

УДК 631.48

СКОРОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА АНТРОПОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ (НА ПРИМЕРЕ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

© 2001 г. Г. И. Махонина, И. Н. Коркина

Уральский государственный университет, 620083,

Екатеринбург, просп. Ленина, 51

Поступила в редакцию 13.07.2000 г.

Изучали почвы, сформированные на оборонительных валах древних городищ возрастом 1500 и 2700 лет на Ендырских археологических памятниках (Западная Сибирь, средняя тайга). Показано, что за указанные отрезки времени сформировались подзолистые почвы, соответствующие по морфологическим характеристикам фоновым почвам. Для отдельных химических признаков предпринята попытка оценить "характерные времена", наибольшие величины которых составили около 8000 лет.

Ключевые слова: почва, время, скорость почвообразования, археологические памятники.

На протяжении всей истории человеческого общества, включая современность, несмотря на теснейшие узы, связывающие человека с почвами, производилось их нарушение или полное уничтожение. Масштабы данных явлений особенно сильно увеличились в последние десятилетия в связи с бурным развитием промышленности. Поэтому очень важно иметь представление о процессах и темпах восстановления почв на нарушенных землях.

Еще В.В. Докучаев ввел в число важнейших факторов почвообразования время, так как все процессы в природе развиваются во времени. Им же была изучена почва, сформировавшаяся на известковых стенах Старо-Ладожской крепости, имеющая 800-летний возраст. Известно, что почвы развиваются очень медленно. Однако конкретных материалов о скорости почвообразования еще очень мало, так как трудно найти точно датированные хроноряды почв. Одним из возможных путей изучения динамики почв является изучение хронорядов почв, сформировавшихся на поверхности датированных земляных археологических памятников.

В теоретическом почвоведении введены понятия саморазвития почв до зрелого состояния, зрелые почвы и их эволюция при изменении условий почвообразования. Для характеристики скорости почвообразования введено понятие "характерное время" (ХВ) (Таргульян, Соколов, 1978), т. е. время достижения определенными свойствами развивающихся почв зрелого состояния. Ими же показано, что ХВ может изменяться от суток до со-

тен тысяч лет. Материалов, характеризующих ХВ у разных типов почв, очень мало. В этом плане интересна работа А.Н. Геннадиева (1990), в которой приводятся данные о скорости нарастания мощности гумусового горизонта в разных типах почв. В целом она колеблется от 0.10 до 1.00 мм/год.

Целью нашей работы было получить характеристики двух почв, имеющих возраст 1500 и 2700 лет, сформировавшихся на оборонительных валах археологических памятников Ендырское городище IV и Ендырское городище III (Тюменская область), сравнить их с характеристиками фоновой почвы, не подвергавшейся воздействию человека, и на основе этих данных определить ХВ для конкретных свойств почв.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Названные археологические памятники расположены в подзоне средней тайги Западной Сибири в 80 км к юго-востоку от г. Нягань на террасах р. Ендырь, притока Оби. Основными почвообразующими породами здесь являются пески и супеси. Фоновыми почвами на водоразделах являются подзолистые. Естественная растительность района представлена хвойными, преимущественно сосновыми лесами. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают брусника, черника, зеленые мхи, лишайники. Зональный разрез был заложен в сосняке бруснично-мохово-лишайниковом.

Известно, что на свойства почв оказывает влияние климат, почвообразующие породы, рельеф, живые организмы и время почвообразования.

Для того чтобы выявить влияние конкретного фактора, необходимо, чтобы остальные практически не отличались или же были достаточно сходны.

