроформ на суше (на основе литературных сведений и наблюдений на ключевом полигоне) можно оценить приблизительно в 50 шт./га.

Если же говорить о воздействии биоты на поверхностный субстрат, то разрыхляющая деятельность червей и другой почвенной фауны, корней растений, экскреторные накопления

животных (нередко с формированием копролитовой структуры почвенных агрегатов), биотурбационные изменения текстуры охватывают едва ли не всю поверхность суши, за исключением полярных высокогорных и экстрааридных пустынь, а также части областей на многолетней мерзлоте и урбанизированных территориях (даже без учета почвообразования или биохимических процессов выветривания).

Чрезвычайно важную роль в рельефообразовании играет и косвенное воздействие биоты. Изменение ее характера и биомассы во многих случаях изменяет интенсивность абиогенных геоморфологических процессов на 1-3 порядка, вплоть до их блокирования или инициации. Следует подчеркнуть, что общепризнанное значительное антропогенное воздействие на рельефообразование во многих случаях реализуется именно в преобразовании человеком биотических сообществ и в первую очередь — растительного покрова. Наиболее известный и очевидный пример — распространение делювиального смыва в тех природных зонах, где он далеко не характерен, в частности — при сведении лесной растительности.

С другой стороны, характер и интенсивность воздействия организмов на рельеф во многих случаях в существенной степени зависят от характера антропогенного воздействия на природно-территориальные комплексы. Показательной в этом отношении является активизация зоогенного преобразования микрорельефа на распаханых территориях.

Для оценки масштабов биогенной переработки на пашне были обследованы в разные годы несколько "полос" (площадью от 0,25 до 3 га) на некоторых распаханых участках ключевого Сатинского полигона, где пашня занимает около 40% площади. Результаты, полученные по этим "полосам", обобщены и представлены в таблице 1 (Деркач, 2005).

Таблица 1. Динамика биогенного микрорельефа на пашне (бассейн Средней Протвы, Сатинский полигон)

Состояние пашни	Плотность форм биогенного микрорельефа, шт./га	Масса переработанного материала, т/га	Преобладающие виды биогенных микроформ
Свежая пашня	<50	<0,5	Мелкие норки и единичные маленькие кротовины
Под паром или заброшена 1 ^{ый} -2 ^{ой} год	немногим >100	1-3	Небольшие кротовины и многочисленные маленькие и средние земляные муравейники
Старая залежь	>1000	10-20	Кротовины (в том числе, много крупных) и земляные муравейники всех размеров

Территорию Сатинского полигона перестали активно распахать в 1999-2000 годах, хотя некоторые участки еще пару лет засеивали кормовыми травами. На данный момент большинство заброшенных пахотных угодий превратились в луга, которые используют, главным образом, как пастбища, реже — под сенокос. Как видно из таблицы, при прекращении распашки плотность биогенного микрорельефа и биогенная переработка грунта мелкими животными и насекомыми за несколько лет возрастают в несколько десятков (а иногда — в 100) раз. Таким образом, еще одним типом территорий с высокой активностью биогенного рельефообразования являются залежи (заброшенные пашни), где этот процесс оказывается ведущим (по крайней мере, в первые годы и десятилетия после прекращения прямого антропогенного воздействия).

В 1997-2005 годах, на рубеже тысячелетий, нами проводились полустационарные наблюдения за динамикой биогенного рельефа в лесной зоне Европейской территории России — на нескольких ключевых участках Сатинского полигона: на Бутовском холме (залесенный плакор площадью 19,5 га), на "Дедюевской" пойме (луг площадью 6 га) и в Сенокосной балке (площадь около 2,5 га). По результатам этих исследований (рис. 1) можно сделать несколько основных выводов по данному региону. Во-первых, наиболее характерные величины для плотности биогенных форм — это от первых сотен до тысячи шт./га, а для массы переработанного биотой материала — от первых т/га до 25 т/га. Во-вторых, довольно четко отмечается сезонная динамика биогенного морфолитогенеза: его интенсивность, как правило, резко повышается в осенний сезон (а также, судя по выборочным весенним наблюдениям, после весеннего снеготаяния). В-третьих, весьма ярко проявилась резкая активизация роющей деятельности животных в аномально влажные 2001 и 2004 годы. Очевидно, это связано со значительным уменьшением аэрации грунтов при переувлажнении (Деркач, 2005).

