

ГЕНЕЗИС  
И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.48:631.445.2

РАЗВИТИЕ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ  
НА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКАХ В ПОДЗОНЕ  
СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

© 2002 г. Г. И. Махонина<sup>1</sup>, И. Н. Коркина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Уральский государственный университет

<sup>2</sup>Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург

Поступила в редакцию 14.03.2001 г.

С целью изучения развития почв во времени исследовались разновозрастные подзолистые почвы, сформировавшиеся на песчаных породах археологических памятников средней тайги Западной Сибири. Показано, что скорость восстановления отдельных почвенных свойств до уровня фоновых различна.

Все природные объекты развиваются во времени, в том числе и почвы. Вследствие этого одним из важнейших факторов почвообразования В.В. Докучаев назвал время. Позднее роли времени в развитии почв уделяли внимание многие исследователи. Однако до сих пор, несмотря на большую важность этих сведений, развитие почв во времени изучено недостаточно. Это связано с трудностями определения возраста почв и нахождения в природных условиях почв с точно датированным возрастом. В работе Таргульяна и Соколова [14] приводятся примерные характерные времена (ХВ) для достижения отдельными свойствами почв зрелого состояния. Но материалов, подтверждающих выделенные временные отрезки ХВ по кислотности, по накоплению и составу гумуса, по валовому составу и перемещению подвижных соединений еще мало. Наибольшее число публикаций, связанных с оценкой свойств разновозрастных почв, относится к погребенным почвам [4, 6 и др.]. Сведений же о развитии дневных почв в современное историческое время значительно меньше. Удобными объектами для изучения начальных стадий почвообразования (0–200 лет) являются, например, самозарастающие разновозрастные промышленные отвалы, образованные при добыче полезных ископаемых карьерным способом. А для временных отрезков старше 200 лет одним из удобных объектов для изучения развития почв являются разновозрастные земляные археологические памятники. Геннадиевым [3] проводилось определение скоростей почвообразования на основе изучения дневных почв на датированных субстратах археологических объектов, рассчитывались скорости формирования гумусового профиля для разных типов почв.

Несмотря на большое влияние человека на образование почв и на насыщение таких мест остат-

ками жизнедеятельности, в их пределах можно выделить отдельные участки, где роль человека сводилась лишь к созданию различного рода насыпных сооружений, относительно "чистых" от антропогенных включений. После ухода людей на таких участках происходило естественное восстановление экосистем. Изучение разновозрастных почв на таких памятниках позволяет выявить роль времени в развитии почв при условии близости остальных факторов почвообразователей (почвообразующие породы, климат, растительность, элементы рельефа).

Одним из интересных типов почв с точки зрения почвообразования являются подзолистые почвы. Показано, что в их образовании принимают участие процессы разрушения первичных минералов, лессиваж, оглинение, оглеение и перемещение продуктов почвообразования по почвенному профилю.

Целью нашей работы было изучение некоторых физико-химических свойств подзолистых почв, сформировавшихся в пределах 400–5000 лет назад на обваловках жилищ, оборонительных валах, выкидах из могильных ям на Ендырских археологических памятниках, и оценка степени их отличия от фоновых подзолистых почв ненарушенных территорий.

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования были оборонительные валы городищ, обваловки жилищ (бывшие присыпки стен), могильные выкиды, которые хорошо фиксируются по изменению дневной поверхности. Все насыпи являются одноразовыми сооружениями. Оборонительные валы городищ Ендырского IV и III (возраст 1500 и 2700 лет) представляют собой насыпи, имеющие высоту

70–80 см по отношению к дневной поверхности. Ширина валов 2–3 м. Почвенные разрезы закладывались на **выположенных** вершинах валов.

**Обваловки** жилищ (поселение **Ендырское VIII**, селище **Ендырское IIIa**, возраст 2500, 3000 и 5000 лет) имеют высоту до 50 см и ширину до 1–1.5 м. Радиус зависит от размера жилищ.

Одной из традиций живших в то время народов было захоронение умерших в выкопанных ямах без последующего засыпания тел. В результате около могил сформировались так называемые могильные **выкиды**, имеющие следующие параметры в момент наблюдения: высота до 30 см, ширина до 1 м, длина около 2 м (могильник **Ендырский I**). Почвенные разрезы закладывались на выположенных вершинах могильных **выкидов**. Возраст почв около 400 лет.

Фоновые участки выбирались совместно с археологами, гарантировавшими отсутствие археологических памятников.

В полевых условиях проводилось морфологическое описание почвенных профилей, глубина которых ограничивалась погребенными почвами. Отбор образцов производился сплошной колонкой по выделенным горизонтам. В почвенных образцах проведены определения кислотности, содержания гумуса по методу Тюринга и **Анстета**; качественный состав гумуса изучался по методу Тюринга в модификации Пономаревой и Плотниковой, подвижные формы фосфора и калия - в вытяжке Кирсанова, подвижное железо - по методу Тамма, гранулометрический состав - по методу **Качинского**.

**Ендырская** группа археологических памятников расположена на террасе среднего течения р. **Ендырь**, являющейся левым притоком **Оби**, и находится в подзоне средней тайги Западной Сибири (Тюменская обл., Ханты-Мансийский АО). Преобладающим типом растительности являются **сосняки бруснично-мохово-лишайниковые**, за исключением некоторых объектов, на которых заметное участие принимает ель. Почвообразование в фоновых почвах и на археологических памятниках идет в **сосняках** на супесчаных породах, в еловых лесах - на легких суглинках.

Участвуя в археологических раскопках, изучали и описывали почвы, находящиеся в разной степени антропогенной измененности, но для выявления роли времени сравнивали лишь те участки, которые отличались только временем почвообразования на сходных элементах рельефа и одинаковых почвообразующих породах. По этой причине сравнение свойств почв проводилось на близких по происхождению земляных сооружениях (валы, **обваловки**, могильные **выкиды**).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Морфология почв.** Фоновыми почвами на указанной территории являются подзолистые почвы с морфологическим профилем, отчетливо дифференцированным на генетические горизонты. В качестве примера фоновой почвы в районе исследования приводим описание разр. 3-97 под **сосняком бруснично-мохово-лишайниковым**.