В этом отношении выбранные нами разновозрастные памятники удобны для изучения динамики почвообразования, так как оборонительные валы городищ насыпались однотипными породами (пески, супеси). Растительность на валах соответствует зональной (сосняки). На 1500-летнем валу городища сформировался сосняк с примесью ели бруснично-мохово-лишайниковый, на 2700-летнем - сосняк бруснично-мохово-лишайниковый. Климатические условия идентичны. Высота оборонительных валов по сравнению с окружающей дневной поверхностью почв небольшая (до 1 м). Разрезы закладывали на выложенных вершинах валов. Таким образом, в момент наблюдения данные объекты характеризуются сходством всех факторов почвообразования, кроме времени.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В морфологическом облике зональной подзолистой почвы (разрез 3) выделяют слой подстилки А0 мощностью 6 см, причем подгоризонт 5-6 см можно рассматривать как грубогумусный А0 А1. Под подстилкой залегает подзолистый горизонт А2, белесый, рыхлый, песчаный, бесструктурный, что характерно для всех песчаных подзолистых почв. Средняя мощность его составляет 6 см, с учетом языковатости нижней границы достигает 9 см. Иллювиальный горизонт В1 (12-16 см) имеет яркую красно-бурю окраску. Он пронизан корнями. Переход в следующий горизонт В2 (16-47 см) заметен по уменьшению интенсивности красно-бурого цвета. Горизонт В2 песчаный, бесструктурный, встречаются мелкие корни, переход постепенный. Горизонт В3 (47-84 см) отличается от вышележащих желтоватым цветом, присутствием более светлых пятен. Структура непрочно призмовидная. Граница перехода в следующий горизонт постепенная. Горизонт ВС (глубже 84 см) более светлый, слабожелтоватый, песчаный, бесструктурный.

В 1500-летней почве (разрез 5) выделяются те же горизонты, что и в зональной подзолистой почве. Мощность подстилки (7 см), горизонтов А2 (5 см) и В1 (5 см) близки к таковым в фоновой почве. Аналогичны и морфологические характеристики горизонтов. 2700-летняя почва (разрез 6) имеет более мощную подстилку (0-10 см) и менее выраженный горизонт А2 (10-12 см), которые по цветовым характеристикам, структуре и гранулометрическому составу идентичны вышеописанным. Горизонт В2 (18-76 см) выделяется присутствием углистых пятен, светло-коричневым цветом (предположительно бревенчатое сооружение).

Особенностью разреза является его близкое расположение к старому пню (примерно 1 м).

Таким образом, сравнение показало, что уже через 1500 лет на оборонительных валах сформировались подзолистые почвы, близкие по морфологическим признакам к фоновым.

Как показывают полученные данные (табл. 1), все три сравниваемые почвы сильнокислые (pH_{KCl} составляет 2.87 - 4.11), с низким содержанием органических веществ (0.09 - 0.61 % $C_{орг}$, кроме подстилок). Обеспеченность подвижными фосфатами (0.23-9.8 мг $P_2O_5/100$ г почвы) и обменным калием (2.8-7.1 мг $K_2O/100$ г) минеральной толщи колеблется по горизонтам от очень низкой до средней. Высокое содержание подвижных фосфатов (44-65 мг/100 г почвы) в горизонтах В2 и В3 разреза 6-97 объясняется присутствием в них остатка бревенчатого сооружения. Особое внимание следует обратить на физико-химическую характеристику подстилок. Их роль в жизни подзолистых почв нельзя переоценить. В них сосредоточено огромное количество подвижных фосфатов (9-45.5 мг/100г почвы), обменного калия (27.5-283 мг/100г) и полуразложившихся органических веществ, содержание которых уменьшается от опада предыдущего года А01 (46.46 - 47.55 %С) к подгоризонтам А02 - А03 (от 40.59- 45.10 до 12.48-44.2%) и далее к минеральной толще (0.24-0.51% в А2). В подстилках очень много мелких корней растений, которые, видимо, именно отсюда берут важнейшие элементы питания.

В сравниваемых почвах сходно профильное распределение кислотностей, подвижных P_2O_5 , обменных K_2O и подвижных форм Fe_2O_3 . Основной вид распределения - элювиально-иллювиальный.

Поскольку в подзолистых почвах основным процессом, формирующим их профиль, является вынос веществ из горизонта А2 (элювиального) в горизонты В1 и В2 (иллювиальные), то для оценки степени выноса и накопления веществ нами был использован коэффициент дифференциации почвенного профиля, представляющий собой отношение содержания элемента (или его соединения) в горизонте А2 (элювиальный) к содержанию его в горизонте В1 (иллювиальный).

