

ПАЛЕОКРИОГЕНЕЗ И ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ

УДК 631.436/551.34

ГОДОВАЯ ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРЫ ПАХОТНЫХ ПОЧВ  
ПАЛЕОКРИОГЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЬЯ

Т.А. Архангельская, М.В. Прохоров\*, М.А. Мазиров\*\*

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, ф-т почвоведения,  
119991, Москва, Ленинские горы, Россия, arhangelskaia@rambler.ru

\*Владимирский НИИСХ РАСХН, 601261, Владимирская обл., Суздальский р-н, п. Новый, ул. Центральная, 3, Россия

\*\*РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49, Россия

Исследована годовая динамика температуры пахотных почв палеокриогенных комплексов Владимирского ополья. Выявлены закономерные расхождения в температурных режимах почв с различным строением почвенного профиля, в том числе в течение зимнего периода. При сходном расположении экспериментальных площадок в микрорельефе почва со вторым гумусовым горизонтом охлаждалась меньше, чем почвы с минеральными подпахотными горизонтами. Сразу после схода снега в почвенном покрове наблюдалась латеральная неоднородность окислительно-восстановительного потенциала. Наименьшие величины окислительно-восстановительного потенциала отмечены в нижней части второго гумусового горизонта, что связано с явлением застоя талых вод на внутрпочвенном водоупоре.

*Пахотные почвы, палеокриогенные комплексы, второй гумусовый горизонт, температура почвы, промерзание, протаивание*

ANNUAL TEMPERATURE DYNAMICS OF ARABLE SOILS OF VLADIMIR OPOLYE  
PALEOCRYOGENIC COMPLEXES

T.A. Arkhangelskaya, M.V. Prokhorov\*, M.A. Mazirov\*\*

Lomonosov Moscow State University, Department of Soil Science,  
119991, Moscow, Leninskiye Gory, Russia, arhangelskaia@rambler.ru

\*Vladimir Research Institute of Agriculture, 601261, Vladimirskaya region, Suzdal district, pos. Novyi, Tsentral'naya str., 3, Russia

\*\*Russian State Agrarian University, 127550, Moscow, Timiriazevskaya str., 49, Russia

The annual temperature dynamics was studied for arable soils of Vladimir opolye paleocryogenic complexes. The regular discrepancies in temperature regimes of soils with different profile structures were revealed, for winter period in particular. The experimental site with the second humus horizon cooled less as compared to the sites with mineral subsoil horizons, despite being located quite similarly within the microrelief. Immediately after the snowmelt the soil redox potential was laterally heterogeneous within the soilscape. The lowest values of redox potential were registered in the lower part of the second humus horizon, which is related to the phenomenon of melt water stagnation above the intra-soil aquifuge.

*Arable soils, paleocryogenic complexes, second humus horizon, soil temperature, freezing, thawing*

ВВЕДЕНИЕ

Почвенный покров Владимирского ополья представляет собой комплекс почв, различающихся на уровне типа. Впервые на пестроту почвенного покрова ополья обратили внимание Т.Л. Быстрицкая и А.Н. Тюрюканов [Быстрицкая, Тюрюканов, 1966; Тюрюканов, Быстрицкая, 1971], предложившие говорить о существовании в ландшафте двух геохимически сопряженных генетических типов почв. Большинство современных авторов полагают, что первичным фактором дифференциации почвенного покрова был реликтовый криогенный микрорельеф [Величко, 1965; Рубцова, 1974; Макеев,

Дубровина, 1990; Алифанов, 1995; Величко и др., 1996; Макеев, 2005]. Ключевую роль в формировании этого микрорельефа сыграли процессы палеокриогенеза, обусловленные расположением территории ополья в позднеплейстоценовой перигляциальной области Русской равнины. В микропонижениях древнего криогенного рельефа, возникших при деградации многолетней мерзлоты, образовались почвы с мощным гумусовым горизонтом интенсивно черного или серовато-черного цвета, который в современной литературе принято называть вторым гумусовым горизонтом. Почвы без

второго гумусового горизонта и с высоким (80–120 см) уровнем залегания карбонатов были сформированы на локальных водоразделах. На переходных участках между микроповышениями и микропонижениями сформировались почвы переходного строения. Современные профили пахотных почв включают горизонты Апах–(Ah)–АЕ–ВЕg'–ЕВ–(В)–С в почвах палеопонижений, Апах–В–Вса–Са в почвах палеоповышений и Апах–ЕВ–(В)–С–(Са) в почвах переходных участков.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В течение последнего десятилетия были получены новые данные о значительной пространственной изменчивости тепловых свойств почв ополя и о латеральной неоднородности температурного поля почвенного покрова [Архангельская, 2003, 2004; Архангельская и др., 2000, 2005, 2007]. Показано, что благодаря низкой теплопроводности второго гумусового горизонта области, занятые почвами с этим горизонтом, на протяжении всего вегетационного периода характеризуются более низкой температурой подпахотных слоев почвы, чем области, занятые почвами с минеральными подпахотными горизонтами. В период наибольшего летнего прогревания температура подпахотных слоев отрицательно коррелирует с суммарной мощностью теплоизолирующей гумусово-аккумулятивной толщи. Во время осенне-зимнего охлаждения характер распределения температуры в почвенном покрове ополя меняется, и к концу ноября подпахотные слои почв со вторым гумусовым горизонтом оказываются теплее, чем подпахотные слои остаточно-карбонатных и сильнооподзоленных почв.