**A01, 0–1 см** Неразложившийся опад прошлого года, состоит из хвои, кусочков коры, веточек, шишек.

**A02, 1–5 см** Полуразложившиеся растительные остатки.

**АОА1, 5–6 см** Разложившаяся часть подстилки, темного цвета, перемешана с минеральными частицами.

**A2, 6–12 см** Белесый, песчаный, рыхлый, бесструктурный, много корней. Переход в следующий горизонт по цвету, резкий. Граница перехода волнистая. Мощность горизонта варьирует от 5 до 9 см.

**B1, 12–16 см** Ржавого цвета, супесчаный, более плотный, бесструктурный; пронизан корнями растений. Переход в следующий горизонт неясный, граница размыта. Отличается от нижележащего горизонта более насыщенной окраской.

**B2, 16–47 см** Желтый, супесчаный, бесструктурный. Встречаются мелкие корни, местами чуть более светлые пятна.

**B3, 47–84 см** Желтый, отличается от вышележащего большим количеством светлых пятен, более мелких размеров, чем в гор. B2. Структура непрочная **призмовидная**; граница перехода в следующий горизонт размытая, выделяется по цвету.

**BC, ниже 84 см** Более светлый горизонт, желтоватый (по цвету светлее, чем пятна в гор. B2 и B3). Супесчаный, бесструктурный; однородный по цвету.

По данным разных авторов [2, 7, 8] в подзоне средней тайги Западной Сибири в профиле подзолистых почв под **сосняками** на легких почвообразующих породах мощность гор. A2 значительно различается и по крайним значениям колеблется от 3 до 35 см (максимальные значения измерены с учетом языковатости подзолистого горизонта, в редких случаях языки достигают глубины 65 см), тогда как наиболее часто встречающиеся значения находятся в пределах 5–10 см. Описанную фоновую почву можем рассматривать как типичную подзолистую почву на легких породах.

На изучаемых нами объектах также сформировались почвы с морфологическим обликом подзолистых почв. Сравнивая изучаемые нами почвы, а также учитывая полученные ранее дан-

ные [9], по мощности соответствующих горизонтов были выявлены следующие закономерности.

Формирование подстилки происходит постепенно. На начальных этапах почвообразования (от 0 до 50 лет) слой подстилки имеет мозаичное распространение со значительными колебаниями мощности в зависимости от распределения древесных пород. По нашим данным [10] на 50-летней почве под сосняком слой подстилки равен 1.5 см. Однако к 100 годам мощность подстилки достигает значений, характерных для зональной почвы, и в дальнейшем при изменении возраста от 400 до 5000 лет существенно не меняется, изменяясь в пределах 5-7 см.

В почвах, имеющих возраст от 0 до 50 лет, под сосняками на песчаных породах гор. А2 морфологически не проявляется. У 400-500-летних почв он проявляется в виде переходного гор. А1А2 по некоторому осветлению или в виде отдельного гор. А2 с мощностью от 1 до 3 см. В почвах 1300-1500-летнего возраста средняя мощность составляет  $4 \pm 0.6$  см. У 2500-3000-летних почв средняя мощность подзолистого горизонта возрастает до  $5.3 \pm 1.1$  см. В почвах старше 3000 лет и до 5000 лет средняя мощность составляет  $5.4 \pm 0.5$  см с колебаниями от 4 до 8 см. В фоновой почве средняя мощность составляет  $7.2 \pm 1.0$  см. Таким образом, в изучаемых хронорядках наблюдается увеличение мощности подзолистого горизонта, и, начиная с 2500 лет, она входит в пределы колебаний мощности фоновых почв, хотя по средним величинам еще не достигает ее. Интересно отметить, что скорость развития элювиального горизонта, полученная нами в природной модели (за 400-500 лет от 1 до 3 см), и в идеализированной модели развития элювиального горизонта на песчаных породах в гумидных областях, разрабатываемой Морозовым и Таргульяном [11] (за 300 лет 1 см), совпадают.

Проследить динамику образования иллювиальных горизонтов было труднее, так как изученные почвы в большинстве случаев лежат на погребенных и общая мощность в пределах насыпи в некоторых случаях невелика (колеблется до 50 см) и только в некоторых разрезах достигает 70 см и более. При этом в почвах до 400 лет иллювиальный горизонт трудно подразделить на В1 и В2, а у более старших почв такое подразделение возможно. В целом средняя мощность иллювиальных горизонтов в ряду (400-500) - 1500 - (2000-3000) - (более 3000-5000) - 6000 лет - фон изменяется 10-27-32-20-25 см соответственно.

Таким образом, на начальных этапах почвообразования к 100 годам происходит формирование подстилок. Однако минеральные горизонты почв данного возраста еще не выражены. На более поздних этапах почвообразования возраст почв выявляется по мощности подзолистого гор. А, мощ-

ность которого увеличивается от 1-3 см у 400-летних почв до 7.2 см - у фоновых.