Полученные коэффициенты дифференциации (табл. 2) свидетельствуют о том, что, несмотря на близость морфологических свойств почв на оборонительных валах и фоновой, степень дифференциации их почвенных профилей различна. Так, например, кислотность в горизонте А2 по сравнению с В1 у 1500-летней почвы больше в 4.07 раза (отношение концентраций водородных ионов), т.е. при формировании почвы в первую очередь сильнее подкисляется горизонт А2. С увеличением времени почвообразования происходит дальнейшее подкисление не только горизонта А2,

Таблица 1. Физико-химическая характеристика разновозрастных почв на Ендырских археологических памятниках

Горизонт, глубина, см	рН		Гидролитическая кислотность, мг-экв./100 г почвы	P ₂ O ₅	K ₂ O	C _{орг} , %	Fe ₂ O ₃ , % (по Тамму)	
	H ₂ O	KCl		мг/100 г почвы (по Кирсанову)				
Зональная почва, сосняк бруснично-мохово-лишайниковый (разрез 3-97)								
AO1	0-1	4.06	3.61	99.96	40.50	209.5	46.46	0.02
AO2	1-5	3.92	2.99	139.94	25.63	139	40.59	0.10
AOA1	5-6	4.20	3.14	59.98	9	27.5	12.48	0.08
A2	6-12	4.09	3.09	3.16	0.23	2.8	0.24	0.03
B1	12-16	4.22	3.62	9.82	5.64	6.9	0.61	0.68
B2	16-47	4.67	4.07	7.00	1.44	5.4	0.33	0.34
B3	47-84	4.73	4.11	7.33	0.71	3.5	0.13	0.21
BC	>84	5.50	4.03	7.33	0.88	4.3	0.09	0.10
2700-летняя почва, сосняк бруснично-мохово-лишайниковый (разрез 6-97)								
AO1	0-3	4.33	3.80	117.81	40.75	231	46.95	0.02
AO2	3-9	3.95	3.21	137.45	37.5	230	45.10	0.10
AO3	9-10	3.63	2.91	157.08	38	203.5	44.21	0.08
A2	10-12	3.80	2.87	5.73	2.12	5.4	0.51	0.04
B1	12-18	4.32	3.59	10.47	65.2	4.4	0.56	0.40
B2	18-53	4.56	3.86	4.58	44.2	3	0.14	0.11
B3	53-76	4.93	3.81	4.25	50.5	3.2	0.09	0.12
1500-летняя почва, сосняк с примесью ели бруснично-мохово-лишайниковый (разрез 5-97)								
AO1	0-1	4.55	4.25	99.96	38	243	47.55	0.02
AO2	1-5	4.49	3.85	119.95	38.75	252.5	43.82	0.07
AO3	5-7	4.07	3.27	159.94	45.5	283	41.44	0.08
A2	7-12	3.92	2.88	1.17	1.52	3.55	0.50	0.04
B1	12-17	4.53	3.64	7.36	9.8	4.3	0.32	0.24
B2	17-28	4.95	3.87	5.24	9.3	4.4	0.19	0.15
B3	28-44	5.13	3.84	6.87	6.8	6.9	0.27	0.25
B3	44-73	5.18	3.77	5.73	1.1	7.1	0.18	0.20

Таблица 2. Коэффициенты дифференциации почвенных профилей (A2/B1)

Показатель	Фоновая почва	2700-летняя почва	1500-летняя почва
pH _{H2O}	1.35	3.31	4.07
pH _{KCl}	3.39	5.25	5.75
K ₂ O (обменный)	0.41	0.75	0.83
P ₂ O ₅ (подвижный)	0.04	0.03	0.16
Fe ₂ O ₃ (подвижное)	0.04	0.10	0.17
C _{орг}	0.39	0.91	1.56
Гранулометрическая фракция менее 0.001 мм	0.19	0.40	0.48
Гранулометрическая фракция менее 0.01 мм	0.48	0.53	0.65

но и более глубоких слоев, вследствие чего коэффициент дифференциации уменьшается. Наименьшее его значение найдено в фоновой почве. Аналогичная закономерность обнаруживается и для обменной кислотности. На основании этих данных можно сделать вывод о том, что сравниваемые почвы еще не достигли зрелого состояния.

