

5. Boone D.R., Castenholz R.W., Garrity G.M. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 1. New York: Springer-Verlag, 2001.

6. Биопрепараты в сельском хозяйстве: методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т с.-х. микробиологии; И.А. Тихонович и др. – М.: Россельхозакадемия, 2005. – 153 с.

7. Доросинский Л.М. Клубеньковые бактерии и нитрагин. – Л.: Колос, 1990. – 190 с.

8. Кузнецов А.Е., Градова Н.Б. Научные основы экобиотехнологии: учебное пособие для студентов. – М.: Мир, 2006. – 504 с.

9. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. – М.: Наука, 1992. – 342 с.

10. Маккензи Р.А., Уиддоусон Э.М., Основные таблицы // Справочник Макканса и Уиддоусона. Химический состав и энергетическая ценность пищевых продуктов / под ред. А.К. Батурина. – 6-е изд. – СПб.: Профессия, 2006. – 416 с.

References

1. Petrovskiy A. *Formula plodorodiya* // *Kazakhstanskaya pravda*. – 2003. – No. 4. – S. 3.

2. Klimov Ye., Klimova M. *Organicheskoe selskoe khozyaystvo* // *Ekologiya i obshchestvo*. – 2009. – No. 3-4. – S. 9-12.

3. Dobrovolskiy G.V., Nikitin Ye.D. *Funktsii pochv v biosfere i ekosisteme*. – М.: Nauka, 1990. – 261 s.

4. Garbuz S.A., Korytova V.Ye. *Podbor optimalnoy pitatelnoy sredy dlya gomogenogo, periodicheskogo kultivirovaniya Azotobacter chroococcum* // *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*. – 2016. – No. 12 (54). – Ch. 1. – S. 12-14.

5. Boone D.R., Castenholz R.W., Garrity G.M. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 1. New York: Springer-Verlag, 2001.

6. *Biopreparaty v selskom khozyaystve: metodologiya i praktika primeneniya mikroorganizmov v rastenievodstve i kormoproizvodstve* / Ros. akad. s.-kh. nauk, Vseros. nauch.-issled. in-t s.-kh. mikrobiologii; I.A. Tikhonovich i dr. – М.: Rosselkhozakademiya, 2005. – 153 s.

7. Dorosinskiy L.M. *Klubenkovye bakterii i nitragin*. – L.: Kolos, 1990. – 190 s.

8. Kuznetsov A.Ye., Gradova N.B. *Nauchnye osnovy ekobiotekhnologii: uchebnoe posobie dlya studentov*. – М.: Mir, 2006. – 504 s.

9. Mishustin Ye.N. *Mikroorganizmy i produktivnost zemledeliya*. – М.: Nauka, 1992. – 342 s.

10. Makkenzi R.A., Uiddouson E.M. *Osnovnye tablitsy* // *Spravochnik Makkansa i Uiddousona. Khimicheskiy sostav i energeticheskaya tsennost pishchevykh produktov* / pod red. A.K. Baturina. – 6-е изд. – СПб.: Professiya, 2006. – 416 s.



УДК 631:53(571.15)

С.В. Макарычев
S.V. Makarychev

ОРОШЕНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ КОЛОЧНОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ ДОЖДЕВАНИЕМ И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ

SPRINKLING IRRIGATION OF THE CHERNOZEMS OF THE ALTAI REGION'S FOREST-OUTLIER STEPPE AND ITS AFTER-EFFECTS

Ключевые слова: черноземы, орошение, дождевание, дисперсность, влагоемкость, теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность.