Высказывались предположения, что расхождение в температуре почв с контрастным строением профиля сохраняются в течение всей зимы и что различия в скорости и глубине промерзания сопряженных почв могут быть причиной латерального перераспределения талых вод во время весеннего снеготаяния [Архангельская, 2003]. Для проверки этих предположений были проведены дополнительные исследования, результаты которых обсуждаются ниже.

### ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2003–2004 гг. на опытном поле ВНИИСХ РАСХН в Суздальском районе Владимирского ополя. Подробное описание морфологического строения почв ополя, почвообразующих пород, физических свойств отдельных горизонтов приведены в работах [Тюрюканов, Быстрицкая, 1971; Рубцова, 1974; Макеев, Дубровина, 1990; Алифанов, 1995; Величко и др., 1996; Шейн и др., 2001; Архангельская, 2003, 2004; Макеев, 2005; Архангельская и др., 2007].

Экспериментальные площадки располагались на пологом выровненном склоне северо-западной экспозиции с уклоном поверхности около 1°. На участке размером 21 × 27 м была проведена нивелирная съемка микрорельефа поверхности почвы по сетке с шагом 3 м.

Изучение годовой динамики температуры почв ополя проводили на трех площадках с различным строением почвенного профиля (рис. 1). В прикопках глубиной 55 см на площадке 1 описана серая лесная почва со вторым гумусовым горизонтом – Апах (0–28), Ah (28–45), АЕ (45–...), на пло-

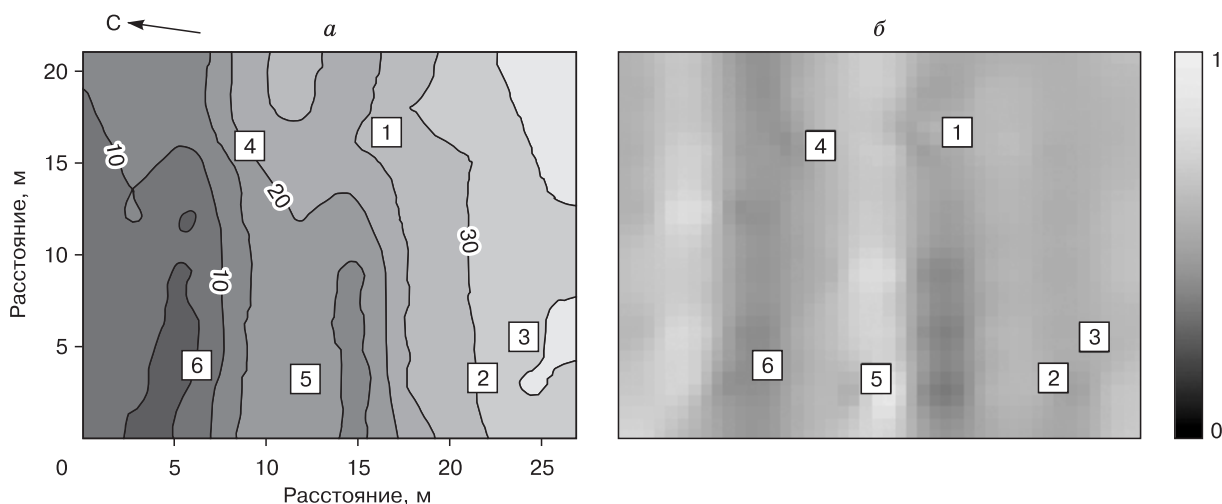


Рис. 1. Микрорельеф поверхности опытного участка, см (а) и относительная освещенность поверхности в летний полдень (б).

1–6 – расположение экспериментальных площадок.

площадке 2 – серая лесная сильнооподзоленная – Апах (0–28), ЕВ (28–...), на площадке 3 – серая лесная без признаков оподзоливания – Апах (0–27), В (27–...). Стационарные датчики электротермометра “Дана-терм-1501” были установлены в начале июля 2003 г. на глубинах 10–50 см с шагом 10 см. Измерения температуры почвы проводили с 11.07.2003 по 19.07.2004 г. один раз в неделю в 12 часов по местному времени (в период действия летнего времени – в 13 часов). В течение периода с устойчивым снежным покровом одновременно с измерением температуры почвы регистрировали мощность слоя снега на каждой площадке.

