

ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.4

А. Х. МУКАТАНОВ

ОБ ЭНЕРГЕТИКЕ ПОЧВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

Использование энергетических критериев в характеристике минеральной части горных почв Южного Урала (в пределах Башкирской АССР) более определенно раскрывает их генетические особенности. Показано, что динамичность энергетических показателей органических компонентов лесных почв определяется физико-географическими условиями и видовым составом леса.

Элементарные почвенные процессы [7] тесно связаны с особенностями почвообразующих пород [11]. В процессе почвообразования происходит изменение свободной энергии, энтропии. Термодинамической перестройке почвообразующих пород [6] способствуют климатические условия территории, от которых зависит жизнедеятельность микроорганизмов и растений [1, 2, 8]. Очень важной стороной биологического круговорота веществ является неразрывный процесс передачи и превращения энергии [12], баланс которой при этом крайне важно учитывать. Взаимодействие органического вещества с минеральной частью почвы, особенно с ее глинистыми минералами [10], имеет важное значение в характере почвообразовательного процесса. При этом солнечная энергия — основной источник энергии на Земле — через растительность и подстилку поступает к микроорганизмам, которые в свою очередь активно воздействуют на почвенные процессы. Энергетический подход к анализу динамически развивающихся процессов природы, как справедливо отметил Ферсман [13], является конечной целью наших исканий, а калория или киловатт должны быть единым мерилем определения хода процесса.

Таким образом, энергетика почвообразовательного процесса в конечном итоге может и должна служить целям углубленного понимания получаемых экспериментальных данных для минеральных и органических компонентов почв. С этих позиций в настоящей статье обсуждаются полученные нами экспериментальные данные. Изучение энергетики почвообразовательного процесса связано с именем Волобуева [3—6]. В настоящей работе также использованы обобщенные и предложенные для почвенных исследований Волобуевым [4] энергетические коэффициенты и критерии.

Энергия, связанная с минеральной частью почвы, которая представляет, по мнению Ковды [9], «потенциальную энергию глубинных процессов планеты», в расчете на 1 см^3 почвенного профиля во всех рассматриваемых случаях оказалась равной 41—44 кал, что показывает в целом единство генезиса рассматриваемых почв по геологотектоническим условиям их формирования. С увеличением полуторных окислов, окислов

Таблица 1

Энергия кристаллической решетки минеральной части горных почв Южного Урала
(по SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , K_2O и P_2O_5 в ккал/100 г абсолютно сухой навески)

Горизонт и глубина, см	Энергия кристаллической решетки (U)	Энергия кристаллической решетки без SiO_2 (u)	$\frac{u}{U}$, %	Горизонт и глубина, см	Энергия кристаллической решетки (U)	Энергия кристаллической решетки без SiO_2 (u)	$\frac{u}{U}$, %
Тундровая на кварцитах и гранитах. Разр. 66—67, высота 1500 м				Темно-серая лесная на элювиально-делювиальной бескарбонатной глине. Лес 8Б2С. Разр. 47—66, высота 570 м			
A+B 10—20	4652	600	13	A ₁ 1—20	4408	858	19
Луговая субальпийская на кварцитах и филлитовых сланцах. Разр. 68—67 высота 1200 м				AB 32—42	4374	750	17
A ₁ 6—20	4269	900	21	B ₂ 60—70	4320	780	18
AB 30—40	4172	890	21	CD 100—110	4313	870	20
Лесная бурая кислая на кварцитах и филлитовых сланцах. Лес 10Е. Разр. 69—67, высота 1100 м				Дерново-лесная карбонатная типичная на доломитах. Лес 10С. Разр. 42—71, высота 610 м			
A ₁ 5—20	4328	723	17	A ₁ 2—12	4176	672	16
B 30—40	4126	706	17	AB 12—22	4234	724	17
Дерново-подзолистая на серицит-хлорит-кварцевых сланцах. Лес 7ПЗЕ. Разр. 35—71, высота 970 м				Дерново-лесная карбонатная выщелоченная на окварцованных доломитах. Лес 9Л1Д. Разр. 45—71, высота 570 м			
A ₁ 0,5—3	4416	658	15	A ₁ 1—15	4156	883	21
A ₂ 5—15	4612	672	15	AB 20—30	4272	967	22
BC 30—40	5548	747	16	BC 45—55	4165	963	23
C 50—60	4409	846	19	Чернозем слабоподзоленный на элювиально-делювиальном карбонатном суглинке. Культура сосны 25 лет. Разр. 33—71, высота 550 м			
Серая лесная на кварцитах и серицитовых сланцах. Лес 10С+Б. Разр. 25—71, высота 650 м				A ₁ 2—20	4282	733	17
A ₁ 1—10	3945	879	22	AB 30—40	4260	737	17
AB 10—20	4052	950	22	B ₂ 90—100	4267	849	20
BC 40—50	3830	885	23	C 125—135	4167	827	20
Серая лесная на аргиллитах, глинистых и слюдяных сланцах. Пашня. Разр. 38—66, высота 560 м				Чернозем выщелоченный на глинистых сланцах. Пашня. Разр. 9—66, высота 570 м			
A _{пах} 0—20	3932	1003	25	A _{пах} 0—20	4280	813	19
AB 25—35	4034	890	22	A ₁ 20—30	4358	846	19
B ₂ 40—50	3890	1000	25	AB 30—40	4442	821	18
BC 70—80	3973	981	25	BC 45—55	4318	900	20

Примечание. Все почвы тяжелого механического состава.