Гидротехнические мелиорации оказывают наиболее сильное воздействие на экологическую обстановку территории. Практикуемые оросительные нормы, как правило, разработаны при учете лишь водно-физических почвенных показателей. В результате превышение поливных норм приводит к выщелачиванию почв, развитию процессов оподзоливания и осолодения. Максимальным изменениям в орошаемых черноземах подвержены плот-

ность сложения и порозность аэрации. Орошение приводит к уплотнению генетических горизонтов почв. Так, средняя плотность корнеобитаемого слоя при этом повышается на 6-8%. Многолетнее орошение вызывает определенные, в основном отрицательные, изменения теплофизических свойств почвы. Это, прежде всего, относится к объемной теплоемкости и температуропроводности, тогда как теплопроводность исследованных разрезов варьирует в небольших пределах (2-5%). Мелиорированные почвы имеют более узкий диапазон оптимальной температуропроводности. При этом снижается и теплофизический бонитет орошаемых почв. Исследова-

ние изменений теплофизических параметров в орошаемых почвах позволило определить их тренд и получить уравнения регрессии. Нижний предел почвенной влажности, обеспечивающий удовлетворительное для растений водопотребление для легкосуглинистых черноземов, 0,65 НВ. Оптимальные коэффициенты теплопередачи, обуславливающие наиболее благоприятный тепловой режим в этих почвах, приурочены к влажности, близкой к ВРК. Так, для пахотного слоя чернозема эти границы оказываются равными 15,3 и 20,7% от массы почвы. Поэтому для метрового слоя чернозема норма полива окажется равной 1366 т/га. Если за верхнюю границу увлажнения взять НВ (что обычно в сельскохозяйственной практике), то нормы орошения возрастут до 1900 т/га. Исследование изменений теплофизических коэффициентов в орошаемых почвах позволило нам определить их направление и получить уравнение регрессии для теплоемкости и температуропроводности. Полученные уравнения позволяют с определенной степенью точности прогнозировать изменения теплофизического состояния орошаемых черноземов Алтая.

Keywords: *chernozems, irrigation, sprinkling irrigation, dispersion, moisture capacity, heat capacity, thermal conductivity, thermal diffusivity.*

Hydro-technical land reclamation measures exert the strongest impact on the ecological situation of a territory. The practiced irrigation rates, as a rule, are developed taking into account only hydro-physical soil indices. As a result, the excess of irrigated rates leads to soil leaching, the development of soil podzolization and solodization. The maximum chang-

es in irrigated chernozems occur in the bulk density and porosity of aeration. Irrigation leads to the compaction of genetic soil horizons. Thus, the average density of the root zone increases by 6-8%. Long-term irrigation causes certain, mainly negative changes in soil thermo-physical properties. This primarily refers to the volumetric thermal capacity and thermal diffusivity, whereas the thermal conductivity of the studied soils varies within a narrow range (2-5%). Reclaimed soils have a narrower range of optimal thermal conductivity. This reduces their thermo-physical bonitet. The study of changes of thermo-physical indices in irrigated soils made it possible to determine their trend and obtain regression equations. The lower limit of soil moisture which provides satisfactory water consumption for plants for light loamy chernozems amounts to 0.65 of the minimum moisture-holding capacity. The optimal heat transfer coefficients which determine the most favorable thermal conditions in these soils are confined to the moisture content close to the discontinuous capillary moisture. So, for the arable layer of chernozem, these boundaries are equal to 15.3% and 20.7% of the soil mass. Therefore, for one meter layer of chernozem, the irrigation rate will be equal to 1366 t ha. If the minimum moisture-holding capacity is taken as the upper limit of moistening (which is usual in agricultural practice) the irrigation rates will increase to 1900 t ha. The study of changes in thermo-physical coefficients in irrigated soils enabled to determine their direction and obtain a regression equation for thermal capacity and thermal conductivity. The obtained equations allow, with a certain degree of accuracy, predicting changes in the thermo-physical state of irrigated chernozems in the Altai Region.

Макарычев Сергей Владимирович, д.б.н., проф., зав. каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Physics Dept., Altai State Agricultural University. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Введение

Гидротехнические мелиорации оказывают наиболее сильное воздействие на экологическую обстановку территории. Практикуемые оросительные нормы, как правило, разработаны при учете лишь водно-физических почвенных показателей. При таком подходе не имеет значения объект мелиорации. Массовое превышение поливных норм приводит к чрезмерному выщелачиванию почв, развитию процессов оподзоливания и осолодения. В этой связи поливные нормы нужно разрабатывать с учетом физико-химических, физико-механических, теплофизических, биологических свойств почв, а также, климатических, геоморфологических и гидрологических условий. Оптимизация мелиоративных систем должна учитывать зональную специфику.

