

природой его соединений, а также вариабельностью рН в почвах различных природных зон Алтайского края. Так, в каштановых почвах Кулундинской низменности наблюдается варьирование рН от 6,8 до > 7,1. В черноземах Приобского плато рН варьирует от 6,1 до 6,8. В почвах Бийско-Чумышской возвышенности рН изменяется в пределах от 5 до 6,7.

Рассматривая зависимость содержания подвижного марганца от рН почвы, используя информационно-логический анализ, мы выявили, что самое высокое его содержание характерно для рН от 6,5-7,0. Высокое содержание подвижного марганца в почвах Приобского плато можно объяснить накоплением легкорастворимых и обменных форм марганца и отсутствием значительных предпосылок их миграции по профилю.

При увеличении кислотности в почве наблюдается уменьшение содержания подвижных форм марганца, что характерно для почв Бийско-Чумышской возвышенности, где процесс подкисления почвы способствует переходу  $Mn^{+4}$  в  $Mn^{+2}$ , обладающего высокой миграционной способностью. Усиливается профильная миграция марганца и обеднение верхнего горизонта почвы подвижным марганцем. В этих почвах уменьшается количество отрицательно заряженных коллоидов, способных удерживать от миграции катионы марганца.

Увеличение рН свыше 7,0, что характерно для некоторых почв Кулундинской низменности, сопряжено с низким со-

держанием в почве подвижного марганца и гумуса. Здесь в связи с повышением рН увеличивается содержание труднорастворимых форм марганца.

#### Вывод

Зная закономерности поведения марганца в почве и выявляя связь между урожайностью культур от содержания в почве подвижного марганца, необходимо изыскивать способы оптимизировать содержание подвижного марганца в почве.

#### Библиографический список

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М., 1979. – 416 с.
2. Пузаченко Ю.Т. Информационно-логический анализ в медико-географических исследованиях / Ю.Т. Пузаченко, А.В. Мошкин // Итоги науки, сер. мед.-геогр. – М., 1969. – Вып. 3. – С. 5-71.
3. Бойченко Е.А. Ферментативные реакции фотосинтеза / Е.А. Бойченко // Вестник АН СССР. – 1951. – С. 55.
4. Вернадский В.И. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах / В.И. Вернадский. – М., 1957. – С. 238.
5. Пейве Я.В. Руководство по применению микроудобрений / Я.В. Пейве. – 1963. – 222 с.
6. Маданов П.В. Биологическая аккумуляция марганца в почвах Волжско-Камской лесостепи и его доступность сельскохозяйственным растениям / П.В. Маданов. – Казань, 1953. – 203 с.



УДК 631.6:436

Ч.Г. Гюлалыев

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРОВОДНОСТИ ПОЧВ С РАЗЛИЧНОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ ПО ДАННЫМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

**Ключевые слова:** структура, влажность, объемная масса, химико-минералогический, температура, перенос тепла, гумус, термопара, ультратермостат, температуропроводность.

#### Введение

Основные климатические факторы окружающей среды, влияющие на плодородие пахотных земель и продуктивность возделываемых на них культур, тесно свя-

заны с такими физическими характеристиками, как водный и тепловой режим, на которые можно воздействовать, если будут известны их термические характеристики, включающие теплоемкость, теплопроводность, теплопроводность и теплоусвояемость [1-6]. Доказано, что эти показатели почвы оказывают значительное воздействие на рост и продуктивность растений [1, 2, 6]. Следовательно, проблема влияния агрофизических свойств на урожай почвы сопряжена с проблемой создания благоприятных условий для растений. В этом аспекте определение коэффициента теплопроводности (K) почв различной влажности по данным экспериментальных измерений актуально.

### Объекты и методы

Объекты исследования выбраны в орошаемой земледельческой зоне Азербайджанской республики – Кура-Араксинской низменности, представляющей собой обширную депрессию, разделяющую Большой и Малый Кавказ. Значительная часть низменности находится ниже уровня Мирового океана и опускается к Каспию до уровня 28 м с уклоном 0,005-0,001. Реки Кура и Аракс расчленили ее на ряд естественных районов, носящие название степей [3, 7]. Она сложена современными отложениями, являющимися продуктами рек и временных водоемов. Годовая норма лучистой энергии солнца, падающая на 1 м<sup>2</sup> поверхности в пределах Кура-Араксинской низменности, в среднем равна  $5,028 \cdot 10^9 \div 6,076 \cdot 10^9$  Дж, 22% из которой отражается поверхностью земли, 37% расходуется на излучение и только около 41% непосредственно участвует в

основных процессах, протекающих в подстилающей поверхности.

В соответствии с вышеизложенным нами экспериментально в лабораторных условиях изучены теплофизические характеристики лугово-сероземных, сероземно-луговых и пойменно-луговых почв в зависимости от широкой гаммы значений исходных влажностей при фиксированной объемной массе и температуре.