кальция, магния и других элементов энергия решетки минералов уменьшается, а освобождающаяся при этом энергия, надо полагать, расходуется в почвообразовательном процессе. По отношению энергии минеральной части почв без SiO_2 к общей энергии (табл. 1) выделяются 3 группы горных почв Южного Урала. В первую группу (отношение <15%) входят тундровая, дерново-подзолистая и с некоторой условностью лесная бурая кислая почвы; во вторую (отношение 15—20%) — дерново-карбонатная типичная, темно-серая лесная почвы и черноземы, в третью (отношение >20%) — луговая субальпийская, дерново-карбонатная выщелоченная и серые лесные почвы.

Если учесть, что все названные выше почвы характеризуются выщелоченностью, а климатические условия района их распространения способствуют этому, то относительно молодыми окажутся почвы первой группы. Во второй же группе оказались почвы с более выраженным

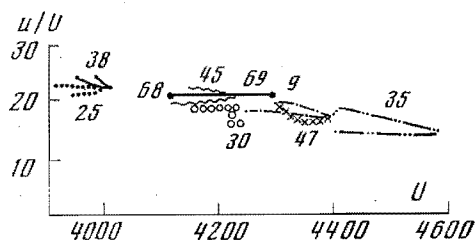
дерновым процессом. Серые лесные почвы третьей группы оказываются более древними.

В вариациях энергии решетки в профиле рассматриваемых почв также обнаруживаются определенные закономерности (рисунок). Данные для горизонта, следующего за перегнойно-аккумулятивным, сдвинуты вправо, в сторону большей сиаллитизации. Такой характер распределения данных подтверждает наличие в горных дерново-подзолистой, дерново-карбонатной выщелоченной, серых лесных почвах, а также в выщелоченном черноземе явлений разрушений минеральной их части, сопровождающихся повышением доли кремнезема. Аналогичные результаты получены Волобуевым [5] при изучении почв Ленкоранской обл. Азербайджанской ССР. В дерново-карбонатной почве этот процесс не выражен, а в черноземе оподзоленном загущиван. По-видимому, в последнем случае луговой процесс играл большую роль. Данные для двух горизонтов лесной бурой кислой и луговой субальпийской расположены в одну линию, что указывает на их генетическую близость.

По количеству энергии, аккумулированной в гумусе (табл. 2), наиболее богаты горные полноразвитые почвы — черноземы (около 19 тыс. кал/г на 1 см²), наименее — горно-лесные малоразвитые. При расчетах на 10-сантиметровый почвенный слой (табл. 3) наибольшая аккумуляция энергии в гумусе среди исследуемых почв отмечена в дерново-карбонатной типичной почве. Для дерново-подзолистой, серой лесной (пахотной), дерново-карбонатной выщелоченной, а также темно-серой лесной почвы характерна меньшая аккумуляция энергии в гумусе в слое 0—10 см. В пахотной серой лесной почве отмеченное явление объясняется быстрой минерализацией гумуса в процессе интенсивного сельскохозяйственного освоения без внесения органических удобрений. При рассмотрении данных для темно-серой лесной почвы следует учитывать наряду с мощностью мелкоземистой толщи приуроченность высокого содержания гумуса (10%) только к верхнему 20-сантиметровому слою. Поэтому в неполноразвитой лесной почве (разр. 25—71) аккумуляция энергии в гумусе на 1 см² почвенного профиля оказывается больше. Среднее положение занимают черноземы, и в данном случае сказывается мощность почвенного профиля. С увеличением мощности почвенного профиля во всех случаях энергия гумуса по отношению к энергии минеральной части уменьшается. Близость констант дерново-подзолистой, серой лесной пахотной и темно-серой лесной почв указывает, по-видимому, на одинаковую интенсивность протекающих в них процессов и их однонаправленный характер. В этом ряду особняком находится почва разр. 25—71, которая несет в себе черты серой лесной и бурой лесной почв. Морфологическое описание этой почвы подтверждает сказанное.

Таким образом, рассмотренный материал позволяет с энергетических позиций уточнить генетические и классификационные вопросы исследуемых почв и показывает важность выделения родов по развитости всей мелкоземистой толщи.