Объекты и методы

В связи с этим нами были исследованы физические свойства орошаемых черноземов Павловского района Алтайского края. Изучались образцы неорошаемых, контрольных почвенных разрезов. При этом использовались общепринятые в почвоведении методы. Для определения теплофизических коэффициентов в лабораторных условиях применялся импульсный метод плоского нагревателя, а в полевых – метод цилиндрического зонда [1, 2].

Результаты исследований

Черноземы орошались в течение 8-10 лет. Длительное орошение обусловило появление целого ряда изменений физико-механических и водно-физических показателей [3]. Гранулометрический состав исследованных выщелоченных

черноземов в основном легкосуглинистый (Р. 6п, 5п, 8п, 7п), имеются и среднесуглинистые разновидности (Р.2п, 1п) (табл. 1) [4].

Количество органического вещества в пахотном слое орошаемых черноземов практически не изменялось, хотя в нижележащих горизонтах было отмечено его увеличение (табл. 2). Содержание ила в гумусово-аккумулятивном горизонте орошаемых почв, как правило, минимально. Наибольшая концентрация илистой фракции имеет место в пахотном горизонте на глубине 30-40 см (табл. 1).

Как оказалось, максимальным изменениям в орошаемых черноземах подвержены плотность сложения и порозность (табл. 2). В отсутствии мелиораций плотность пахотного слоя черноземов лежит в пределах 1180-1240 кг/м³. В подпахотном гор. АВ она практически не меняется, а в иллювиальном возрастает до 1330-1430 кг/м³. Орошение приводит к уплотнению генетических горизонтов почв [5]. Так, средняя плотность корнеобитаемого слоя выщелоченных горизонтов в отдельных разрезах при этом повышается на 6-8%.

Уплотнение орошаемых почв вызывает снижение как общей порозности, так и порозности аэрации (табл. 2). Изменчивость физико-механических

и воздушных свойств почв под влиянием орошения в свою очередь отражается на гидрологических постоянных (гидроконстантах) [6-7]. При этом максимальная гигроскопичность (МГ) и влажность завядания (ВЗ) остаются почти неизменными, в то время как влажность разрыва капилляров (ВРК), наименьшая влагоемкость (НВ) и полная влагоемкость (ПВ) снижаются.

В то же время перераспределение илистой фракции, органического вещества, а также уплотнение и закономерное снижение воздухоемкости нашли отражение на формировании теплофизических показателей орошаемых почв.

В таблице 3 представлены средние для деятельного слоя объемная теплоемкость, тепло- и температуропроводность черноземов, орошаемых длительное время и неорошаемых (контрольных) участков в абсолютно сухом состоянии.

Данные таблицы 3 показывают, что многолетнее орошение вызывает определенные, в основном отрицательные, изменения теплофизических свойств почвы. Это, прежде всего, относится к объемной теплоемкости и температуропроводности, тогда как теплопроводность исследованных разрезов варьирует в небольших пределах (2-5%).

Таблица 1

Гранулометрический состав выщелоченных черноземов (числитель – богара, знаменатель – орошение)