Если предположить, что в последующее время скорость изменения кислотностей в горизонтах А2 и В1 останется такой же, какая была в интервале 1500-2700 лет, то ХВ по актуальной кислотности составит почти 6000 лет, а по обменной - 7400 лет.

Изменение коэффициентов дифференциации в зависимости от времени почвообразования наблюдается и в распределении оксидов фосфора, калия, железа и общего углерода. В целом они уменьшаются с увеличением времени почвообразования. Значения данных коэффициентов свидетельствуют о том, что к 2700 годам степень дифференциации профиля по подвижным P_2O_5 уже соответствует зональному. Примерно через 1000 лет коэффициент дифференциации профиля по подвижным формам Fe_2O_3 сравнивается с зональным, т. е. ХВ для подвижных P_2O_5 составило менее 2700 лет, а для подвижных форм железа - 3700 лет.

Интересно рассмотреть характер изменения коэффициентов дифференциации органического углерода. Как видно из табл. 2, в процессе почвообразования происходит изменение характера профильного распределения углерода: у 1500-летней почвы регрессивно-аккумулятивный, тогда как у фоновой почвы - элювиально-иллювиальный (Розанов, 1983); у 2700-летней почвы он имеет промежуточный характер.

В литературе встречаются два типа профильного распределения органического углерода в зональных подзолистых почвах: первый - регрессивно-аккумулятивный, второй - элювиально-иллювиальный. На основе наших данных можно высказать предположение о том, что такие почвы имеют хотя и большой, но разный возраст.

Если наши предположения о скорости дифференциации почвенного профиля правомерны, то для достижения коэффициента дифференциации по обменному K_2O 2700-летней почве потребуется еще не менее 5000 лет.

Известно, что в процессе формирования подзолистых почв происходит перемещение разных гранулометрических фракций по почвенному профилю. Наиболее информативными являются фракции размером менее 0.001 мм (илистая) и менее 0.01 (физическая глина). Вычисленные коэффициенты дифференциации для илистой фракции уменьшаются с увеличением возраста почв, хотя полученные величины (0.48-0.40) еще не достигли зонального значения (0.19) и, по нашим

подсчетам, достигнут через 3000 лет, тогда как по суммарной фракции меньше 0.01 мм -- через 500 лет, т. е. ХВ для илистой фракции составляет почти 6000 лет, а для фракции физической глины - 3200 лет. По данным В.О. Таргульяна и И.А. Соколова (1978), профиль, дифференцированный по содержанию ила, имеет ХВ тысячи-десятки тысяч лет.

Валовой состав позволяет получать представление об общем содержании в почве химических элементов и их профильном распределении и тем самым выявлять направление почвообразовательного процесса. В табл. 3 приведен валовой состав изучаемых почв. Видно, что содержание SiO_2 в почвенном профиле фоновой почвы колеблется от 88 до 92%. Близкие величины найдены и в почвах оборонительных валов (85 - 90%). Содержание оксидов алюминия примерно в два раза выше средних значений в песчаных породах (4.77%). Среднему значению в песчаных породах соответствует содержание оксидов железа, титана и меньше среднего содержание кальция, магния и марганца (Войткевич и др., 1977). Сходство в валовом содержании основных макроэлементов в почвах на оборонительных валах и в зональной позволяет утверждать, что почвы на оборонительных валах формировались на той же по химическому составу почвообразующей породе, что и фоновая. С учетом сходства других факторов почвообразования мы полагаем, что изменения в валовом составе почв являются следствием разной продолжительности почвообразования. В целом в сравниваемых почвах наблюдается однотипное профильное распределение основных химических элементов, что свидетельствует об однотипности генезиса этих почв.

Вычисленные коэффициенты дифференциации по валовому составу почв (табл. 4) позволили определить степень изменения валового состава горизонтов А2 и В1. Как видно из приведенных данных, различия в продолжительности почвообразования находят отражение и в валовом составе разновозрастных почв. Наиболее близкие коэффициенты дифференциации у сравниваемых почв и зональной наблюдаются для кальция (0.9-0.8), марганца (0.6-0.5) и кремния (1.02-1.06), т. е. мы можем считать, что уже у 1500-летней почвы изменения в профильном распределении MnO , CaO , SiO_2 соответствуют зональному значению. Значительные различия коэффициентов дифференциации наблюдаются для P_2O_5 (0.025-0.08-0.15 в ряду фоновая - 2700-летняя - 1500-летняя почва) и Fe_2O_3 (0.26-0.43-0.43 соответственно).