Сразу после окончания весеннего снеготаяния в конце марта 2004 г. на площадках 4–6 (см. рис. 1) были проведены исследования профильного распределения плотности, влажности и окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) почвы. Строение почвенного профиля на площадке 4 было сходным со строением профиля на площадке 1: Апах (0–24), Ah (24–38), Ae (38–46), BEg’ (46–55). На площадках 5 и 6 под пахотным слоем располагался горизонт ЕВ, как и на площадке 2, но мощности пахотного слоя различались, составляя 23 см на площадке 5 и 30 см на площадке 6. Плотность и влажность почвы определяли для глубин 0–3, 10–13, 20–23, 30–33, 40–43 и 50–53 см в трех повторностях, используя бур Польского с кольцом объемом 35 см<sup>3</sup>. Пористость почвы рассчитывали на основе ранее полученных величин для плотности твердой фазы отдельных горизонтов почв ополья [Архангельская и др., 2007]. ОВП определяли для глубин 0–50 см с шагом 10 см в пятикратной повторности для каждой глубины. Использовали измеритель “Экотест-2000” со стеклянным индикаторным электродом “ЭКОМ-Еh” и хлорсеребряным электродом сравнения; послыйный контроль температуры почвы осуществляли с помощью электротермометра “Дана-терм-1501”.

В сентябре 2004 г. на площадках 1–3 были отобраны образцы почвы на плотность и влажность. Методика отбора образцов та же, что и в марте. Дополнительно были отобраны образцы для последующего определения содержания органического углерода методом сухого сжигания в токе кислорода с использованием экспресс-анализатора АН-7529 [Козыт и др., 1993].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полученные результаты подтвердили, что температурные режимы почв с разным строением профиля закономерно различаются (рис. 2). Как и во время экспериментов 1999–2001 гг., летом лучше всего прогревалась почва с элювиальным подпахотным горизонтом ЕВ (площадка 2), хуже всего – почва со вторым гумусовым горизонтом (площадка 1). К концу июля 2003 г. температура почвы на

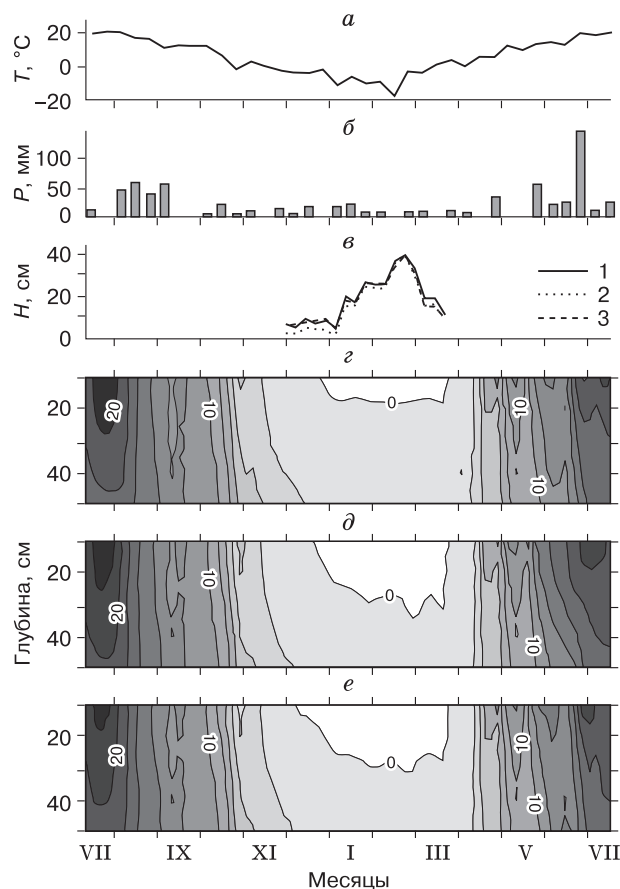


Рис. 2. Осредненная подекадно температура воздуха  $T$  (а) и декадные суммы осадков  $P$  (б) по данным агрометеопоста Суздаль, высота снежного покрова  $H$  на площадках 1–3 (в), хроноизоплеты температуры почв ( $^{\circ}\text{C}$ ) на площадках 1 (г), 2 (д), 3 (е) в период с 11.07.2003 по 19.07.2004 г.