Рассмотрим с точки зрения энергетического баланса минерализацию лесной подстилки и образование гумусовых веществ в системе лесная подстилка — микроорганизмы — гумус. Прежде всего отметим, что наибольшая аккумуляция энергии растительных остатков в опаде и



Изменение энергии решетки минеральной части и энергии ее бескремнеземной части по профилю горных почв Южного Урала (объяснения в тексте)

Таблица 2

Энергия, аккумулированная в гумусе горных почв Южного Урала*

Горизонт и глубина, см	Содержание гумуса по Тюрину, %	Объемный вес, г/см ³	Запасы гумуса в профиле, т/га	Энергия гумуса в кал/г на 1 см ²
Дерново-подзолистая, разр. 35—71				
A ₁ 0,5—3	8,60	1,00	146	5 840
A ₂ 5—15	2,68	1,32		
BC 30—40	1,25	1,35		
Серая лесная, разр. 25—71				
A ₁ 1—10	11,13	1,02	255	10 200
AB 10—20	4,95	1,22		
B 20—30	3,70	1,26		
BC 40—50	0,92	1,30		
Серая лесная, разр. 38—66				
A _{пах} 0—20	5,62	1,00	256	10 240
AB 25—35	3,87	1,32		
B ₂ 40—50	1,05	1,38		
BC 70—80	0,49	1,56		
Темно-серая лесная, разр. 47—66				
A ₁ 1—20	10,09	0,81	310	12 400
A ₁ 20—30	5,30	1,14		
AB 32—42	2,46	1,40		
B ₁ 45—55	0,97	1,56		
B ₂ 60—70	0,82	1,56		
BC 70—80	0,80	1,60		
Дерново-лесная карбонатная типичная, разр. 42—71				
A ₁ 2—12	10,72	1,10	200	8 000
AB 12—22	6,50	1,26		
Дерново-лесная карбонатная выщелоченная, разр. 45—71				
A ₁ 1—15	7,93	0,82	240	9 600
AB 20—30	4,53	1,14		
BC 45—55	1,37	1,22		
Чернозем слабоподзоленный, разр. 30—71				
A ₁ 2—20	9,74	1,06	480	19 200
AB 30—40	4,70	1,32		
B ₁ 50—60	1,90	1,53		
B ₂ 90—100	0,94	1,70		
Чернозем выщелоченный, разр. 9—66				
A _{пах} 0—20	7,54	0,93	310	12 400
A ₁ 20—30	7,58	1,10		
AB 30—40	3,46	1,32		
BC 45—55	1,92	1,40		

* Расчеты сделаны с учетом мелкозема, теплопроводная способность гумуса принята равной 4000 кал/г по Волобуеву [4].

подстилке [14], как и следовало ожидать, зависит от их запасов и составляет в среднем в сосняках 980 ($n=8$), березняках—516 ($n=6$), ельниках—555 ($n=3$) и в смешанных сосново-березовых лесах—376 ($n=5$) кал/1 г сухого вещества. При расчетах теплопроводная способность опада и подстилок принималась равной 3750 кал сухого вещества [4]. Поэтому возможны некоторые отклонения полученных данных в зависимости от состава леса. С учетом химического (зольного) состава лесных подстилок также получены аналогичные результаты.

Данные табл. 4 свидетельствуют о сравнительно большем накоплении солнечной энергии в подстилке горно-лесных серых почв под сосня-

Таблица 3

Энергия, связанная с гумусом и минеральной частью 10-сантиметрового слоя горных почв Южного Урала, кал/г

Номер разреза, индекс почв	Энергия		Эг. 100% Эк	Номер разреза, индекс почв	Энергия		Эг. 100% Эк
	минеральной части (Эк)	гумуса (Эг)			минеральной части (Эк)	гумуса (Эг)	
35—71 ПД	45 000	1500	3,3	42—71 Дк _в	42 000	4000	9,5
25—71 СЛ	39 400	2040	5,2	45—71 Дк	42 200	1750	4,1
38—66 СЛ	39 500	1280	3,2	30—71 Ч ^{оп}	42 700	1920	4,5
47—66 СЛ _Т	43 800	1550	3,5	9—66 Ч ^в	43 300	2250	5,2

Таблица 4

Энергия, связанная в микрофлоре, гумусе горно-лесных почв Южного Урала в верхнем 10-сантиметровом слое и лесной подстилке *

Номер разреза, индекс почв	Состав леса	Энергия, кал/г в			М/П, %	П/Г, %
		подстилке (П)	микрофлоре (М)	гумусе (Г)		
35—74 ПД	7П3Е	400	28	240	7	17
45—71 Дк ^в	9Л1Д	200	59	260	29	8
30—71 Ч ^{оп}	Культура сосны	800	154	380	19	21
44—71 СЛ	10Б+С	525	27	266	5	20
32—74 СЛ	10С	1250	209	460	17	27
17—74 СЛ	10С	920	18	320	2	29
54—74 СЛ	10С	925	33	360	4	26

* Теплотворная способность подстилок принята равной 3750, грибной микрофлоры — 5000, активностей — 5750, бактерий — 6200 кал/г.