**Физико-химические свойства.** Известно, что почвообразование в подзоне средней тайги протекает в кислой среде в условиях промывного типа водного режима. На начальных стадиях почвообразования формирование почв на нарушенных землях на песчаных породах идет по зональному типу и с самого начала происходит в кислой среде. Все изученные почвы по величине рН солевого являются очень сильноокислыми и сильноокислыми (табл. 1). Закономерных различий по степени кислотности от возраста изучаемых почв не наблюдается. Информацию о полном содержании водородных ионов предоставляют данные по гидролитической кислотности (табл. 1, обозначение - Н<sup>+</sup>). Все рассмотренные почвы характеризуются сходным распределением гидролитической кислотности по профилю, которое имеет S-образную форму с максимальным содержанием в подстилке, минимальным - в гор. А2 и с дальнейшим увеличением ее в гор. В2. Фоновые почвы различаются по величине гидролитической кислотности: к почвам под ельниками она больше, чем под сосняками. Общей четкой зависимости в абсолютных величинах гидролитической кислотности от возраста не наблюдается. Однако при сравнении разновозрастных почв на однотипных памятниках в верхних горизонтах (10-15 см) можно отметить тенденцию к увеличению гидролитической кислотности с возрастом почв. Так, например, у почв на оборонительных валах кислотность возросла с 1.17 мг-экв/100 г почвы у 1500-летней почвы до 5.73 у 2700-летней почвы. Такая же зависимость наблюдается в слое 15-20 см: 7.36 и 10.47 мг-экв/100 г соответственно. У почв на обваловках жилищ абсолютные значения гидролитической кислотности меньше, чем на валах, и изменяются следующим образом: с 1.47 у 2500-летней почвы до 2.00-5.50 мг-экв/100 г у 5000-летней почвы в слое до 15 см. Подобной зависимости в почвах под ельниками не отмечено.

Особенно резко процесс подзолообразования проявляется по распределению в профиле почв оксидов железа, как подвижных, так и валовых форм. Во всех изучаемых почвах формируется типичное для подзолистых почв S-образное распределение оксидов железа с минимальным содержанием в элювиальных гор. А2 (или А1А2) и максимальным в иллювиальных гор. В1 и В2 (табл. 1).

Количественная оценка процессов перемещения проведена в возрастных рядах по коэффициентам дифференциации (КД), представляющих собой отношение содержания оксидов железа в гор. А2 к содержанию в гор. В1. В работах некоторых авторов для оценки степени вызывания и накопления некоторых элементов предлагается

Таблица 1. Физико-химическая характеристика разновозрастных почв под сосняками

Горизонт, глубина, см	рН		Н <sup>+</sup> , мг-экв/100 г	Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> мг/100 г почвы	К <sub>2</sub> О	С орг %	С гк/С фк	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	
	водный	солевой							
Почвы под сосняками									
Разр. 3-97. Фоновая почва, сосняк бруснично-мохово- лишайниковый									
АО1	0-1	4.06	3.61	99.96	40.50	209	46.46	0.46	0.02
АО2	1-5	3.92	2.99	139.9	25.63	139	40.59	0.76	0.10
АОА	15-6	4.20	3.14	59.98	9.00	27.5	12.48	0.72	0.08
А2	6-12	4.09	3.09	3.16	0.23	2.8	0.24	0.32	0.03
В1	12-16	4.22	3.62	9.82	5.64	6.9	0.61	0.46	0.68
В2	16-47	4.67	4.07	7.00	1.44	5.4	0.33	0.47	0.34
В3	47-84	4.73	4.11	7.33	0.71	3.5	0.13	Неопр.	0.21
ВС	>84	5.50	4.03	7.33	0.88	4.3	0.09	»	0.10
Разр. 6-97. 2700-летняя почва на валу городища									
АО1	0-3	4.33	3.80	117.81	40.75	231	46.95	0.45	0.02
АО2	3-9	3.95	3.21	137.45	37.50	230	45.10	0.55	0.10
АО3	9-10	3.63	2.91	157.08	38.00	203	44.21	0.58	0.08
А2	10-12	3.80	2.87	5.73	2.12	5.4	0.51	0.53	0.04
В1	12-18	4.32	3.59	10.47	65.2	4.4	0.56	0.49	0.40
В2	18-53	4.56	3.86	4.58	44.2	3.0	0.14	Неопр.	0.11
В3	53-76	4.93	3.81	4.25	50.5	3.2	0.09	»	0.12
Разр. 5-97. 1500-летняя почва на валу городища									
АО1	0-1	4.55	4.25	99.96	38.00	243	47.55	0.56	0.02
АО2	1-5	4.49	3.85	119.9	38.75	252	43.82	0.71	0.07
АО3	5-7	4.07	3.27	159.9	45.50	283	41.44	0.60	0.08
А2	7-12	3.92	2.88	1.17	1.52	3.55	0.50	0.41	0.04
В1	12-17	4.53	3.64	7.36	9.8	4.3	0.32	0.44	0.24
В2	17-28	4.95	3.87	5.24	9.3	4.4	0.19	0.25	0.15
В3	28-44	5.13	3.84	6.87	6.8	6.9	0.27	0.88	0.25
В3	44-73	5.18	3.77	5.73	1.1	7.1	0.18	Неопр.	0.20
Разр. 1-97. 5000-летняя почва на обваловке жилища									
АО1	0-3	4.11	3.57	119.95	40.63	206	45.21	0.56	0.05
АО2	3-5	3.88	3.15	99.96	29.88	106	23.12	0.72	0.08
А2	5-11	4.35	3.44	2.00	0.88	2.6	0.22	0.44	0.02
В1	11-15	4.61	4.20	5.50	14.75	3.0	0.40	0.37	0.43
В2	15-35	4.41	4.21	3.00	20.05	0.9	0.11	Неопр.	0.15
Разр. 7-97. 2500-летняя почва на обваловке жилища									
АО1	0-2	4.21	3.60	117.81	38.56	192	46.25	0.77	0.02
АО2	2-4	3.95	3.13	137.45	41.50	184	42.94	0.52	0.04
АО3	4-5	3.71	2.92	137.45	33.75	208	41.20	0.46	0.08
А2	5-14	4.51	3.57	1.47	1.75	2.0	0.14	0.40	0.02
В1	14-15	4.75	4.00	4.91	63.9	3.2	0.30	0.52	0.45
В2	15-21	5.04	4.32	2.78	47.9	3.0	0.22	Неопр.	0.47

Таблица 1. (Окончание)

