

## ФОРМИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ВОДОРАЗДЕЛОВ ПРИОБСКОГО ПЛАТО В СВЯЗИ С МИКРОРЕЛЬЕФОМ

Шапорина Н.А.<sup>1</sup>, Чичулин А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия (630090, Новосибирск, пр. академика Лаврентьева, 8/2) e-mail: shaporina49@mail.ru

---

Представлены исследования, целью которых являлось изучение формирования температурного поля почвенного покрова водоразделов Приобского плато в связи с микрорельефом. Показано, что пространственное распределение подтипов черноземов непосредственно связано со структурой поверхности водоразделов, которая обеспечивает тесные геохимические связи между почвенными компонентами микрорельефа. Дана оценка температурным режимам подтипов черноземов в суточной и сезонной динамике. Результаты показали, что температурное поле почвенного покрова водоразделов латерально неоднородно. Пахотный горизонт оподзоленных черноземов, занимающих пониженные элементы микрорельефа, позиционируется как более «холодный» как в суточных циклах, так и в среднем за вегетационный период. Тем не менее более глубокие слои (глубже 1 м) этих черноземов «теплее» своих соседей – выщелоченных и особенно типичных черноземов.

---

Ключевые слова: почвенный покров, черноземы, микрорельеф, температурное поле

## THE FORMATION OF THE TEMPERATURE FIELD OF A SOIL COVER OF THE WATERSHED OF THE PRIOBSKY PLATEAU IN CONNECTION WITH MICRORELIEF

Shaporina N.A.<sup>1</sup>, Chichulin A.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Soil science and Agrochemistry of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, (630090, Novosibirsk, pr. Akademika Lavrent'eva, 8/2) e-mail: shaporina49@mail.ru

---

Presents research, the objective of which was to study the formation of the temperature field of a soil cover of the watershed of the Priobsky plateau in connection with microrelief. It is shown that the spatial distribution of subtypes of chernozems is directly connected with the surface structure of the watershed that provides close geochemical connection between soil components of microrelief. Estimation of temperature regimes subtypes of chernozems in the daily and seasonal dynamics. The results showed that the temperature field of a soil cover of the watershed laterally inhomogeneous. Arable horizon of podzolized chernozems occupy the lower elements of microrelief, is positioned as a more «cool» as in the diurnal cycles, and on average during the vegetation period. However, deeper layers (deeper meters) these chernozems «warmer» of their neighbors - leached and especially typical chernozems.

---

Keywords: soil cover, chernozems, microrelief, temperature field

Изучение почвенного покрова в значительной мере связано с использованием структурно-функционального подхода, который предполагает тесную взаимообусловленность структуры почвенного покрова и аспектов функционирования составляющих его почв. При использовании данного подхода основное внимание уделяется перераспределению в почвенном покрове веществ и энергии, а также последствиям данного перераспределения. В первую очередь это миграция влаги, как вертикальная, так и горизонтальная. Не менее важный фактор — температура почв и потоки энергии, поскольку практически все протекающие в почве процессы накладываются на непрерывные изменения температуры активного слоя почв, обусловленные суточной и годовой цикличностью. Температурные градиенты, возникающие при этом, в свою очередь определяют

неоднородности функционирования почвенного покрова, которые могут быть вызваны как особенностями рельефа, в том числе микрорельефа (формы рельефа, размах высот которых не превышает 1 м, а протяженность — не более 10 м), так и различиями в тепловых свойствах входящих в них почв [1]. Все это определяет актуальность изучения латеральной изменчивости температуры почв, поскольку дает возможность полнее раскрыть все стороны функционирования почв и почвенного покрова.

Целью исследований являлось изучение формирования температурного поля почвенного покрова Приобья, обусловленного микрорельефом. В задачи исследований входило:

- 1) изучить и сопоставить температурные режимы подтипов черноземов, приуроченных к различным формам микрорельефа, в суточной и сезонной динамике;

- 2) оценить роль пространственного распределения физических свойств черноземов в формировании температурного поля почвенного покрова.