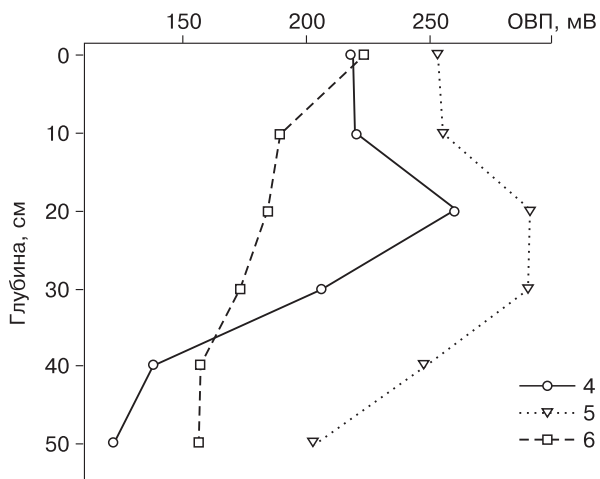


Рис. 3. Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) в профиле почв на площадках 4–6 29.03.2004 г.

глубине 20 см на площадке 1 составляла 20,6 °С, на площадке 2 – 21,8 °С, на площадке 3 – 21,1 °С. На глубине 50 см расхождения между температурным режимом площадок проявлялись сильнее: температуры почвы на площадках 1, 2 и 3 в конце июля составили 17,4, 19,6, 18,9 °С. В августе в связи с началом осеннего охлаждения почвы и сменой направления потока тепла в системе почва–атмосфера расхождения в температуре площадок начали уменьшаться, а к сентябрю практически исчезли. В течение осени и зимы площадка 1 охлаждалась медленнее, чем площадки 2 и 3; на глубине 10 см температура почвы на площадке 1 перешла через

нулевую отметку только 24 декабря, в то время как на площадках 2 и 3 это произошло уже 10 декабря.

Зимой 2003/04 г. снежный покров в Суздальском районе установился в конце ноября – 26 ноября высота снежного покрова на экспериментальных площадках составляла от 3 до 7 см. При этом на глубине 10 см на всех трех площадках были отмечены положительные температуры, т. е. снег лег на не успевшую глубоко промерзнуть почву. Зимнее промерзание почвы происходило под снегом, мощность которого к середине февраля достигла 41 см. На площадках 2 и 3 нулевая изотерма к концу февраля опустилась до глубины 30 см. На площадке 1

**Свойства почв на экспериментальных площадках: плотность ( $\rho$ ), содержание органического углерода ( $C$ ), пористость ( $\epsilon$ ), влажность ( $\theta$ ), доля заполненных водой пор ( $\theta/\epsilon$ )**