Гор-т	Глубина, см	Содержание фракций в % на абс. сухую почву, мм						
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
Р.6п/Р.5п								
Ап	0-20	<u>0,2</u>	<u>42,9</u>	<u>25,2</u>	<u>11,5</u>	<u>8,0</u>	<u>9,5</u>	<u>29,0</u>
		2,6	28,4	41,0	8,1	8,8	8,4	25,3
АВ	30-40	<u>1,9</u>	<u>27,6</u>	<u>40,9</u>	<u>9,2</u>	<u>16,1</u>	<u>11,2</u>	<u>26,5</u>
		0,2	42,7	27,6	7,4	4,6	12,1	24,1
В	60-70	<u>4,5</u>	<u>47,7</u>	<u>16,6</u>	<u>3,0</u>	<u>8,2</u>	<u>14,0</u>	<u>25,2</u>
		2,0	26,6	39,8	7,0	4,0	13,2	24,2
Р.2п/Р.1п								
Ап	0-20	<u>1,8</u>	<u>15,7</u>	<u>34,8</u>	<u>6,8</u>	<u>11,9</u>	<u>25,6</u>	<u>44,3</u>
		1,8	19,5	43,2	4,9	8,8	18,0	37,1
АВ	30-40	<u>1,8</u>	<u>19,7</u>	<u>41,7</u>	<u>9,8</u>	<u>5,8</u>	<u>13,7</u>	<u>29,3</u>
		1,6	22,8	25,2	5,0	10,5	32,0	47,5
В	60-70	<u>0,5</u>	<u>34,5</u>	<u>31,9</u>	<u>11,5</u>	<u>4,7</u>	<u>13,7</u>	<u>19,9</u>
		1,0	25,1	26,0	4,2	24,5	17,8	46,5
Р.8п/Р.7п								
Ап	0-20	<u>2,3</u>	<u>22,2</u>	<u>37,8</u>	<u>9,1</u>	<u>7,2</u>	<u>9,7</u>	<u>26,0</u>
		0,2	27,8	42,0	7,2	8,0	11,4	26,4
АВ	30-40	<u>2,0</u>	<u>20,3</u>	<u>46,3</u>	<u>12,8</u>	<u>6,0</u>	<u>10,2</u>	<u>29,0</u>
		0,3	48,0	23,4	8,8	2,6	13,6	25,0
В	60-70	<u>14,3</u>	<u>7,6</u>	<u>49,1</u>	<u>7,4</u>	<u>9,4</u>	<u>9,4</u>	<u>26,2</u>
		31,7	18,7	15,8	9,8	6,5	11,0	27,3

Таблица 2

**Водно-физические свойства, порозность и гумус выщелоченных черноземов
(числитель – богара, знаменатель – орошение)**

Гор-т	Водно-физические свойства					Порозность, %		Гумус, %
	МГ	ВЗ	ВРК	НВ	ПВ	общая	аэрации	
	% от веса					%		
Р.6п/Р.5п								
Ап	<u>5,0</u>	<u>6,9</u>	<u>22,7</u>	<u>30,3</u>	<u>43,5</u>	<u>52,2</u>	<u>15,6</u>	<u>5,2</u>
	4,8	6,5	22,4	29,8	39,4	49,6	12,1	5,6
АВ	<u>5,1</u>	<u>6,9</u>	<u>20,4</u>	<u>27,2</u>	<u>46,6</u>	<u>54,0</u>	<u>22,5</u>	<u>2,4</u>
	4,9	6,6	16,4	21,9	44,5	53,0	26,9	3,1
В	<u>5,2</u>	<u>7,0</u>	<u>15,6</u>	<u>20,8</u>	<u>36,4</u>	<u>48,4</u>	<u>20,7</u>	<u>0,5</u>
	5,2	7,0	14,6	19,5	34,6	47,1	22,1	1,7
Р.2п/Р.1п								
Ап	<u>4,7</u>	<u>6,4</u>	<u>19,3</u>	<u>25,7</u>	<u>40,6</u>	<u>50,4</u>	<u>18,5</u>	<u>4,6</u>
	4,9	6,6	18,5	24,7	37,5	48,2	16,3	4,4
АВ	<u>4,8</u>	<u>6,5</u>	<u>17,6</u>	<u>23,5</u>	<u>40,7</u>	<u>50,8</u>	<u>21,7</u>	<u>3,7</u>
	5,1	6,9	16,9	22,5	35,9	47,8	17,9	3,9
В	<u>5,0</u>	<u>6,8</u>	<u>14,4</u>	<u>19,2</u>	<u>39,5</u>	<u>50,2</u>	<u>25,8</u>	<u>1,2</u>
	5,2	7,0	14,3	19,1	31,2	44,6	17,3	1,5
Р.8п/Р.7п								
Ап	<u>4,5</u>	<u>6,2</u>	<u>18,3</u>	<u>24,4</u>	<u>45,5</u>	<u>53,7</u>	<u>24,9</u>	<u>4,3</u>
	4,7	6,3	17,7	23,6	37,4	48,6	17,9	4,5
АВ	<u>4,6</u>	<u>6,2</u>	<u>15,5</u>	<u>20,6</u>	<u>42,5</u>	<u>52,3</u>	<u>20,3</u>	<u>2,4</u>
	4,8	6,5	14,0	18,7	39,7	50,8	26,9	1,8
В	<u>4,6</u>	<u>6,2</u>	<u>13,6</u>	<u>18,1</u>	<u>41,1</u>	<u>51,4</u>	<u>28,8</u>	<u>1,4</u>
	4,5	6,2	12,1	16,1	36,0	48,3	26,7	1,0