Исследования проводились в лесостепной левобережной части Новосибирского Приобья. Особенности природных условий Приобья, в частности общая приподнятость, расчлененность и хорошая дренированность территории, обусловили формирование на водоразделах почвенного покрова, в составе которого преобладают среднегумусные, среднемощные черноземы среднесуглинистого гранулометрического состава. Лабораторией географии и генезиса почв Института почвоведения и агрохимии СО РАН (ИПА СО РАН) исследовалась связь пространственного распределения подтипов черноземов, организованных в почвенные микрокатены, со строением поверхности водоразделов Приобского плато [2]. Согласно авторам высокодисперсные осадочные отложения, слагающие территорию, обеспечивают тесную геохимическую связь между компонентами микрокатен, которые функционируют как единый природный организм. При этом в микродепрессиях формируются черноземы оподзоленные (15–25% поверхности), микроповышения занимают черноземы типичные (15–25%), транзитные позиции – черноземы выщелоченные (60–65%). Указанными авторами предложено считать данные образования фоновыми-зональными для почвенного покрова водоразделов Приобья. В связи с этим в качестве объектов исследований нами рассматривались и анализировались не отдельные ареалы почв, а сопряженный их ряд, обусловленный микрорельефом — первоочередным перераспределителем вещества и энергии. С учетом этого закладывались ключевые площадки размером 50 x 60 м, содержащие в своем составе количественно близкий набор подтипов черноземов. Были вычислены среднестатистические параметры основных морфологических показателей черноземов, которые служили основанием для закладки опорных (до 2 м) и вспомогательных (до 1,2 м) разрезов. На опорных разрезах

проводился весь комплекс исследований, призванный, во-первых, провести оценку черноземов по водно-физическим параметрам и, во-вторых, наблюдать за динамикой этих параметров во времени.

Состояние увлажнения участка почвенного покрова контролировалось до глубины 1,5 м с помощью метода нейтронной влагометрии. Стационарные скважины были установлены по квадратам 10 x 10 м. Использование данного метода позволило нам наблюдать за состоянием увлажнения почвенного покрова в 4D формате. Здесь же были оборудованы площадки для режимных наблюдений за температурой. Использовались термометры Савинова (пахотный горизонт), датчики электротермометра АМ-29 и вытяжные термометры.

### Результаты и обсуждение

Суточную динамику температуры изучали в слое 0–20 см на всех выделенных подтипах черноземов. Было проведено по два краткосрочных цикла наблюдений при разном уровне погоды. Периодичность наблюдений – каждые 4 ч. В первом цикле с 8 по 11 июля среднесуточная температура воздуха составила 20,5<sup>0</sup>С, минимальная ночная в среднем 13,6<sup>0</sup>С, максимальная в среднем 24,6<sup>0</sup>С. Разница температур — 11<sup>0</sup>С. Солнечно, без осадков. Второй цикл с 20 по 23 июля после орошения нормой 45 мм. Среднесуточная температура – 19,4<sup>0</sup>С, причем минимальные ночные были несколько выше, чем в первый срок, – 16,5<sup>0</sup>С, а максимальные несколько ниже – 22,8<sup>0</sup>С. Разница температур составила всего 6,3<sup>0</sup>С. Пасмурно, незначительные осадки во все три дня наблюдений. Пахотный слой подтипов черноземов различался по плотности и влажности (табл. 1).

**Таблица 1**

Плотность и влажность подтипов черноземов при определении суточной динамики температур

Подтип чернозема	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, % от объема / % от наименьшей влагоемкости (НВ)	
		1ый срок	2ой срок
Типичный	1,06	23,0 / 64	30,9 / 86
Выщелоченный	1,07	25,6 / 76	31,7 / 94
Оподзоленный	1,16	28,6 / 83	32,4 / 95

По этим двум параметрам четко выделяется чернозем оподзоленный как более плотный и более влажный. В первый срок наблюдения различия по влажности между подтипами более отчетливые, чем во второй. Выпадающие осадки и проведенный перед началом определений полив сnivelировали различия по влажности во второй срок наблюдений. Однако пахотный слой чернозема типичного, занимающего повышенные элементы микрорельефа, выделяется среди других подтипов как более сухой.

Среднесуточная температура пахотного слоя в первый срок наблюдения составила по всем трем подтипам черноземов 24<sup>0</sup>С, причем температура выщелоченного и типичного черноземов близка между собой, а пахотный слой оподзоленного чернозема был на 1<sup>0</sup>С холоднее. Максимальные значения в слое 0–10 см во всех подтипах черноземов фиксировались в 16 ч, в слое 10–20 см — на 4 ч позднее (рис. 1). Следует отметить, что среднее значение максимумов в слое 0–5 см по всем подтипам было близким и составило 33,8–33,9<sup>0</sup>С, а вот средние значения за три дня наблюдений в черноземе оподзоленном были на полградуса меньше. В более глубоких слоях отставание оподзоленного чернозема увеличивалось и в слое 15–20 см составляло уже 0,8–1,0<sup>0</sup>С (табл. 2, рис. 1).