ками в полосе Урал-тау, прилегающей к Зауральским степям (разр. 17—74, Залаирский р-н и разр. 54—74, Учалинский р-н). Степень использования энергии лесной подстилки микрофлорой горно-лесной дерново-карбонатной выщелоченной почвы западного склона Ала-тау (разр. 45—71, Ишимбайский р-н) самая высокая.

В горно-лесных серых почвах под сосной в гумусе сосредоточивается 26—29% энергии сравнительно с энергией, аккумулированной в лесной подстилке, а в дерново-карбонатной выщелоченной почве под липой — всего лишь 8%. Чернозем оподзоленный под 25-летней культурой сосны и серая лесная почва под березой по степени связывания энергии в гумусе оказываются в одном ряду.

Однако по соотношению перехода энергии лесной подстилки в гумусовую, осуществляемого деятельностью микрофлоры, рассматриваемый чернозем близок к серой лесной супесчаной почве (разр. 32—79). Эти оба разреза характеризуют центральную часть горно-лесной зоны (южная часть Белорецкого р-на) и находятся друг от друга на расстоянии 800 м. Соотношения, оцениваемые величинами 0,9 и 0,6 (из табл. 4) соответственно для разр. 30—71 и 32—71, позволяют предположить о сравнительно близком к оптимальному распределению энергии в динамической системе подстилка — микроорганизмы — гумус в рассматриваемых случаях. Обсуждения по данным, приводимым в табл. 4, касаются верхнего (0—10 см) слоя почвы по причине того, что определение количества микроорганизмов и их физиологических групп в других горизонтах не проводилось.

Таким образом, основным фактором динамичности энергетики в приложении к органическим компонентам являются физико-географические условия, среди которых определяющим является фитоценоз.

Состав лесной растительности и соответствующая ей микрофлора неодинаково влияют на переход солнечной энергии в другие формы в многокомпонентной и динамичной почвенной системе. Оптимизация использования энергии в рассматриваемых случаях в системе растение — почва — растение заключается в улучшении водного режима в почвах восточной полосы и создании смешанных насаждений на западном склоне горно-лесной зоны Южного Урала.

Литература

1. Аристовская Т. В. О роли микроорганизмов в подзолообразовании. Почвоведение, 1956, № 3.
2. Ассинг И. А. Органическое вещество начальных стадий почвообразования. Изв. АН КазССР. Сер. почвов., вып. 6, 1950, № 86.
3. Волобуев В. Р. Экология почв (очерки). Изд. АН АзССР, 1963.
4. Волобуев В. Р. Введение в энергетику почвообразования. «Наука», 1974.
5. Волобуев В. Р. Опыт использования энергетических критериев в географо-генетическом изучении почв. Изв. АН СССР. Сер. биол., 1976, № 2.
6. Волобуев В. Р., Пономарев Д. Г. Некоторые термодинамические характеристики минеральных ассоциаций почв. Почвоведение, 1977, № 1.
7. Герасимов И. П. Элементарные почвенные процессы как основа для генетической диагностики почв. Почвоведение, 1973, № 5.
8. Глазовская М. А. Влияние микроорганизмов на процесс выветривания первичных минералов. Изв. АН КазССР. Сер. почвов., вып. 6, 1950, № 86.
9. Ковда В. А. Основы учения о почвах, кн. 1. «Наука», 1973.
10. Кононова М. М. Формирование гумуса в почве и его разложение. В кн.: Успехи микробиологии, вып. II. «Наука», 1976.
11. Неуструев С. С. Элементы географии почв. Сельхозгиз, 1931.
12. Сукачев В. Н. Основные понятия лесной биогеоценологии. В кн.: Основы лесной биогеоценологии. «Наука», 1964.
13. Ферсман А. Е. Избранные труды, т. 4. Изд. АН СССР, 1958.
14. Шумаков В. С. Типы лесных культур и плодородие почвы. Автореф. дис., Красноярск, 1965.

Башкирский филиал АН СССР
Институт биологии

Дата поступления
26.IV.1977 г.

А. КН. МУХАТАНОВ

ON THE ENERGETICS OF SOIL FORMING PROCESSES IN THE SOUTHERN URALS

The use of energetic criteria reveals more completely genetic and classificational soil problems. A high mobility of energetic indices of organic compounds in mountain forest soils of the South Urals (within the boundaries of Bashkir Assr) depends on physicogeographical conditions and specific composition of the forest.