Таблица 3

**Теплофизические коэффициенты деятельного слоя черноземов в абсолютно сухом состоянии
(числитель – богара, знаменатель – орошение)**

	Выщелоченные черноземы		
	Р.6п/Р.5п	Р.8п/Р.7п	Р.2п/Р.1п
λ, Вт/(м К)	<u>0,486</u> 0,479	<u>0,530</u> 0,507	<u>0,505</u> 0,493
сγ · 10 ⁻⁶ , Дж/(м ³ К)	<u>1,301</u> 1,342	<u>1,344</u> 1,401	<u>1,371</u> 1,473
α · 10 ⁶ , м ² /с	<u>0,374</u> 0,356	<u>0,394</u> 0,362	<u>0,368</u> 0,335

Объемная теплоемкость в результате восьмилетнего орошения черноземов (Р. 5п) возросла на 3,1%, а после 10 лет – на 4,2% (Р. 7п) и на 7,4% (Р. 1п). В то же время температуропроводность мелиорируемых почв уменьшилась на 5-10%. Отмеченные изменения теплофизических коэффициентов подтверждаются их абсолютными значениями в отдельных генетических горизонтах (Р. 6п, 5п; 7к, 4к) при различной степени почвенного увлажнения.

Так, при различных гидроконстантах теплоемкость черноземов в условиях орошения остается выше, чем на богаре, тогда как температуропро-

водность оказывается ниже. Например, теплоемкость пахотного слоя выщелоченного чернозема после 8 лет орошения на 5,2% больше, чем без орошения. Температуропроводность на богаре оказалась больше в пахотном слое чернозема на 5%. С глубиной отличия в теплофизических коэффициентах снижаются (табл. 4).

Увлажнение орошаемых почв формирует более низкие значения теплопроводности по сравнению с контролем, что обусловлено, прежде всего, падением абсолютных величин гидрологических постоянных на этих почвах. Рассчитанные нами средние для деятельного слоя черноземов

почвенно-теплофизические константы еще раз подтверждают отмеченный выше характер их изменений под воздействием мелиорации.

Мелиорированные почвы имеют меньший диапазон активной теплопроводности (ДАТ), составляющий для выщелоченных легкосуглинистых черноземов (0,128-0,145), что переводит их во 2-й класс отзывчивости при орошении [8], ко-

торая становится «посредственной». При этом снижается и теплофизический бонитет орошаемых почв, определяемый по оптимальной теплопроводности (ОТ). Так, в черноземах, находящихся в богарных условиях, средний балл бонитета составляет 88, а в орошаемых – только 83.