**Таблица 2**

Средние температуры в пахотном горизонте черноземов, <sup>0</sup>С

Слой, см	Черноземы	1-й срок наблюдения			2-й срок наблюдения		
		Ср. max	Ср. min	Ср.	Ср. max	Ср. min	Ср.
0–5	Типичный	33,8	18,8	26,3	24,6	17,5	21,1
	Выщелоченный	33,9	18,8	26,4	23,3	17,0	20,1
	Оподзоленный	33,8	18,0	25,9	22,9	16,7	19,8
5–10	Типичный	29,4	20,0	24,7	22,2	17,3	19,8
	Выщелоченный	28,7	20,4	24,6	21,7	17,0	19,4
	Оподзоленный	27,9	20,0	23,9	21,2	16,8	19,0
10–15	Типичный	26,6	21,1	23,8	20,6	16,9	18,8
	Выщелоченный	26,3	21,5	23,9	20,0	17,4	18,7
	Оподзоленный	25,4	21,0	23,2	19,5	16,6	18,0
15–20	Типичный	24,7	21,7	23,2	19,6	17,3	18,5
	Выщелоченный	24,1	21,6	22,9	19,0	17,1	18,1
	Оподзоленный	23,1	21,0	22,1	18,3	16,6	17,5

Несколько иначе складывалась ситуация во второй период наблюдений. Температурный фон был более низким и более ровным. Так, если в первый период разница между дневными и ночными температурами составляла 13–17<sup>0</sup>С, то во второй – только 7–9<sup>0</sup>С. Среднесуточная температура в пахотном слое не превышала 20<sup>0</sup>С, причем близкие ее значения, в отличие от первого срока, наблюдались в черноземе оподзоленном и выщелоченном. Выделялся чернозем типичный, где среднесуточная температура за весь период наблюдений была на 1<sup>0</sup>С выше. По максимальным значениям, начиная с самого верхнего слоя 0–5 см и во всех последующих слоях, также лидировал чернозем типичный с отрывом до 1,5<sup>0</sup>С (табл. 2, рис. 1).