Во всех этих почвах образцы для исследования взяты из перегнойно-аккумулятивного горизонта. Лугово-сероземная почва содержит гумуса 2,05%, а сумма легкорастворимых солей – 0,175; сероземно-луговая почва содержит гумуса – 2,60, и легкорастворимые соли составляют 0,064; пойменно-луговая почва содержит гумуса – 2,17, а сумма легкорастворимых солей здесь составляет 0,098%.

Почвенные образцы, взятые на разных тестовых участках, заметно отличаются по физико-химическому составу (табл. 1). Исследования термических характеристик почвы обычно проводятся на основе метода регулярного режима, о теоретическом обосновании и преимуществах которого было изложено в литературе [2].

В настоящей работе предлагается модифицированный вариант акалориметра.

Последний заполняется исследуемой почвой с заданными параметрами. Регулированию поддаются влажность, плотность, а также состав почвы. Способ исследования позволяет нам изменять один из перечисленных аргументов, оставляя постоянными остальные.

Влажностные характеристики теплофизических коэффициентов изучались в интервале от гигроскопической влажности до предельно полевой влагоемкости через каждые 4%.

Таблица 1

Физико-химический состав почв

Название почвы	Содержание фракций, %; размер, мм		Содержание ионов, %					
	< 0,001	< 0,01	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
Лугово-сероземная	24,36	43,24	0,061	0,035	0,018	0,050	Нет	Нет
Сероземно-луговая	32,28	44,36	0,005	0,001	0,016	0,010	0,024	Нет
Пойменно-луговая	33,12	70,08	0,039	0,019	0,024	0,006	0,005	0,022

### Экспериментальная часть

Экспериментальная установка состоит из ультратермостата типа *U-10*. Температура воды регулируется контактным термометром. Настройка температурного режима термостата производится специальным магнитным приспособлением и переключением электрических нагревателей на требуемую ступень мощности накала. Сигнальная лампа контролирует режим работы контактного термометра в течение всего эксперимента.

Дифференциальная термопара, изготовленная из хромель-капель диаметром 0,33 мм, надежно экранировалась и подключалась к заземленной клемме измерителя. В измерительную часть схемы входил трехточечный самопищущий потенциометр типа КСП-4, чувствительность которого была увеличена в 37 раз при помощи манганового проволочного регулируемого сопротивления. Допустимая погрешность показаний потенциометра, выраженная в процентах от нормирующего выходного сигнала, не превышает величина  $\pm 0,5$ .

### Результаты и их обсуждение

На рисунке демонстрируется зависимость коэффициента температуропроводности от исходных влажностей верхних пахотных горизонтов  $A_n$  исследованных нами почвенных разностей при одинаковых значениях плотности, равной  $1400 \text{ кг/м}^3$ . Как можно заметить, каждая почва имеет свою характеристическую кривую, достигающую максимальных значений при различном значении исходных влажностей. Наибольшую максимальную величину имеет лугово-сероземная почва. Далее следуют по порядку убывания: пойменно-луговая и сероземно-луговая почвы. Однако следует отметить, что каждая почва достигает свою максимальную величину по-разному. Например, при влажности, равной 6%, можно увидеть, что наибольшую температуропроводность имеет лугово-сероземная почва ( $\sim 29 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$ ), наименьшую – сероземно-луговая почва ( $\sim 20,6 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$ ) и пойменно-луговая почва.

Далее, анализируя влажностные кривые температуропроводности этих почвенных разностей, замечаем, что начиная со значений исходных влажностей, равных приблизительно 12%, уже наблюдается увеличение численной величины коэффициента температуропроводности. Однако и при этой влажности наибольшее значение

температуропроводности наблюдается у лугово-сероземной, а наименьшее – у сероземно-луговой почвы (рис.). Такой порядок в распределении величины коэффициента температуропроводности почв сохраняется вплоть до влажности, равной примерно 16%, когда лугово-сероземная почва достигает максимального значения. Эта влажность для лугово-сероземной почвы является критической. Дальнейшее увеличение исходных влажностей вызывает спад величины коэффициента температуропроводности лугово-сероземной почвы. Начиная примерно с 16%-ной исходной влажности в поведении зависимости температуропроводности пойменно-луговой и сероземно-луговой почв наблюдается тенденция к сближению их абсолютных величин. Пойменно-луговая почва достигает своего максимума при 22%, а сероземно-луговая почва – при 20%-ной влажности. Их максимальные величины равны приблизительно 33,3 и  $33,24 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$ . Дальнейшее увеличение влажности вызывает уменьшение величины температуропроводности как пойменно-луговой, так и сероземно-луговой почв. Причем по абсолютной величине они почти не отличаются. Если рассмотреть область влажностей, при которых температуропроводность достигает максимального значения, то можно увидеть, что ширина максимума также дифференцированно зависит от объектов исследования. Например, наибольшая ширина максимума наблюдается в случае пойменно-луговой почвы, наименьшая – в случае сероземно-луговой почвы.