Таблица 4

Объемная теплоемкость (c_v), теплопроводность (α) и теплопроводность (λ) горизонтов выщелоченных черноземов при различной влажности (числитель – богара, знаменатель – орошение, P. 6п/P. 5п)

ТФХ	Абс. сухая	МГ	ВЗ	ВРК	НВ
Горизонт Ап					
c_v	<u>1,298</u>	<u>1,550</u>	<u>1,646</u>	<u>2,606</u>	<u>2,825</u>
	1,366	1,610	1,705	2,541	2,933
α	<u>0,361</u>	<u>0,450</u>	<u>0,475</u>	<u>0,485</u>	<u>0,430</u>
	0,343	0,410	0,435	0,460	0,390
λ	<u>0,469</u>	<u>0,698</u>	<u>0,782</u>	<u>1,264</u>	<u>1,215</u>
	0,485	0,660	0,742	1,169	1,144
Горизонт АВ					
c_v	<u>1,262</u>	<u>1,510</u>	<u>1,598</u>	<u>2,256</u>	<u>2,587</u>
	1,340	1,545	1,630	1,120	2,394
α	<u>0,399</u>	<u>0,480</u>	<u>0,515</u>	<u>0,610</u>	<u>0,560</u>
	0,368	0,480	0,515	0,580	0,505
λ	<u>0,504</u>	<u>0,575</u>	<u>0,823</u>	<u>1,376</u>	<u>1,448</u>
	0,498	0,742	0,839	1,230	1,209
Горизонт В					
c_v	<u>1,348</u>	<u>1,638</u>	<u>1,739</u>	<u>2,219</u>	<u>2,510</u>
	1,418	1,715	1,817	2,252	2,532
α	<u>0,359</u>	<u>0,430</u>	<u>0,460</u>	<u>0,555</u>	<u>0,520</u>
	0,350	0,395	0,420	0,540	0,525
λ	<u>0,484</u>	<u>0,704</u>	<u>0,800</u>	<u>1,232</u>	<u>1,305</u>
	0,496	0,677	0,763	1,216	1,329

Таблица 5

Почвенно-теплофизические константы, диапазон активной теплопроводности (ДАТ), оптимальная (ОТ) и максимальная (МТ) теплопроводность богарных (числитель) и орошаемых (знаменатель) почв

λ	c_v вЗ	α вЗ	λ нВ	c_v нВ	α нВ	α вРК	ДАТ	ОТ	МТ
Выщелоченные черноземы									
P. 6п/P. 5п									
<u>0,760</u>	<u>1,700</u>	<u>0,447</u>	<u>1,333</u>	<u>2,720</u>	<u>0,490</u>	<u>0,620</u>	<u>0,173</u>	<u>0,555</u>	<u>0,620</u>
0,787	1,782	0,442	1,208	2,603	0,464	0,587	0,145	0,526	0,590
P. 8п/P. 7п									
<u>0,745</u> <u>0,752</u>	<u>1,683</u> <u>1,765</u>	<u>0,443</u>	<u>1,277</u>	<u>2,499</u>	<u>0,511</u>	<u>0,610</u>	<u>0,169</u>	<u>0,555</u>	<u>0,610</u>
		0,426.	1,320	2,460	0,538	0,565	0,139	0,552	0,565
P. 2п/P. 1п									
<u>0,703</u>	<u>1,691</u>	<u>0,413</u>	<u>1,196</u>	<u>2,564</u>	<u>0,496</u>	<u>0,596</u>	<u>0,183</u>	<u>0,546</u>	<u>0,596</u>
0,748	1,873	0,401	1,321	2,731	0,484	0,529	0,128	0,507	0,529

Итак, многолетнее орошение приводит к ухудшению физико-механических, водно-физических, воздушных и теплофизических параметров. И чем длительнее воздействие гидромелиорации, тем значительнее его отрицательные последствия для теплофизического состояния почвенных профилей.

Снижение этих последствий видим в использовании оптимальных, основанных на научном расчете, поливных норм, которые обеспечивали бы наилучший гидротермический режим орошаемых почв, направленный на сокращение сроков вегетации.