| Дата отбора образцов | Номер площадки | Горизонт | Глубина, см | $\rho$ , г/см <sup>3</sup> | $C$ , г/100 г | $\epsilon^*$ , см <sup>3</sup> /см <sup>3</sup> | $\theta$ , см <sup>3</sup> /см <sup>3</sup> | $\theta/\epsilon$ , % |      |
|----------------------|----------------|----------|-------------|----------------------------|---------------|---|---|-----------------------|------|
| 29.03.2004 г.        | 4              | Апах     | 0           | 1,28                       | –             | 0,510   | 0,389                                       | 76,3                  |      |
|                      |                | Апах     | 10          | 1,39                       | –             | 0,467   | 0,393                                       | 84,2                  |      |
|                      |                | Апах     | 20          | 1,51                       | –             | 0,421   | 0,404                                       | 96,0                  |      |
|                      |                | Аh       | 30          | 1,40                       | –             | 0,462   | 0,415                                       | 89,8                  |      |
|                      |                | АЕ       | 40          | 1,49                       | –             | 0,427   | 0,337                                       | 78,9                  |      |
|                      |                | BEg'     | 50          | 1,52                       | –             | 0,422   | 0,330                                       | 78,2                  |      |
|                      | 5              | Апах     | 0           | 1,40                       | –             | 0,443   | 0,436                                       | 83,3                  |      |
|                      |                | Апах     | 10          | 1,45                       | –             | 0,454   | 0,380                                       | 90,7                  |      |
|                      |                | Апах     | 20          | 1,51                       | –             | 0,393   | 0,377                                       | 90,8                  |      |
|                      |                | ЕВ       | 30          | 1,58                       | –             | 0,435   | 0,356                                       | 87,1                  |      |
|                      |                | ЕВ       | 40          | 1,51                       | –             | 0,439   | 0,368                                       | 86,8                  |      |
|                      |                | ЕВ       | 50          | 1,54                       | –             | 0,443   | 0,374                                       | 84,9                  |      |
|                      | 6              | Апах     | 0           | 1,46                       | –             | 0,466   | 0,369                                       | 93,6                  |      |
|                      |                | Апах     | 10          | 1,43                       | –             | 0,447   | 0,412                                       | 85,0                  |      |
|                      |                | Апах     | 20          | 1,59                       | –             | 0,424   | 0,357                                       | 88,9                  |      |
|                      |                | ЕВ       | 30          | 1,53                       | –             | 0,417   | 0,379                                       | 85,4                  |      |
|                      |                | ЕВ       | 40          | 1,52                       | –             | 0,443   | 0,381                                       | 83,1                  |      |
|                      |                | ЕВ       | 50          | 1,51                       | –             | 0,432   | 0,376                                       | 86,6                  |      |
|                      | 20.09.2004 г.  | 1        | Апах        | 0                          | 1,48          | –   | 0,433                                       | 0,229                 | 52,9 |
|                      |                |          | Апах        | 10                         | 1,28          | 2,36  | 0,510                                       | 0,213                 | 41,8 |
|                      |                |          | Апах        | 20                         | 1,32          | 2,61  | 0,494                                       | 0,227                 | 46,0 |
| Апах                 |                |          | 30          | 1,29                       | 2,31          | 0,502   | 0,269                                       | 53,6                  |      |
| Аh                   |                |          | 40          | 1,17                       | 3,05          | 0,548   | 0,236                                       | 43,1                  |      |
| АЕ                   |                |          | 50          | 1,34                       | 2,19          | 0,487   | 0,292                                       | 60,0                  |      |
| 2                    |                |          | Апах        | 0                          | 1,45          | –   | 0,458                                       | 0,204                 | 50,9 |
|                      |                | Апах     | 10          | 1,36                       | 1,67          | 0,477   | 0,209                                       | 47,0                  |      |
|                      |                | Апах     | 20          | 1,39                       | 1,68          | 0,424   | 0,211                                       | 58,3                  |      |
|                      |                | ЕВ       | 30          | 1,39                       | 0,50          | 0,432   | 0,255                                       | 69,4                  |      |
|                      |                | ЕВ       | 40          | 1,45                       | 0,45          | 0,435   | 0,267                                       | 71,3                  |      |
|                      |                | ЕВ       | 50          | 1,40                       | 0,30          | 0,432   | 0,254                                       | 72,0                  |      |
| 3                    |                | Апах     | 0           | 1,42                       | –             | 0,447   | 0,233                                       | 45,6                  |      |
|                      |                | Апах     | 10          | 1,37                       | 1,69          | 0,481   | 0,224                                       | 43,5                  |      |
|                      |                | Апах     | 20          | 1,51                       | 1,62          | 0,469   | 0,247                                       | 45,0                  |      |
|                      |                | В        | 30          | 1,54                       | 0,51          | 0,487   | 0,300                                       | 52,4                  |      |
|                      |                | В        | 40          | 1,53                       | 0,44          | 0,465   | 0,310                                       | 57,4                  |      |
|                      |                | В        | 50          | 1,54                       | 0,35          | 0,483   | 0,311                                       | 52,6                  |      |

\* Рассчитана с использованием данных по плотности твердой фазы почвы из работы [Архангельская и др., 2007].

отрицательные температуры были отмечены в течение зимы лишь на глубине 10 см, глубже нулевая изотерма на этой площадке не проникала. Во время схода снега 10.03–24.03 на площадке 1 отрицательные температуры отмечались лишь на глубине 10 см, а на площадках 2 и 3 – на глубинах 10 и 20 см.

Через пять дней после окончательного схода снега (29 марта) в профиле площадок 4–6 наблюдались восстановительные условия (рис. 3). Наименьшие значения ОВП (около 120 мВ) были отмечены на площадке 4 в нижней части второго гумусового горизонта. На этой площадке слой 0–30 см характеризовался умеренно восстановительными условиями, на глубинах 40 и 50 см условия были интенсивно восстановительными. На площадке 5 умеренно восстановительные условия наблюдались на всех глубинах. На площадке 6 умеренно восстановительные условия были характерны лишь для верхнего слоя почвы; начиная с глубины 10 см значения ОВП были ниже 200 мВ, что соответствует интенсивно восстановительным условиям.

Плотность исследованных горизонтов варьировала в диапазоне 1,28–1,59 г/см<sup>3</sup>, пористость – от 39 до 51 %, влажность – от 36 до 44 см<sup>3</sup>/см<sup>3</sup>, отношение влажность/пористость – от 76 до 96 % (таблица). На площадке 4 объемная влажность почвы возрастала с глубиной в слое 0–30 см и резко снижалась в слое 30–40 см. На площадке 5, наоборот, наблюдалось уменьшение влажности с глубиной в слое 0–30 см, а затем некоторое возрастание в слое 30–50 см. На площадке 6 влажность почти не менялась с глубиной, за исключением середины пахотного слоя, где влажность была существенно выше. Общие влагозапасы в слое 0–60 см на всех трех площадках были одинаковы и составляли 23 см.