1-й срок 2-й срок

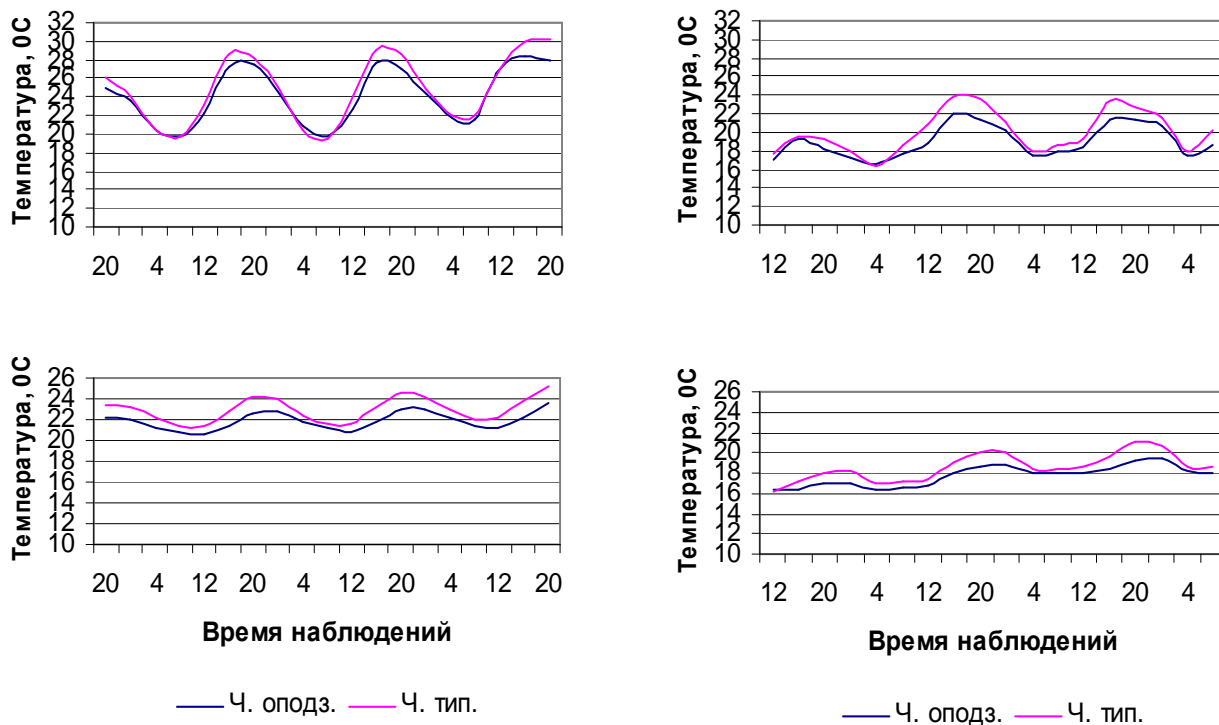


Рис. 1. Суточная динамика температуры в пахотном слое черноземов по двум срокам наблюдения на глубинах 10 см (верхние графики) и 20 см (нижние)

Суммы температур за июль в пахотном горизонте рассчитанные в среднем по двум срокам наблюдений составили в черноземе типичном –  $666^{\circ}\text{C}$ , в черноземе выщелоченном –  $651^{\circ}\text{C}$  и в черноземе оподзоленном —  $636^{\circ}\text{C}$ , т.е. все три подтипа черноземов разграничены по температурному режиму в зависимости от их положения по микрорельефу.

Согласно вышеизложенному мы попытались представить на качественном уровне карту — схему распределения температур в пахотном горизонте, которая характеризовала бы латеральную изменчивость этого параметра, т.е. температурное поле почвенного пространства (рис. 2). На рис. 2 представлено в первом приближении температурное поле пахотного горизонта ключевой площадки, расположенной на орошаемом массиве. Наиболее значимые расхождения в температуре наблюдались между черноземами оподзоленными и типичными, которые достигали в пахотном горизонте  $1,5^{\circ}\text{C}$  за отдельные периоды. Определения теплофизических коэффициентов генетических горизонтов черноземов и их анализ, проведенные на тех же объектах А.В. Чичулиным [5], показали, что более высокое влажностное состояние среднесуглинистых черноземов Приобья способствует меньшему нагреванию днем их верхних горизонтов. Данный вывод вполне согласуется с результатами наших исследований и подтверждает их.

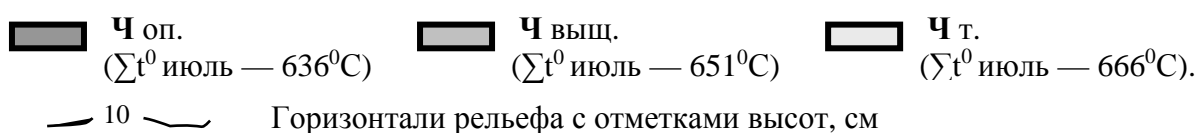
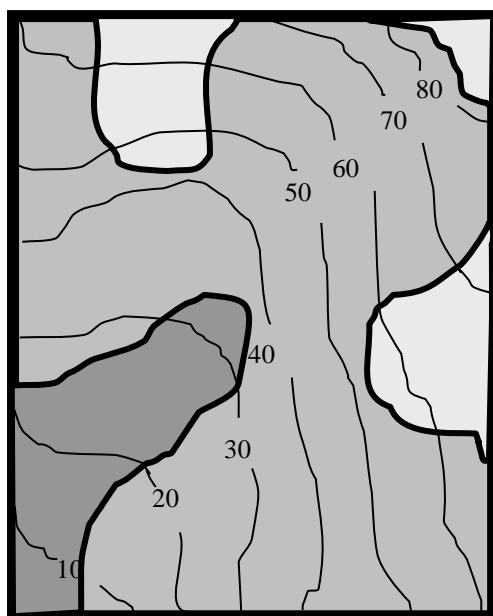