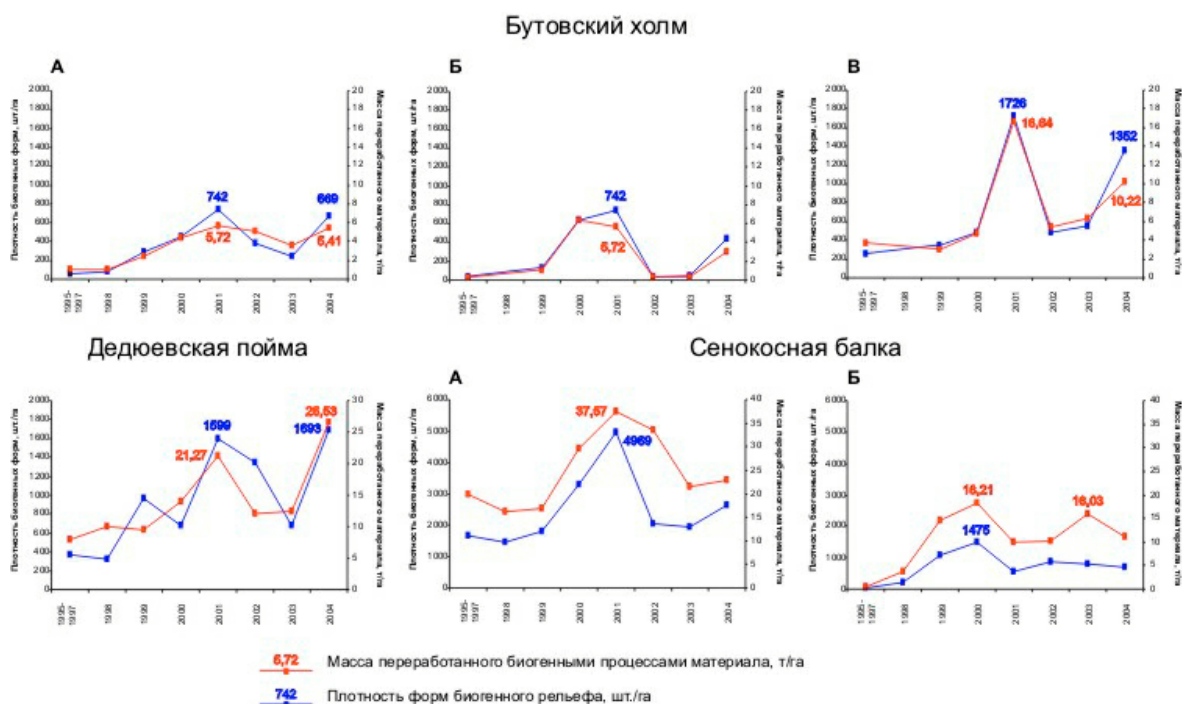


Рис. 1. Динамика биогенного рельефа на некоторых участках Сатинского полигона

Результаты полустационарных наблюдений (с учетом данных по пашням) позволяют сделать также вывод о том, что на значительных территориях Европейской части РФ к началу XXI века в целом прослеживается тенденция к увеличению площадей с ведущей ролью биогенного фактора в морфолитогенезе — именно за счет распаханых ранее площадей. Данная тенденция обусловлена заметным сокращением пахотных угодий и превращением их в залежи вследствие социально-экономических изменений в обществе, вызванных реформами начала 1990-х годов.

Таким образом, на наш взгляд, все вышесказанное позволяет утверждать, что биогенное рельефообразование на суше на значительных площадях не уступает (или даже превосходит) воздействию на рельеф иных экзогенных геоморфологических процессов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 05-05-65087.

ЛИТЕРАТУРА

- Ананьев Г.С., Вацалова Т.В. Наблюдения за эоловыми процессами в Карпатах // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 1975. № 5. С. 105-107.
- Борсук О.А., Спасская И.И., Тимофеев Д.А. Вопросы динамической геоморфологии. М.: ВИНТИ, 1977. 151 с.
- Бредихин А.В. О роли капельно-дождевой эрозии в процессах денудации рельефа // Геоморфология. 1989. № 4. С. 51-59.
- Воскресенский С.С. Динамическая геоморфология. Формирование склонов. М.: Изд-во МГУ, 1971. 230 с.
- Деркач А.А. Биогенный рельеф лесной зоны Европейской территории России // Автореф. дисс... канд. геогр. наук. — М.: Изд-во МГУ, 2005. 25 с.
- Клиге Р.К., Леонтьев О.К., Лукьянова С.А. и др. Уровень, берега и дно океана. М.: Наука, 1977. 191 с.
- Шуйский Ю.Д. Проблемы исследования баланса наносов в береговой зоне морей. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 240 с.