Горизонт, глубина, см	рН		Н <sup>+</sup> , мг-экв/100 г	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	С орг %	С гк/С фк	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	
	водный	солевой		мг/100 г почвы					
Почвы под древостоем с преобладанием ели									
Разр. 3-98. Фоновая почва									
АО1	0-2	4.69	4.23	89.67	17.58	91.5	48.54	Не опр.	0.12
АО2	2-5	4.72	3.98	101.24	26.36	116	45.64	»	0.04
АО3	5-8	4.10	3.25	121.49	14.06	58	40.89	»	0.09
А2	8-13	3.79	2.94	12.29	9.84	2.09	1.03	0.63	0.19
В1	13-23	4.47	3.84	11.71	14.41	3.59	0.71	0.20	1.24
В2	23-39	4.48	3.86	11.40	2.81	3.57	0.31	0.46	0.66
В3	39-50	4.59	3.85	12.44	0.53	4.91	0.19	Не опр.	0.27
В3	50-65	4.63	3.86	12.37	1.23	5.36	0.16	»	0.33
В3	65-84	4.63	3.88	8.97	2.11	7.14	0.11	»	0.18
ВС	84-100	4.82	3.92	3.54	1.76	2.68	0.06	»	0.17
Разр. 4-97. 400-летняя почва, насыпь в пределах могильника									
АО1	0-2	4.30	3.94	99.96	28.75	267	47.80	0.64	0.02
АО2	2-5	5.02	4.56	119.95	56.25	202	41.80	0.86	0.09
АО3	5-7	4.30	3.62	119.95	47.50	132	30.72	0.58	0.10
А1А2	7-8	3.68	2.79	14.16	4.74	10.3	1.59	1.31	0.16
В1	8-18	4.61	3.78	7.83	15.98	6.2	0.52	0.73	0.31
Разр. 2-98. 400-летняя почва, выкид из могилы									
АО1	0-2	4.75	4.20	78.10	15.82	89.30	49.43	Не опр.	0.11
АО2	2-5	4.84	3.99	107.02	42.18	129.49	45.06	»	0.17
АО3	5-8	5.08	3.73	115.70	17.58	71.44	42.29	»	0.29
А1А2	8-13	3.82	2.94	9.04	12.65	5.81	1.31	0.87	0.17
В1	3-25	4.64	3.96	9.98	12.83	2.68	0.57	0.39	0.22
Разр. 4-98. 3000-летняя почва на обваловке жилищной впадины									
АО1	0-2	5.20	4.60	66.53	10.55	160.74	48.33	Не опр.	0.02
АО2	2-5	4.80	3.77	92.56	24.61	22.33	35.89	»	0.16
А2	5-12	4.08	3.36	7.45	19.68	2.23	0.67	0.74	0.22
В1	12-17	4.58	3.86	8.61	23.90	3.57	0.51	0.30	0.53
В1	17-37	4.78	4.11	5.42	37.61	1.79	0.20	Не опр.	0.23

вычислять коэффициенты дифференциации в отдельных горизонтах по отношению к почвообразующей породе. Поскольку в силу маломощности исследуемых нами почв нижняя часть профиля совмещалась с погребенными почвами, мы вынуждены вычислять коэффициенты дифференциации по соотношению содержания исследуемых элементов в гор. А2 и В1. Данные коэффициенты по дифференциации аморфного железа уменьшаются по мере усиления дифференциации профиля от молодых почв к фоновым. Так, в возрастных рядах 400 - 3000 - фон (ельники); 1500 - 2700 - фон (сосняки, валы городищ) и 2500 - 5000 - фон (сосняки, обваловки жилищ) КД по аморф-

ным формам железа изменяются соответственно 0.77(0.52) - 0.42 - 0.15; 0.17 - 0.10 - 0.04; 0.04 - 0.05 - 0.04. Отсюда видим, что к 2500-3000 годам почвы в сосняках по степени дифференциации подвижных форм железа соответствуют фоновым почвам, тогда как в ельниках такого соответствия не обнаружено. Аналогичные закономерности выявлены для группы почв археологических памятников Барсовой Горы [9], для которых соответствие фоновой почве по КД наступает при достижении почвами возраста 2000 лет.

Подобная дифференциация профиля происходит и по содержанию валового железа (табл. 2). КД в вышеуказанных возрастных рядах под со-

Таблица 2. Валовой состав разновозрастных почв

Горизонт глубина, см	Потеря при прокаливании, %	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO
		% от сухой почвы (для подстилок - содержание в золе, %)				
Разр. 3-97. Фоновая почва						
A01, 0-1	96.52	0.96	0.06	0.21	0.04	0.95
A02, 1-5	83.04	13.80	0.39	1.11	0.08	0.43
AO3, 5-6	21.49	74.87	0.51	1.79	0.02	0.31
A2, 6-12	0.62	93.59	0.39	5.33	0.004	0.32
B1, 12-16	2.02	87.90	1.52	8.69	0.14	0.41
B2, 16-47	1.79	87.56	1.48	9.42	0.05	0.25
B3, 47-84	1.33	88.40	1.33	9.50	0.02	0.46
BC, >84	1.37	92.45	0.51	5.42	0.06	0.29
Разр. 6-97. 2700-летняя почва на валу городища						
AO1, 0-3	96.29	0.94	0.04	0.27	0.04	1.00
AO2, 3-9	91.68	—	0.23	0.72	0.05	0.85
AO3, 9-10	87.78	9.25	0.32	1.11	0.07	0.76
A2, 10-12	1.20	91.57	0.54	6.21	0.01	0.24
B1, 12-18	1.94	89.15	1.28	8.70	0.13	0.26
B2, 18-53	0.84	90.89	1.12	7.07	0.06	0.26
B3, 53-76	0.91	90.84	0.88	7.70	0.15	0.27
Разр. 5-97. 1500-летняя почва на валу городища						
AO1, 0-1	95.73	0.94	0.05	0.31	0.04	1.32
AO2, 1-5	90.92	5.56	0.27	0.93	0.05	1.14
AO3, 5-7	82.50	13.85	0.38	1.31	0.13	0.27
A2, 7-12	1.21	92.34	0.43	5.67	0.01	0.27
B1, 12-17	1.29	90.65	0.99	7.74	0.08	0.30
B2, 17-28	1.16	90.06	1.07	8.94	0.05	0.27
B3, 28-44	1.01	84.93	1.92	8.96	0.08	0.48
B3, 44-73	1.66	85.96	1.83	9.88	0.03	0.40
Разр. 1-97. 5000-летняя почва на обваловке жилищной впадины						
AO1, 0-3	94.64	3.26	0.11	0.33	0.03	0.75
AO2, 3-5	45.88	49.51	0.51	2.02	0.13	1.31
A2, 5-11	0.55	92.96	0.30	4.18	0.001	0.30
B1, 11-15	1.47	90.02	0.97	7.22	0.24	0.46
B2, 15-35	0.71	91.48	0.68	5.87	0.10	0.38
Разр. 7-97. 2500-летняя почва на обваловке жилищной впадины						
AO1, 0-2	96.56	0.99	0.08	0.29	0.04	1.20
AO2, 2-4	93.81	4.00	0.22	0.63	0.03	0.57
AO3, 4-5	84.84	12.29	0.38	1.29	0.09	0.44
A2, 5-14	0.38	95.84	0.40	2.88	0.05	0.35
B1, 14-15	1.08	92.15	1.11	5.94	0.15	0.39
B2, 15-21	0.78	88.68	1.33	9.25	0.05	0.54