Нижний предел почвенной влажности, обеспечивающий удовлетворительное для растений водопотребление (Татаринцев, 1990) для легкосуглинистых черноземных лесостепной зоны Алтая, составляет 0,65 НВ. Оптимальные коэффициенты теплопередачи, обуславливающие наиболее благоприятный тепловой режим в этих почвах, приурочены к влажности, равной среднеарифметической между ВРК и НВ.

Так, для пахотного слоя чернозема (Р.7п) эти границы оказываются равными 15,3 и 20,7% от массы почвы. Тогда разность влажностей в черноземе будет равна 5,4%.

Необходимое для орошения количество воды определяется по формуле [9]:

$$W=Uhd,$$

где U – влажность почвы;

h – толщина слоя;

d – плотность твердой фазы.

Для метрового слоя чернозема норма полива окажется равной:

$$W=5,4 \cdot 100 \cdot 2,53=1366 \text{ (т/га)}.$$

Если за верхнюю границу увлажнения взять НВ (что обычно в сельскохозяйственной практике), то нормы орошения возрастут до 1900 т/га соответственно. Но это гораздо ниже норм, практикуемых в настоящее время.

Исследование изменений теплофизических параметров в орошаемых почвах позволило нам определить направление этих изменений и получить уравнение регрессии для теплоемкости и температуропроводности изученных почв:

$$\alpha=(-0,004t+0,4)10^{-6} \text{ м}^2/\text{с};$$

$$c_{\text{с}}=(0,012t+1,3)10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \text{ К}),$$

где t – длительность орошения, год.

Отклонения экспериментальных и рассчитанных по уравнениям коэффициентов находятся в пределах 10-15%.

Полученные уравнения позволяют с определенной степенью точности прогнозировать изменения теплофизического состояния орошаемых черноземов Алтайского края.

Выводы

1. Максимальным изменениям в орошаемых черноземах подвержены плотность сложения и порозность. В отсутствии мелиораций плотность пахотного слоя черноземов лежит в пределах 1180-1240 кг/м³. Орошение приводит к уплотнению генетических горизонтов почв. Так, средняя плотность корнеобитаемого слоя при этом повышается на 6-8%.

2. Многолетнее орошение вызывает определенные, в основном отрицательные изменения теплофизических свойств почвы. Это, прежде всего, относится к объемной теплоемкости и температуропроводности, тогда как теплопроводность исследованных разрезов варьирует в небольших пределах (2-5%). Объемная теплоемкость в результате десятилетнего орошения черноземов (Р. 5п) возросла на 4,2 и 7,4% (Р. 1п). В то же время температуропроводность мелиорируемых почв уменьшилась на 5-10%.

3. Мелиорированные почвы имеют меньший диапазон активной температуропроводности (ДАТ), что переводит их во 2-й класс отзывчивости, которая становится «посредственной». При этом снижается и теплофизический бонитет орошаемых почв, определяемый оптимальной температуропроводностью (ОТ). В черноземах, находящихся в богарных условиях, средний балл бонитета составляет 88, а в орошаемых – только 83.

Исследование изменений теплофизических параметров в орошаемых почвах позволило определить их тренд и получить уравнения регрессии объемной теплоемкости и температуропроводности.

Библиографический список

1. Болотов А. Г. Определение теплофизических свойств почв с использованием систем измерения ZETLAB // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 12 (98). – С. 48-50.

2. Макарычев С.В., Беховых Ю.В., Болотов А.Г. Система термостатирования для исследования теплофизических свойств почв // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 6 (68). – С. 23-27.

3. Мазиров М.А., Макарычев С.В. Теплофизика почв: антропогенный фактор. – Суздаль: ВНИИСХ, 1997. – Т. 2. – 203 с.

4. Татаринцев Л.М. Пути предотвращения негативных последствий орошения черноземов и каштановых почв степного Алтая // Проблемы орошения почв Сибири: сб. тр. Междунар. конф. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 1988. – С. 26-33.