Химически связанной водой называют кристаллизационную и конституционную воду, которая входит в состав почвенных минералов. Известно, что в процессе почвообразования происходит не только выветривание первичных минералов, но и

Fe_2O_3 , %
(по Тамму)

0.02

0.10

0.08

0.03

0.68

0.34

0.21

0.10

0.02

0.10

0.08

0.04

0.40

0.11

0.12

0.02

0.07

0.08

0.04

0.24

0.15

0.25

0.20

яя почва

7

5

3

6

7

6

8

5

Таблица 3. Валовой состав почв

Горизонт, глубина, см	П.П.П., ЗОЛЬ- НОСТЬ для подстилок	% на сухую почву										Химически связанная вода, %
		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	R ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	TiO ₂		
Фоновая почва (разрез 3-97)												
AO1	0-1	3.48	0.96	0.06	0.21	0.04	0.66	0.95	0.81	0.001	0.01	
AO2	1-5	16.96	13.80	0.39	1.11	0.08	2.29	0.43	0.90	0.02	0.04	
AOA1	5-6	78.51	74.87	0.51	1.79	0.02	4.97	0.31	0.60	0.01	0.12	
A2	6-12	0.62	93.59	0.39	5.33	0.004	3.32	0.32	0.16	0.01	0.20	0.39
B1	12-16	2.02	87.90	1.52	8.69	0.14	6.47	0.41	0.25	0.02	0.38	1.41
B2	16-47	1.79	87.56	1.48	9.42	0.05	7.76	0.25	0.70	0.02	0.41	1.46
B3	47-84	1.33	88.40	1.33	9.50	0.02	6.53	0.46	0.19	0.03	0.39	1.19
BC	>84	1.37	92.45	0.51	5.42	0.06	3.59	0.29	0.00	0.02	0.44	1.28
2700-летняя почва на валу городища (разрез 6-97)												
AO1	0-3	3.71	0.94	0.04	0.27	0.04	0.59	1.00	0.81	0.07	0.03	
AO2	3-9	8.32	-	0.23	0.72	0.05	1.59	0.85	0.50	0.03	0.02	
AO3	9-10	12.22	9.25	0.32	1.11	0.07	2.27	0.76	0.15	0.002	0.04	
A2	10-12	1.20	91.57	0.54	6.21	0.01	3.93	0.24	0.15	0.02	0.27	0.68
B1	12-18	1.94	89.15	1.28	8.70	0.13	6.54	0.26	0.25	0.03	0.30	1.38
B2	18-53	0.84	90.89	1.12	7.07	0.06	5.25	0.26	0.14	0.01	0.41	0.70
B3	53-76	0.91	90.84	0.88	7.70	0.15	5.57	0.27	0.12	0.01	0.30	0.83
1500-летняя почва на валу городища (разрез 5-97)												
AO1	0-1	4.27	0.94	0.05	0.31	0.04	0.61	1.32	1.03	0.00	0.01	
AO2	1-5	9.08	5.56	0.27	0.93	0.05	1.70	1.14	0.84	0.00	0.03	
AO3	5-7	17.50	13.85	0.38	1.31	0.13	2.72	0.27	0.44	0.04	0.04	
A2	7-12	1.21	92.34	0.43	5.67	0.01	3.79	0.27	0.22	0.02	0.19	0.71
B1	12-17	1.29	90.65	0.99	7.74	0.08	5.33	0.30	0.14	0.03	0.33	0.98
B2	17-28	1.16	90.06	1.07	8.94	0.05	6.07	0.27	0.42	0.02	0.32	0.98
B3	28-44	1.01	84.93	1.92	8.96	0.08	9.95	0.48	0.43	0.03	0.49	0.75
B3	44-73	1.66	85.96	1.83	9.88	0.03	9.11	0.40	0.45	0.03	0.36	1.47