Рис. 2. Карта — схема температурного поля пахотного горизонта ключевой площадки

Сезонную динамику температуры почв изучали на тех же объектах, что и суточную. Наблюдения велись до глубины 2 м с 8 июля по 22 сентября ежедневно в 20 ч. За период наблюдений выпало 73 мм осадков, был произведен полив нормой 43 мм. Причем все это было зафиксировано в первой половине периода – июль и самое начало августа. Далее до конца августа и весь сентябрь осадков не было. Особо отметим состояние уплотнения черноземов, поскольку этот параметр существенно влияет на теплофизические свойства почв. Сравнительное определение плотности почв показало, что выщелоченные и оподзоленные богарные черноземы имеют близкие значения этого показателя по всему профилю – в пахотном горизонте 1,15–1,17 г/см<sup>3</sup>, в подпахотном 1,20–1,24, в нижележащей толще 1,36–1,43 г/см<sup>3</sup>. Резко отличаются от первых двух черноземы типичные – их пахотный горизонт имеет плотность 0,95–1,06 г/см<sup>3</sup>, подпахотный — 1,12–1,18, глубже значения плотности лежат в пределах 1,20–1,28 г/см<sup>3</sup>, и только ниже 180 см значения увеличиваются до 1,33–1,35 г/см<sup>3</sup>. Средняя плотность нижней части профиля (100–200 см) составила в черноземе оподзоленном 1,49 г/см<sup>3</sup>, в черноземе выщелоченном 1,42 г/см<sup>3</sup> и в черноземе типичном 1,32 г/см<sup>3</sup>. Такая дифференциация сложилась исторически в процессе перераспределения осадков по элементам микрорельефа. При этом причиной формирования более плотного профиля оподзоленных и выщелоченных черноземов мы считаем просадочные явления, под которыми в настоящее время понимаются сложные процессы набухания, разрушения старых и формирования новых структур и в конечном итоге их

уплотнение [3]. Запасы влаги в этой же толще на начало наблюдений составили в черноземе оподзоленном 213 мм, в черноземе выщелоченном 204 мм, в черноземе типичном 186 мм.

Сезонные изменения температуры по профилю черноземов представлено на рис. 3.

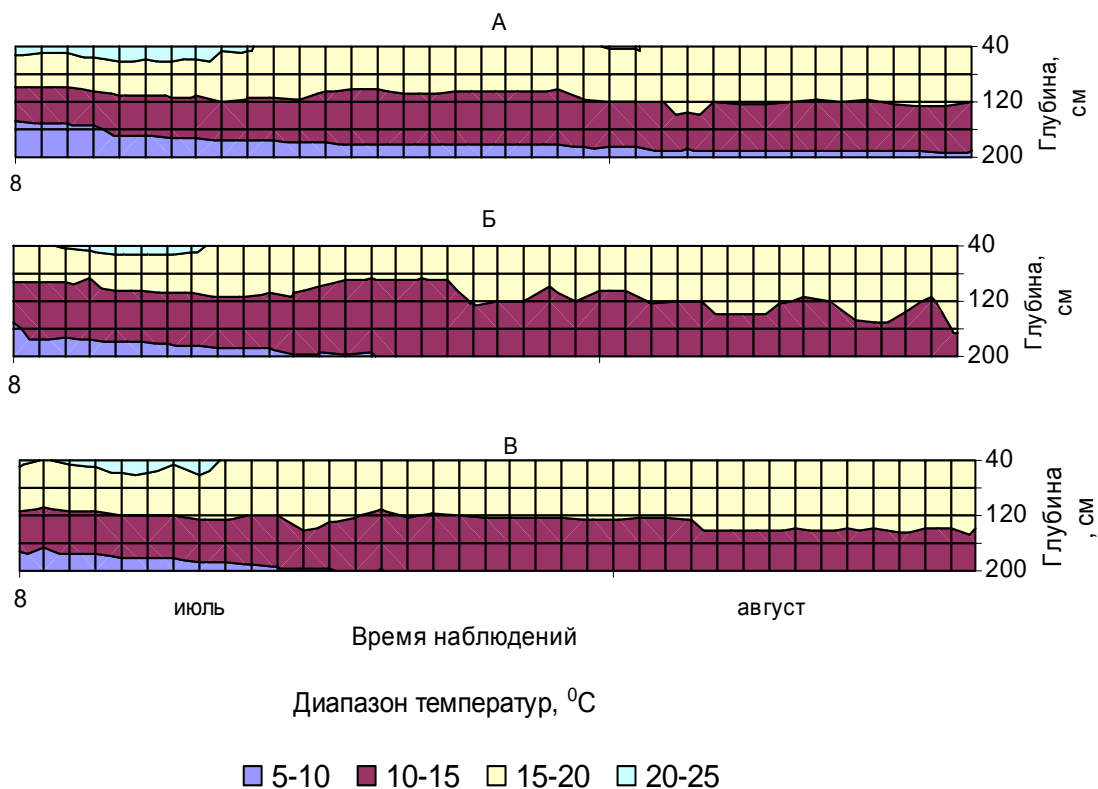


Рис. 3. Термоизоплеты нижней части профиля типичных (А), выщелоченных (Б) и оподзоленных (В) черноземов Приобья