В конце вегетационного сезона (20 сентября) плотность исследованных горизонтов варьировала в диапазоне 1,17–1,54 г/см<sup>3</sup>, пористость – от 42 до 55 %, влажность – от 20 до 31 см<sup>3</sup>/см<sup>3</sup>, отношение влажность/пористость – от 42 до 72 % (см. таблицу). На площадках 1–3 содержание влаги в пахотных горизонтах было близким, но в подпахотных горизонтах распределение влаги в профиле различалось. В минеральных горизонтах ЕВ и В влажность в пределах слоя 30–50 см практически не менялась, причем влажность горизонта В была выше, чем горизонта ЕВ. На площадке 1 влажность в целом возрастала с глубиной, но на глубине 40 см, где была отмечена самая низкая плотность и высокая пористость горизонта Ah, наблюдалось некоторое снижение объемной влажности по сравнению с глубинами 30 и 50 см. В целом больше всего влаги содержала почва с глинистым подпахотным горизонтом В, меньше всего – с элювиальным горизонтом ЕВ: на площадке 1 влагозапас в слое 0–60 см составил 15 см водного столба, на площадке 2 – 14 см, на площадке 3 – 16 см.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На рис. 1, а видно, что площадки для проведения температурных наблюдений были расположены в микрорельефе сходным образом. Это обеспечивало практически одинаковые условия инсоляции на этих площадках (см. рис. 1, б) и практически одинаковую мощность снежного покрова в течение зимнего периода (см. рис. 2, в). Это значит, что выявленные расхождения в температурном режиме почв с различным строением профиля были обусловлены не внешними условиями, а разницей в тепловых свойствах самих почв.

Как было показано ранее [Архангельская, 2004], температуропроводность почв ополья различается, и наиболее сильно эти различия проявляются в подпахотных горизонтах. В диапазоне средних и высоких влажностей самой высокой температуропроводностью обладает элювиальный горизонт ЕВ, промежуточной – горизонт В, самой низкой – горизонт Ah. Благодаря припашке подпахотных горизонтов, происходящей при обработке почвы, температуропроводность пахотного слоя также оказывается латерально неоднородной: минимальные значения характерны для почв со вторым гумусовым горизонтом, максимальные – для почв, в профиле которых непосредственно под пахотным слоем залегает горизонт ЕВ.

Температуропроводность почвы определяет ее термическую инерционность, т. е. скорость изменения температуры почвы при изменении внешних условий. Чем ниже температуропроводность почвы, тем медленнее повышается ее температура при прогревании и медленнее понижается при охлаждении. Соответственно, диапазон изменения температуры почвы при чередовании периодов прогревания и охлаждения тем уже, чем меньше ее температуропроводность. Именно этот эффект мы получили в годовом цикле: почва со вторым гумусовым горизонтом, обладающая самой низкой температуропроводностью, летом хуже прогревалась, а зимой, наоборот, была более теплой.

При краткосрочных колебаниях температуры воздуха наблюдалось то же явление: почва со вторым гумусовым горизонтом в силу своей большей термической инерционности меньше реагировала на изменение внешних условий. Как видно на рис. 4, после резкого похолодания 1.04–3.04, которое произошло через несколько дней после полного схода снега, температура почвы понизилась на всех трех площадках, но степень этого понижения была разной и соответствовала различиям в температуропроводности почвы. Менее всего охладилась почва со вторым гумусовым горизонтом, сильнее всего – почва с подпахотным горизонтом ЕВ: на глубине 10 см на площадке 1 температура к 7 апреля опустилась до 0,8 °С, на площадке 2 – до –0,1 °С, на площадке 3 – до 0,2 °С. Переход температуры че-



рез 0 °С был зарегистрирован только на площадке 2. После того как кратковременное похолодание сменилось трендом повышения температуры воздуха, все три площадки стали прогреваться, но с разными скоростями: быстрее всего – площадка 2, медленнее всего – площадка 1. За две недели, прошедшие между 7.04 и 21.04, температура почвы на глубине 10 см повысилась на 7,5 °С на площадке 1, на 9,6 °С на площадке 2, на 8,5 °С на площадке 3. В итоге к 21 апреля на этой глубине уже установилось типичное для весенне-летнего периода соотношение между температурой трех почв: самой теплой была оподзоленная почва (9,5 °С), самой холодной – почва со вторым гумусовым горизонтом (8,3 °С).

Таким образом, полученные нами данные еще раз подтвердили, что в почвенном покрове Владимирского ополья качественно воспроизводится латеральная неоднородность реликтовых температурных условий его формирования. Почвы со вторым гумусовым горизонтом, развитые в пределах ныне полностью захороненных палеомикропонижений, в настоящее время хуже прогреваются летом и меньше охлаждаются зимой, как если бы они по-прежнему располагались на отрицательных элементах микрорельефа. Как уже отмечалось в наших предыдущих публикациях, в почвенном покрове Владимирского ополья прослеживаются элементы самоорганизации, а именно поддерживается устойчивый способ функционирования, заложенный еще на стадии формирования существующей структуры покрова [Архангельская и др., 2007; Arkhangel'skaya, 2006].