Таблица 4. Коэффициенты дифференциации (A2/B1) по валовому составу почв

Показатель	Фоновая почва	2700-летняя почва	1500-летняя почва
Fe ₂ O ₃	0.26	0.43	0.43
Al ₂ O ₃	0.61	0.71	0.73
P ₂ O ₅	0.025	0.08	0.15
SiO ₂	1.06	1.03	1.02
CaO	0.78	0.92	0.90
MgO	0.66	0.59	1.52
MnO	0.55	0.51	0.59
Химически свя- занная вода	0.28	0.49	0.72

образование вторичных, о чем можно судить по количеству химически связанной воды. В изучаемых песчаных почвах содержание химически связанной воды небольшое и колеблется от 0.39 до 1.5%. В иллювиальных горизонтах количество химически связанной воды возрастает, так как именно в этих горизонтах увеличено и содержание вторичных минералов. Коэффициенты дифференциации химически связанной воды (см. табл. 4) четко иллюстрируют различия в возрасте изучаемых почв. По нашим предположениям, 2700-летняя почва достигнет зонального значения примерно через 1000 лет.

Следовательно, на основе изучения физико-химических характеристик почв можно предположительно определить "характерные времена"

для отдельных признаков почв. По близости величин ХВ нами выделены 4 группы признаков. К первой группе относятся валовые кальций, кремний, марганец и магний. У этих элементов коэффициенты дифференциации практически уже соответствуют зональным значениям начиная с 1500-летней почвы, а у магния - с 2700-летней. Во вторую группу объединены признаки, имеющие ХВ в пределах 3000–4000 лет. В эту группу входят подвижные формы железа, валовой фосфор, фракция физической глины, процентное содержание углерода и химически связанная вода. Третья группа имеет ХВ от 5800 до 6300 лет. Сюда входят актуальная кислотность, илистая фракция и валовое железо. В четвертую группу отнесены признаки, имеющие наибольшее ХВ (7400–8000 лет): валовой алюминий, обменный калий и обменная кислотность.

Выделенные группы позволяют оценить скорость передвижения отдельных элементов в процессе почвообразования. Наиболее быстро мигрируют оксиды кальция, марганца, магния, кремния, а наиболее медленно - оксиды алюминия, калия и обменный водород. Следует отметить, что вычисленные нами значения коэффициентов дифференциации не являются абсолютными для всех почв подобного возраста и могут быть иными при других конкретных условиях почвообразования. В то же время предлагаемый нами способ вычисления коэффициентов дифференциации является удобным приемом выявления

временных различий в свойствах почв, формирующихся при близких остальных факторах-почвообразователях.

Таким образом, изучение морфологических, физико-химических свойств 1500-летней и 2700-летней почв показало, что на оборонительных валах древних археологических памятников сформировались почвы того же типа, что и фоновые, и близкие им по морфологическим признакам. Однако по физико-химическим свойствам, которые в целом соответствуют свойствам фоновой почвы, они имеют разную степень выраженности дифференциации профиля.

Выполнение работы стало возможным при содействии и помощи археологов, сотрудников Института истории и археологии (г. Екатеринбург) А.П.Зыкова и С.Ф. Кокшарова, которым авторы выражают свою благодарность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Войткевич Г.В., Мирошников А.Е., Поваренных А.С., Прохоров В.Г. Краткий справочник по геохимии. М.: Недра, 1977. 184с.
 Геннадиев А.Н. Почвы и время: модели развития. М.: Изд-во МГУ, 1990. 232 с.
 Розанов Б.Г. Морфология почв. М.: Изд-во МГУ, 1983. 320 с.
 Таргульян В.О., Соколов И.А. Структурный и функциональный подход к почве: почва-память и почва-момент // Математическое моделирование в экологии. М.: Наука, 1978. С.17–33.

Химически связанная вода, %

0.39

1.41

1.46

1.19

1.28

0.68

1.38

0.70

0.83

0.71

0.98

0.98

0.75

1.47

то судить по... В изучаемых химически связанных от 0.39 до количество... ет, так как... и содержа... иенты диф... воды (см... я в возрасте... оложениям... ного значе... ния физико... но предпо... не времена"