сняжками изменяются на валах от 0.43 у 1500-летней почвы до 0.42 у 2700-летней почвы и до 0.26 в фононой почве, на обваловках с 0.36 у 2500-летней почвы до 0.30 у 5000-летней почвы и до 0.26 в

фононой почве. Таким образом, приведенные КД показывают различия в степени оподзоленности, связываемой нами со временем почвообразования. Но если по подвижным формам степень диф-

ференциации профиля близка к фоновым почвам, начиная с 2500–3000 лет, то по валовым формам железа этот возраст составляет более 5000 лет.

В исследуемых нами почвах профильное распределение валового алюминия соответствует таковому в фоновых почвах, давая элювиально-иллювиальный тип распределения. По КД можно отметить, что в почвах на валах городищ происходит постепенное их уменьшение в ряду 1500–2700-летняя почва (0.73–0.71), но за указанный отрезок времени степень дифференциации еще не достигла фоновых значений (КД 0.61). Сравнивая КД для железа и алюминия по величине и степени их изменения с возрастом, можно видеть, что железо более подвижно в 1.7–2.3 раза. КД по валовому алюминию почв, сформировавшихся на обваловках жилищных впадин, также как и на валах, больше в тех же пределах (1.3–2 раза), чем КД железа. Однако четкой зависимости КД алюминия в разновозрастных почвах обваловок нами не наблюдается. Так, у 5000-летней почвы КД (0.58) практически соответствует фоновой (0.61), но у более молодой 2500-летней почвы этот коэффициент заметно меньше фонового значения (0.48). Для выявления скорости перемещения алюминия по профилю почв необходимы дополнительные исследования.

Интересно рассмотреть распределение по профилю различных форм соединений фосфора. Подвижный фосфор накапливается в больших количествах в лесных подстилках (14.06–56.25 мг  $P_2O_5/100$  г почвы), в минеральных горизонтах его содержание резко уменьшается. Фосфор относится к числу элементов, вносимых человеком в места проживания, его общее количество зависит от длительности и вида использования данной территории человеком. Повышенное количество фосфора над фоновым уровнем используется для определения границ археологических памятников. Однако в пределах поселений можно наблюдать и относительно "чистые" участки, на почвах которых можно проследить роль времени формирования почв. В фоновых почвах содержание фосфора соответствует среднему содержанию в песчаных породах, а профильное распределение имеет типичную для подзолистых почв S-образную форму с максимальным содержанием в подстилках, минимальным – в элювиальных горизонтах и повышенным в иллювиальных горизонтах. Так же, как и у фоновых почв, распределение как валовых, так и подвижных форм фосфатов имеет S-образную форму. Под сосняками на обваловках и оборонительных валах по используемому КД к 2500 годам степень профильной дифференциации фосфора соответствует фоновой. Под ельниками различия в распределении фосфора по горизонтам выражены значительно меньше, вследствие чего КД фоновой почвы равен 0.68 по

сравнению с сосняками (0.04). По полученным данным соответствие степени дифференциации фосфатов фоновой почвы наступит у почв старше 3000 лет. С увеличением времени почвообразования дифференциация профиля почв увеличивается и по валовым формам фосфора.

В зональных подзолистых почвах профильное распределение кальция имеет S-образную форму. Аналогичное распределение наблюдается как в фоновой, так и в изучаемых разновозрастных почвах. Здесь, как и ранее мы попытались выявить различия в возрасте почв по коэффициентам дифференциации. В целом следует отметить, что как в фоновой, так и в изучаемых почвах КД близки к 1, что свидетельствует о нахождении кальция в труднорастворимых соединениях. Влияние возраста хотя и проявляется, но относительно слабо. Так, у почв до 2700 лет КД равен 0.90–0.92, а у фоновой почвы 0.78. Можно также отметить, что коэффициенты *внутрипрофильной* дифференциации почв по валовому кальцию больше по сравнению с фоновыми почвами, хотя в возрастном ряду четкой зависимости не наблюдается. В целом степень дифференциации почвенных горизонтов по валовому кальцию достаточно низкая.