В отличие от площадок проведения температурных наблюдений, площадки, где проводились измерения влажности почвы и ее ОВП, занимали различные позиции в микрорельефе (см. рис. 1, а). Площадка 4 располагалась на пологом микросклоне, площадка 5 – на микроводоразделе, площадка 6 – в микроложбине. Наиболее контрастными по своему расположению в микрорельефе были площадки 5 и 6, на которых строение почвенного профиля, наоборот, было сходным. Сопоставление полученных для этих площадок данных показывает, что для всех исследованных глубин величины ОВП в микроложбине ниже, чем на микроводоразделе, что неудивительно: при сходном строении профиля разница в окислительно-восстановительных условиях на этих площадках определялась исключительно различиями в расположении площадок в микрорельефе. В ложбине явления сезонного переувлажнения при стоке талых вод выражены более ярко, что и отразилось в меньших величинах ОВП.

Площадка 4, расположенная на микросклоне, занимала промежуточное положение в микрорельефе, и можно было бы ожидать, что и величины ОВП для этой площадки будут промежуточными по сравнению с площадками 5 и 6. Эта закономер-

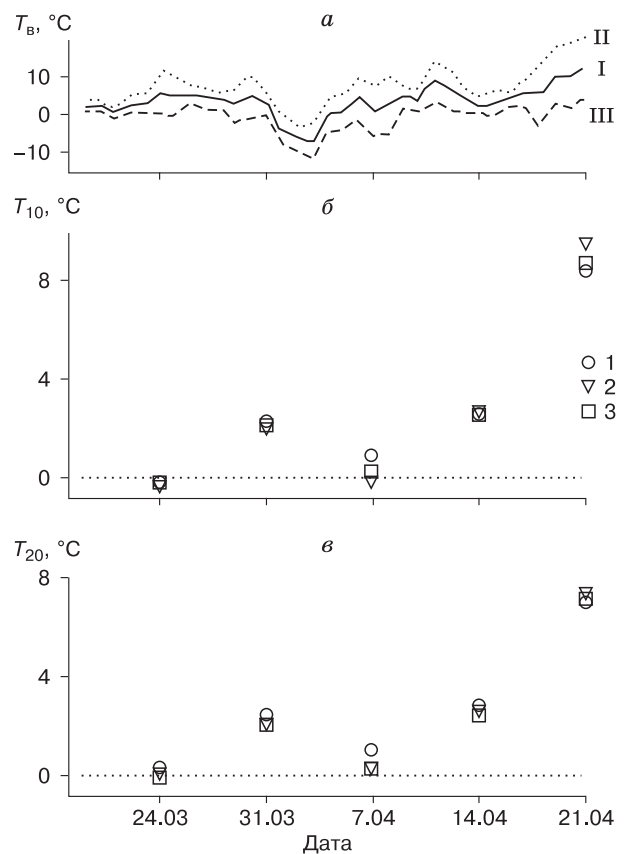


Рис. 4. Среднесуточная (I), максимальная (II) и минимальная (III) температура воздуха по данным агрометеопоста Суздаль (а), температура почвы на площадках 1–3 на глубинах 10 см (б) и 20 см (в) в период с 24.03.2004 по 21.04.2004 г.

ность действительно наблюдалась, но лишь в пределах пахотного слоя, а на глубинах 40 и 50 см на микросклоне были отмечены крайне низкие величины ОВП – даже более низкие, чем в микроложбине на площадке 6. Эти данные говорят о том, что латеральное перераспределение талых вод полностью управляется микрорельефом поверхности почвы лишь в пределах верхнего, относительно гомогенного пахотного слоя. В более глубоких слоях ОВП определяется внутрпочвенным перераспределением влаги, которое, в свою очередь, связано с латеральной неоднородностью свойств почвенной толщи. Крайне низкие величины ОВП, отмеченные в нижней части второго гумусового горизонта на площадке 4, мы объясняем сочетанием двух факторов. Во-первых, для почвы со вторым гумусовым горизонтом характерна меньшая мощность мерзлого слоя и меньшее число циклов промерзания–оттаивания в течение зимы. Можно предположить, что благодаря этому к моменту весеннего снеготая-

ния общая водопроницаемость верхнего полуметрового слоя почвы на этой площадке была больше, чем на площадках с минеральными подпахотными горизонтами. Поэтому доля вертикального сброса талых вод по сравнению со стоком в латеральном направлении (верховодкой) была на этой площадке выше. Застаивание гравитационной влаги в нижней части второго гумусового горизонта определялось вторым фактором – наличием на нижней границе гумусированной толщи внутрипочвенного водоупора [Архангельская, 2003; Архангельская и др., 2007].