В верхней части профиля (до 40 см) просматриваются те же закономерности, которые выявлены при анализе данных суточных колебаний, т.е. оподзоленный чернозем, занимающий пониженные элементы микрорельефа, выделяется как более «холодный». В нижней же части профиля (глубже 100 см) наблюдается противоположная картина. Разница особенно заметна по характеру поведения термоизоплет 15<sup>0</sup>С и особенно 10<sup>0</sup>С. Так, к началу периода наблюдений профиль черноземов типичного и выщелоченного прогрелся до 15<sup>0</sup>С на глубину 90 см и до 10<sup>0</sup>С на глубину 150–155 см, чернозем оподзоленный к этому времени был прогрет на глубину 110 и 170 см соответственно. Уже к 14 июля термоизоплета 15<sup>0</sup>С достигла в черноземе оподзоленном отметки 120 см, тогда как в черноземах типичном и выщелоченном это произошло только к концу июля. После 18 июля термоизоплета 10<sup>0</sup>С уходит в черноземе оподзоленном за 2-метровую отметку, в черноземе же типичном она

находится не глубже 190 см в течение всего периода наблюдений. Следовательно, нижняя часть профиля оподзоленного чернозема явно теплее своих соседей.

Объяснение этому мы находим в работах В.П. Панфилова и иных [4], А.В. Чичулина [5], которые изучали теплофизические свойства черноземов Приобья. Вариабельность температуры и температурных режимов почв не определяется вариабельностью одной лишь влажности. Теплофизические коэффициенты — это не только функция влажности, но и функция других свойств почв, таких как грансостав, плотность, порозность, содержание органического вещества. В данном конкретном случае определяющую роль играют, по-видимому, различия в плотности, так как, несмотря на различия во влажности между подтипами, все они находились в одном диапазоне увлажнения от влажности разрыва капиллярных связей (ВРК) до наименьшей влагоемкости (НВ). Поскольку кондуктивный перенос тепла является основным механизмом теплопередачи в почвенной толще, увеличение плотности приводит к росту всех теплофизических характеристик, т.е. способность почвы проводить и аккумулировать тепло возрастает.

### **Заключение**

Таким образом, температурное поле почвенного покрова водоразделов Приобского плато является закономерно латерально неоднородным. Температурный режим пахотного слоя оподзоленных черноземов, занимающих пониженные элементы микрорельефа, позиционируется как более «холодный», как в суточной динамике, так и в среднем за сезон. Объясняется это тем, что при любом уровне погоды эти черноземы получают дополнительное увлажнение за счет перераспределения как талых вод весной, так и выпадающих осадков и поливов. Степень увлажнения их постоянно находится в пределах 80–90% НВ. Однако более глубокие слои (глубже 1 м) этих черноземов «теплее» своих соседей — выщелоченных и особенно типичных черноземов — за счет более высокой плотности их грунтовой толщи. Более рыхлые и менее влажные типичные черноземы прогреваются в меньшей степени и значительно медленнее оподзоленных черноземов.

### **Список литературы**

1. Архангельская Т.А. Температурный режим комплексного почвенного покрова. — М.: ГЕОС, 2012. — 282 с.
2. Ковалев Р.В. и др. Окислительно-восстановительное состояние черноземов Приобья в связи с орошением // Земельно-оценочные проблемы Сибири и Дальнего Востока: тезисы докл. науч. конф. — Барнаул, 1986. — С. 112–115.



3. Никитенко Ф.А. Лессовые породы Приобья // Тр. Новос. ин-та инж. железнод. транспорта. — Новосибирск, 1963. — Вып. 34. — 285 с.
4. Панфилов В.П., Макарычев С.В. Теплофизические свойства выщелоченных черноземов Алтайского Приобья / Теплофизические свойства и режимы черноземов Приобья. — Новосибирск: Наука, 1981. — С. 28–53.
5. Чичулин А.В. Теплофизические свойства черноземов / Черноземы: свойства и особенности орошения. — Новосибирск: Наука, 1988. — С. 143–159.

**Рецензенты:**

Добротворская Н.И., д.с.-х.н., старший научный сотрудник, заведующая лабораторией рационального землепользования ФГБНУ «Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства», п. Краснообск;

Кленов Б.М., д.б.н., старший научный сотрудник, ФГБУН «Институт почвоведения и агрохимии СО РАН», г. Новосибирск.