В распределении углерода органических веществ максимальным содержанием характеризуются лесные подстилки (табл. 1). В минеральной части выявляется два типа профильного распределения углерода органических веществ (гумуса): первый тип характеризуется убыванием содержания вглубь, а во втором случае происходит вымывание углерода из элювиальных гор. А2 и накопление в гор. В1. Первый тип обнаружен в молодых и фоновой почвах сосново-еловых лесов, тогда как в чистых сосняках постепенно убывающее распределение наблюдается лишь в 1500-летней почве. В более старых почвах (возраст 2500, 2700, 5000 лет) и в фоновой почве обнаружен второй тип распределения. На основании этих данных мы предполагаем, что в почвах, формирующихся в равных условиях с возрастом более 1500 лет, происходит смена убывающего распределения на элювиально-иллювиальное.

В составе гумуса отмечается преобладание фульвокислот во всех исследованных почвах, что является характерным для подзолистых почв (табл. 1). Лишь в 400-летней почве с мощностью гор. А1А2 1 см С гк/С фк в данном горизонте больше 1. В другой 400-летней почве в соответствующем горизонте мощностью 5 см С гк/С фк меньше 1 (0.87). Поэтому в ряду 400 - 3000 - фон (древостой с преобладанием ели) это соотношение уменьшается как в гор. А2, так и в гор. В1: 0.87–0.74–0.63 и 0.73–0.30–0.20 соответственно, что свидетельствует о продолжающемся процессе формирования системы гумусовых веществ. В почвах под сосняками четкой закономерности с

Таблица 3. Оптические плотности гуминовых кислот  
 ЕС 1 мг/мл, 430 нм

Горизонт, глубина, см	Фракции ГК			
	1	2	3	
Сосняки				
Разр. 3.-97. Фоновая почва				
AO1	0-1	3.43	3.57	5.17
AO2	1-5	5.37	6.04	7.18
AOA1	5-6	11.94	9.01	3.98
A2	6-12	7.35	9.45	1.88
B1	12-16	3.54	3.27	5.98
B2	16-47	5.98	3.33	1.52
Разр. 6-97. 2700-летняя почва				
AO1	0-3	3.22	3.51	3.35
AO2	3-9	4.35	5.22	6.82
AO3	9-10	4.42	5.03	4.55
A2	0-12	11.41	7.94	2.52
B1	12-18	3.06	2.17	2.21
Разр. 5-97. 1500-летняя почва				
AO1	0-1	3.22	3.55	3.45
AO2	1-5	5.64	4.96	5.77
AO3	5-7	6.21	5.62	7.76
A2	7-12	7.43	8.00	1.99
B1	12-17	1.97	1.65	1.14
B2	17-28	4.69	4.27	2.91
B3	28-44	1.41	2.51	2.67
Разр. 1-97. 5000-летняя почва				
AO1	0-3	3.32	3.35	5.59
AO2	3-5	4.14	4.24	4.92
A2	5-11	2.75	2.77	3.33
B1	11-15	7.41	8.1	6.07
Разр. 7-97. 2500-летняя почва				
AO1	0-2	3.24	3.35	4.03
AO2	2-4	5.01	4.75	7.12
AO3	4-5	4.25	4.29	8.20
A2	5-14	3.04	4.00	2.89
B1	14-15	1.71	1.47	2.83
Сосново-еловые леса				
Разр. 3-98. Фоновая почва				
AO1	0-2	-	-	-
AO2	2-5	-	-	-
AO3	5-8	-	-	-
A2	8-13	8.98	9.80	4.10
B1	13-23	6.20	5.95	2.45
B2	23-39	4.10	1.85	3.30
Разр. 4-97. 400-летняя почва				
AO1	0-2	3.21	3.62	3.04
AO2	2-5	6.08	4.91	4.13
AO3	5-7	6.34	6.76	4.37
A1A2	7-8	5.07	5.80	4.51
B1	8-18	3.90	3.44	2.51
Разр. 2-98. 400-летняя почва				
AO1	0-2	-	-	-
AO2	2-5	-	-	-
AO3	5-8	-	-	-
A1A2	8-13	10.30	10.05	5.10
B1	13-25	6.68	6.50	3.20
Разр. 4-98. 3000-летняя почва				
AO1	0-2	-	-	-
AO2	2-5	-	-	-
A2	5-12	7.37	6.70	4.95
B1	12-37	6.45	5.87	3.68

Примечание. Прочерк означает отсутствие данных.

возрастом не наблюдается, но С гк/С фк в гор. А2 изучаемых почв всегда меньше, чем в фоновой. Для подтверждения зависимости в соотношении гуминовых и фульвокислот от времени почвообразования необходимы дополнительные данные.

При изучении качественного состава гумуса нами были определены оптические плотности гуминовых кислот при разных длинах волн в области видимого света (табл. 3). Как известно, оптические плотности ГК в разных типах почв различны, хотя и имеют общий вид кривых электронных спектров поглощения: постепенно уменьшающееся значение с увеличением длины волны. Представляло интерес выявить возможные различия в величинах оптических плотностей ГК разных фракций у разновозрастных почв и в сравнении с фоновой. Проведенный анализ показал, что в сосняках в подстилках, где происходят начальные стадии формирования системы гумусовых веществ, оптические плотности ГК всех трех фракций существенно не отличаются от таковых фоновых почв. Для фракции ГК-1 значения оптических плотностей составляют в подгоризонтах А01 3.21-3.32 (фон - 3.43); А02 - 4.14-5.64 (фон - 5.37), А03 - 4.25-6.21 (в фоновой почве подгоризонт А03 не выделен). Для ГК во второй фракции указанная величина имеет значения А01 - 3.35-3.55 (фон 3.57); А02 - 4.24-5.22 (фон 6.04); А03 - 4.29-5.62, для гуминовых кислот третьей фракции - А01 - 3.35-3.59 (фон 5.17); А02 - 4.92-7.12 (фон 7.18); А03 - 4.55-8.20. Это свидетельствует о сходстве условий трансформации и гумификации органических веществ. Если же рассматривать оптические плотности по подгоризонтам подстилок, то при сходстве их распределения при разных длинах волн можно выявить увеличение оптических плотностей от верхних подгоризонтов А01, представляющих опад предыдущего года, к нижележащим А02, А03. Такой характер оптических плотностей свидетельствует об усложнении молекул ГК в процессе гумификации растительного опада.