5. Панфилов В.П., Макарычев С.В. и др. Оценка изменений водно-тепловых условий в черноземах Западной Сибири при орошении // Климат почв. – Пушино, 1985. – С. 119-122.

6. Bolotov A.G. Water retention capacity of soils in the Altai Region / A. G. Bolotov, E. V. Shein, S.V. Makarychev // Eurasian Soil Science, 2019. - Vol. 52. - No. 2. - pp. 187-192.

7. Ilinich V.V. Assessment of surface moisture in the catchment area on the base of modelling the hydrological properties of soils / V. V. Ilinich, A. G. Bolotov, E. V. Shein, S. V. Makarychev // G. La Loggia, G. Freni, V. Puleo and M. De Marchis (eds.), HIC 2018, 13th International Conference on Hydroinformatics, Palermo, 1-6 July 2018, (EPiC Series in Engineering, vol. 3), pp. 931-935.

8. Макарычев С.В., Болотов А.Г., Трофимов И.Т. и др. Теплофизическое состояние почв Алтая в условиях антропогенеза. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2006. – 362 с.

9. Вадюнина А.В., Корчагина З.А. Методы определения физических свойств почв и грунтов. – М.: Высшая школа, 1973. – 345 с.

2. Makarychev S.V., Bekhovykh Yu.V., Bolotov A.G. Sistema termostatirovaniya dlya issledovaniya teplofizicheskikh svoystv pochv // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – No. 6 (68). – S. 23-27.

3. Mazirov M.A., Makarychev S.V. Teplofizika pochv: antropogennyy faktor. – Suzdal: VNIISKh, 1997. – Т. 2. – 203 с.

4. Tatarintsev L.M. Puti predotvrashcheniya negativnykh posledstviy orosheniya chernozemov i kashtanovykh pochv stepnogo Altaya // Problemy orosheniya pochv Sibiri. – Sb. tr. mezhd. konf. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 1988. – S. 26-33.

5. Panfilov V.P., Makarychev S.V. i dr. Otsenka izmeneniy vodno-teplovyykh usloviy v chernozemakh Zapadnoy Sibiri pri oroshenii // Klimat pochv. – Pushchino, 1985. – С. 119-122.

6. Bolotov A.G. Water retention capacity of soils in the Altai Region / A.G. Bolotov, E.V. Shein, S.V. Makarychev // Eurasian Soil Science. – 2019. – Vol. 52 (2). – pp. 187-192.

7. Ilinich V.V. Assessment of surface moisture in the catchment area on the base of modelling the hydrological properties of soils / V.V. Ilinich, A.G. Bolotov, E.V. Shein, S.V. Makarychev // G. La Loggia, G. Freni, V. Puleo and M. De Marchis (eds.), HIC 2018, 13th International Conference on Hydroinformatics, Palermo, 1-6 July 2018, (EPiC Series in Engineering, vol. 3), pp. 931-935.

8. Makarychev S.V., Bolotov A.G., Trofimov I.T. i dr. Teplofizicheskoe sostoyanie pochv Altaya v usloviyakh antropogeneza. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2006. – 362 с.

9. Vadyunina A.V., Korchagina Z.A. Metody opredeleniya fizicheskikh svoystv pochv i gruntov. – М.: Vysshaya shkola, 1973. – 345 с.

References

1. Bolotov A.G. Opredelenie teplofizicheskikh svoystv pochv s ispolzovaniem sistem izmereniya ZETLAB // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – No. 12 (98). – S. 48-50.



УДК 631.445+504.05

Е.А. Жарикова
Ye.A. Zharikova

ОСОБЕННОСТИ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОЧВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ Г. УССУРИЙСКА)

SOIL AGROCHEMICAL PROPERTIES AND ELEMENTAL COMPOSITION FEATURES IN URBAN LANDSCAPES (CASE STUDY OF THE CITY OF USSURIYSK)

Ключевые слова: городские почвы, агрохимические показатели, валовой состав почв, тяжелые металлы.

Keywords: urban soils, agrochemical indices, soil total composition, heavy metals.