Таким образом, проведенные исследования впервые показали, что в период весеннего снеготаяния в почвенном покрове Владимирского ополья наблюдается выраженная латеральная неоднородность окислительно-восстановительных условий. Полученные величины ОВП подтвердили ранее высказанную гипотезу о застаивании талых вод на нижней границе второго гумусового горизонта [Архангельская, 2003]. Эти данные также косвенно подтверждают предположение о возможности поддержания структуры почвенного покрова за счет осадения вновь образованных органических веществ в зонах застаивания талых вод [Архангельская, 2003].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Температурный режим серых лесных почв со вторым гумусовым горизонтом отличается от температурного режима окружающих участков большей инерционностью и меньшей амплитудой годовых колебаний. В пределах второго гумусового горизонта и под ним почва летом холоднее, чем на тех же глубинах на участках без этого горизонта. Зимой участки, занятые почвами со вторым гумусовым горизонтом, оказываются более теплыми. Граница зимнего проникновения отрицательных температур в глубь этих почв лежит выше, чем в случае почв с минеральными подпахотными горизонтами.

Во время весеннего снеготаяния в почвенном покрове происходит латеральное перераспределение талых вод, которое приводит к застаиванию гравитационной влаги в понижениях внутрипочвенного рельефа и формированию интенсивно восстановительных условий в нижней части второго гумусового горизонта.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 07-04-00131).

### Литература

- Алифанов В.М.** Палеокриогенез и современное почвообразование. Пушкино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1995, 318 с.
- Архангельская Т.А.** Генезис сезоннопромерзающих серых лесных почв со вторым гумусовым горизонтом (на примере Владимирского ополья) // Криосфера Земли, 2003, т. VII, № 1, с. 39–48.
- Архангельская Т.А.** Температуропроводность серых лесных почв Владимирского ополья // Почвоведение, 2004, № 3, с. 332–342.
- Архангельская Т.А., Бутылкина М.А., Мазиров М.А., Прохоров М.В.** Свойства и функционирование пахотных почв палеокриогенного комплекса Владимирского ополья // Почвоведение, 2007, № 3, с. 261–271.
- Архангельская Т.А., Губер А.К., Мазиров М.А., Прохоров М.В.** Температурный режим комплексного почвенного покрова Владимирского ополья // Почвоведение, 2005, № 7, с. 832–843.
- Архангельская Т.А., Губер А.К., Прохоров М.В.** О влиянии второго гумусового горизонта на температурный режим серых лесных почв Владимирского ополья // Тезисы докл. III съезда Докучаевского о-ва почвоведов (Суздаль, 11–15 июля 2000 г.). М., 2000, кн. 1, с. 173.
- Быстрицкая Т.Л., Тюрюканов А.Н.** Ополья и ополец – генетические типы переходного класса почв Центральной России // Докл. АН СССР, 1966, т. 166, № 4, с. 955–958.
- Величко А.А.** Криогенный рельеф позднелейстоценовой перигляциальной зоны (криолитозоны) Восточной Европы // Четвертичный период и его история. М., Наука, 1965, с. 104–120.
- Величко А.А., Морозова Т.Д., Нечаев В.П., Порожнякова О.М.** Позднелейстоценовый криогенез и современное почвообразование в зоне южной тайги (на примере Владимирского ополья) // Почвоведение, 1996, № 9, с. 1056–1064.
- Когут Б.М., Большаков В.А., Фрид А.С. и др.** Аналитическое обеспечение мониторинга гумусового состояния почв. Метод. указания. М., Изд-во РАСХН, 1993, 73 с.
- Макеев А.О.** Поверхностные палеопочвы лессовых водоразделов Русской равнины: Дис. ... д-ра биол. наук. М., 2005, 496 с.
- Макеев А.О., Дубровина И.В.** География, генезис и эволюция почв Владимирского ополья // Почвоведение, 1990, № 7, с. 5–25.
- Рубцова Л.П.** О генезисе почв Владимирского ополья // Почвоведение, 1974, № 6, с. 17–27.
- Тюрюканов А.Н., Быстрицкая Т.Л.** Ополья Центральной России и их почвы. М., Наука, 1971, 238 с.
- Шейн Е.В., Иванов А.Л., Бутылкина М.А., Мазиров М.А.** Пространственно-временная изменчивость агрофизических свойств комплекса серых лесных почв в условиях интенсивного сельскохозяйственного использования // Почвоведение, 2001, № 5, с. 578–585.
- Arkhangelskaya T.A.** On the use of the concepts of mathematical physics in modern soil science // Eurasian Soil Sci., 2006, vol. 39, Suppl. I, p. S20–S25.

Поступила в редакцию  
2 мая 2007 г.