На оборонительных валах оптические плотности фракций ГК-1 (7.43-11.41), ГК-2 (8.00-11.46), ГК-3 (1.99-2.52) в элювиальных горизонтах разновозрастных почв по сравнению с фоновой (соответственно 7.35; 9.45; 1.88) существенно не отличаются. В иллювиальных горизонтах плотности фракций ГК-1 и ГК-2 также существенно не отличаются от таковых в фоновой почве, тогда как плотности ГК-3 (1.14-2.21) ниже, чем у фоновой почвы (5.98). В почвах на обвалах различия в оптических плотностях по сравнению с фоновой более значительны в первой (2.75-3.04; фон - 7.35) и второй (2.77-4.00; фон - 9.45) фракциях гор. А2, тогда как в третьей фракции различия менее значительны (2.89-3.33; фон - 1.88). В иллювиальных горизонтах различия в оптических плотностях сохраняются, но менее выраже-

Таблица 4. Гранулометрический состав разновозрастных почв

Горизонт, глубина, см	Содержание фракций, %						I < 0.01 мм	
	1-0 <sup>25</sup>	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001мм		
Разр. 3-97. Фоновая почва под сосняком								
A2	6-12	39.35	45.58	8.34	1.84	3.05	1.44	6.33
B1	12-16	36.49	40.59	9.17	1.83	4.02	7.45	13.30
B2	16-47	32.58	41.24	9.97	2.51	3.54	9.99	16.04
B3	47-84	40.55	35.73	7.66	0	3.90	11.49	15.38
BC	>84	31.47	42.73	10.12	0	3.54	11.91	15.45
Разр. 1-97. 5000-летняя почва на обваловке жилищной впадины, сосняк								
A2	5-11	36.56	56.35	2.68	1.36	1.59	1.45	4.40
B1	11-15	30.59	57.11	3.01	1.12	2.58	4.76	8.46
B2	15-55	35.16	58.07	2.69	0.07	1.26	2.48	3.81
Разр. 7-97. 2500-летняя почва на обваловке жилищной впадины, сосняк								
A2	5-14	34.10	60.52	1.41	1.26	1.54	0.80	3.60
B1	14-15	36.81	52.68	2.58	1.32	3.74	2.36	7.42
B2	15-21	40.72	50.29	2.53	0.62	2.76	2.50	5.88
Разр. 6-97. 2700-летняя почва на валу городища, сосняк								
A2	10-12	37.25	49.91	5.46	1.72	1.72	3.45	6.89
B1	12-18	39.09	41.15	5.65	1.94	2.53	8.61	13.08
B2	18-53	42.95	42.95	4.69	1.30	2.37	5.47	9.14
B3	53-76	33.86	50.45	6.10	0.49	2.54	6.15	9.18
Разр. 5-97. 1500-летняя почва на валу городища, сосняк								
A2	7-12	37.69	47.96	6.89	1.21	2.64	3.61	7.46
B1	12-17	31.39	52.12	4.79	1.79	2.28	7.43	11.50
B2	17-28	31.80	47.75	6.65	2.26	1.49	9.34	13.09
B3	28-44	21.77	41.01	14.27	3.82	4.80	13.75	22.37
B3	44-73	31.45	34.31	12.85	4.04	3.68	13.51	21.23
Разр. 3-98. Фоновая почва под ельником								
A2	8-13	34.53	36.51	10.45	4.27	5.10	8.82	18.19
B1	13-23	29.85	28.52	14.12	6.16	1.31	18.71	26.18
B2	23-39	26.85	43.76	5.46	1.24	8.05	14.01	23.30
B3	39-50	39.99	15.08	17.63	3.28	6.45	16.70	26.43
B3	50-65	30.74	27.94	14.53	3.99	4.82	17.58	26.39
B3	65-84	49.46	11.56	16.48	8.58	0.76	12.52	21.86
BC	84-100	61.98	27.36	2.65	0.18	0.64	7.11	7.93
Разр. 4-97. 400-летняя почва, насыпь в пределах могильника, ельник								
A2	7-8	30.52	45.85	8.98	3.38	2.85	7.81	14.92
B1	8-18	23.53	41.70	9.96	2.99	2.65	8.22	14.84
Разр. 2-98. 400-летняя почва, выкид из могильной ямы, ельник								
A2	8-13	46.82	25.35	10.86	0.30	4.07	11.83	16.20
B1	13-25	35.89	31.60	9.33	4.22	5.25	12.37	21.84

ны. Сравнивая оптические плотности гуминовых кислот разных фракций в почвах на валах и обваловках, можно отметить меньшие величины плотностей ГК-1 и ГК-2 в элювиальных горизонтах в почвах на обваловках по сравнению с таковыми на валах.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о значительной, а иногда и полной идентичности оптических плотностей ГК в исследуемых нами почвах фоновым при возрасте почв от 1500 до 5000 лет, что в целом свидетельствует о сходстве строения молекул ГК.

Как уже указывалось, почвообразование в районе исследования идет на породах легкого гранулометрического состава: под сосняками на песках и супесях, под ельниками на легких суглинках. Наиболее информационной фракцией в процессе подзолообразования является илестая фракция. Ее содержание закономерно изменяется по почвенному профилю: минимальные количества находятся в элювиальных горизонтах, максимальные - в иллювиальных (табл. 4). В исследуемых нами почвах в целом повторяется тот же тип распределения, как в почвах под сосняками, так и под ельниками. Используемые нами КД для выявления возрастных различий в почвах свидетельствуют о закономерном уменьшении КД с увеличением возраста почв и достаточно значительных различиях их с фоновыми значениями. Полученные КД позволяют связать их различие с возрастом изучаемых почв. Так, у 400-летних почв КД близок к 1 (0.95–0.96), тогда как в фоновой почве под ельником он равен 0.47. Под сосняками в фоновой почве на супесях степень отмытости гор. А2 в 2.5 раза больше, чем под ельником, что в целом может быть связано как с пониженным содержанием илестых частиц в супесях, так и с особенностями растительного покрова. В целом КД с увеличением возраста почв уменьшается, но даже у 5000-летней почвы (0.30) он больше фонового значения (0.19) в 1.6 раза, что свидетельствует о малой скорости перемещения илестых частиц. Хотя по водно-физическим свойствам супеси и пески достаточно близки, тем не менее полученные КД по химическим и физическим свойствам в дальнейшем будут уточнены при сравнении разновозрастных почв с другими разновидностями фоновых почв.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе полученных данных мы приходим к следующим заключениям. Не подлежит сомнению, что процесс развития почв сопровождается дифференциацией почвенного профиля на горизонты, качественные различия их во времени можно оценить в подзолистых почвах по степени вымывания и накопления различных химических соединений (по коэффициентам дифференци-

ции). Используя понятие характерного времени, мы произвели группировку свойств почв по найденным величинам ХВ. Наименьшее ХВ среди рассматриваемых признаков найдено нами для мощности подстилок - менее 400 лет, возможно, что эта величина составляет 100–150 лет, тогда как Таргульяном и Соколовым [14] указывается еще меньшее время - годы и десятки лет. Мощность подзолистого горизонта близка к интервалу колебаний ее в зональных почвах, начиная с 2500 лет (III группа), хотя по средним величинам она еще меньше. Такое же ХВ (2500 лет) найдено нами для профилей, дифференцированных по содержанию аморфного железа (по Тамму), по подвижным формам фосфора. К этому же времени можно отнести и запасы гумуса.

Во вторую группу (ХВ 1500 лет) нами отнесены оптические плотности фракций ГК-1 и ГК-2. В почвах на валах к этому времени они достигают зональных значений.

В четвертую группу с интервалом ХВ 2500–3000 лет нами отнесены профильная дифференциация валового кальция, фосфора, алюминия. В эту же группу можно отнести соотношение  $S_{гк/С}$  фк, которое в гор. А2 у 2500–3000-летних почв больше, чем в фоновой почве, а в гор. В1 подобная закономерность наблюдается в почвах под ельниками.

Интересно отметить различия в оптических плотностях фракций ГК-1 и ГК-2 в зависимости от типа леса. Как уже указывалось, в почвах под сосняками оптические плотности ГК достигают зональных значений к 1500 годам, тогда как под ельниками они еще меньше фоновых значений в гор. А2 даже у 3000-летних почв.

В пятую группу с ХВ более 5000 лет отнесены следующие показатели: степень дифференциации профиля по валовому железу и илу. Следует отметить, что полученное ХВ по илестой фракции совпадает с таковым в группировке свойств по примерной величине ХВ Таргульяна и Соколова [14] - тысячи, десятки тысяч лет.

Как уже говорилось, не вызывает сомнений, что почвенный профиль развивается во времени и отдельные свойства почв имеют свои ХВ. По нашему мнению, для изучения закономерностей дифференциации подзолистых почв на археологических памятниках наиболее подходящими являются породы легкого гранулометрического состава, так как при проведении различных земляных работ древним человеком они легко перемешиваются и представляют собой новую практически однородную почвообразующую породу, на которой вновь идет восстановление почвенного покрова.

В данный момент мы находимся в начале этого направления исследований и для получения более полного представления о закономерностях разви-

тия подзолистых почв необходимо продолжить накопление фактического материала.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский А.Л. Методические подходы при изучении истории почв // Общие методы изучения истории современных экосистем. М.: Наука, 1979. С. 142-161.
2. Гаджиев И.М., Овчинников С.М. Почвы средней тайги Западной Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1997. 152 с.
3. Геннадиев А.Н. Почвы и время: модели развития. М.: Изд-во МГУ, 1990. 232 с.
4. Демкин В.А. Палеопочвоведение и археология: интеграция в изучении истории природы и общества. Пушкино, 1997. 213 с.
5. Дергачева М.И. Органическое вещество почв: статика и динамика. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1984. 152 с.
6. Иванов И.В., Васильев И.Б. Человек, природа и почвы Рын-песков Волго-Уральского междуречья в голоцене. М.: Интеллект, 1995. 264 с.
7. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д., Афанасьева Т.В. Таежное почвообразование в почвообразование в континентальных условиях (Западная Сибирь). М.: Изд-во МГУ, 1981. 216 с.
8. Долгова Л.С., Гаврилова И.П. Песчаные почвы среднетаежной подзоны Западной Сибири // Природные условия Западной Сибири. М.: Изд-во МГУ, 1972. Вып. 2. С. 34-50.
9. Махонина Г.И. К вопросу о восстановлении почвенного покрова на оборонительных сооружениях древних городищ // Экологические проблемы земледелия Среднего Урала. Екатеринбург, 1995. С. 88-98.
10. Махонина Г.И. Формирование и состав лесных подстилок сосняков на промышленных отвалах южной тайги Урала // Экологические исследования на Урале. Сб. науч. тр. Екатеринбург, 1997. С. 44-55.
11. Морозов А.И., Таргульян В.О. Идеальная модель развития элювиального горизонта в почвах и корках выветривания // Почвоведение. 1995. № 7. С. 897-903.
12. Роде А.А. Почвообразовательный процесс и эволюция почв. М.: ОГИЗ, 1947. 143 с.
13. Таргульян В.О. Развитие почв во времени // Проблемы почвоведения. М.: Наука, 1982. С. 108-113.
14. 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.

## The Development of Podzolic Soils on Archeological Monuments in the West Siberian Middle Taiga

G. I. Makhonina and I. N. Korkina

The evolution of podzolic soils developing from sandy substrates on dated surfaces of archeological monuments of different age in the middle taiga zone of Western Siberia was studied. Characteristic times of the development of particular soil properties were estimated.