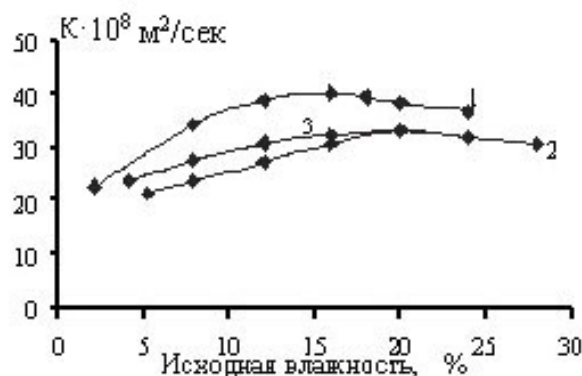


Рис. Зависимость коэффициента температуропроводности почв от влажности при объемной массе  $\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$ :  
1 – лугово-сероземная;  
2 – сероземно-луговая; 3 – пойменно-луговая

Теперь постараемся физически обосновать поведение температуропроводности в зависимости от изменения влагосо-

держания почв. В области малых исходных влажностей, соответствующих примерно гигроскопической влажности, как мы видели, величины коэффициента температуропроводности минимальны. С точки зрения физики почвы гигроскопическая вода удерживается поверхностью почвенных частиц и поэтому слабо участвует в процессах переноса тепла. Естественно, что эти значения коэффициента температуропроводности близки к значению температуропроводности твердых частиц почвенной системы. Переход исходных влажностей в область рыхлосвязанной воды вызывает рост теплопереноса во всех почвах. Это объясняется тем, что рыхлосвязанная вода более подвижна, она заполняет межпоровые пространства, вытесняя воздух, плохо проводящий тепло. Это, в свою очередь, ускоряет процесс переноса и, естественно, увеличивает скорость выравнивания температуры. При достижении интервала влажностей, когда в почве превалирует свободная вода, все почвенные поры заполнены водой, причем последняя сама также участвует в процессах переноса тепла. Коэффициент температуропроводности приближается к своему максимальному значению. Эта область влажностей соответствует его критическому значению. С дальнейшим увеличением влажности температуропроводность почвы падает. Это обычно объясняется формой зависимости между теплофизическими характеристиками. Видимо, наряду с формой зависимости между теплофизическими характеристиками при значениях влажности, превышающих ее критическую величину, существенную роль играет также и перераспределение влаги в акалориметре. При этом вода, концентрируясь в центре акалориметра, где находится «холодный» конец термо-

пары, становится причиной обратного потока влаги, которая, в свою очередь, способствует обратному потоку тепла.

Далее проведем комплексный анализ динамики коэффициента температуропроводности и влияющих на него факторов. Рассматривая область влажностей, включающую гигроскопическую и рыхлосвязанную влагу, мы видим, что кривая лугово-сероземной почвы расположена выше. Сравнивая содержание глинистых частиц, находим, что лугово-сероземная почва имеет легкий механический состав, поэтому вода здесь очень быстро заполняет межпоровое пространство и становится одним из основных факторов в передаче тепла. Такая тенденция наблюдается до достижения критической величины температуропроводности. Аналогичное сравнение показало, что в случае пойменно-луговой почвы механический состав очень тяжелый, и поэтому коэффициент температуропроводности ее меньше. Соответствуя механическому составу, критическая влажность ее расположена правее.

Для обобщения экспериментальных данных все результаты подвержены вариационно-статической обработке на ЭВМ и получена следующая эмпирическая формула, связывающая коэффициент температуропроводности от влажности при фиксированной плотности

$$10^4 K = A - B(W - W_{KP})^2, \quad (1)$$

где  $K$  – коэффициент температуропроводности  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$W$  – влажность, %;

$W_{KP}$  – влажность, при которой коэффициент  $K$  достигает максимального значения, %;

$A$  – максимальное значение коэффициента  $K$ ;

$B$  – показатель кривизны.

Таблица 2

Значения коэффициента температуропроводности ( $K \cdot 10^8 \text{ м}^2/\text{с}$ ), найденные из эксперимента и вычисленные по формуле (1) при  $\rho = 1400 \text{ кг}/\text{м}^3$  объемной массе

$W$ , %	$K \cdot 10^8$ эксп $\text{м}^2/\text{с}$	$K \cdot 10^8$ выч $\text{м}^2/\text{с}$	Отн. ошибка, %	$W$ , %	$K \cdot 10^8$ эксп $\text{м}^2/\text{с}$	$K \cdot 10^8$ выч $\text{м}^2/\text{с}$	Отн. ошибка, %	$W$ , %	$K \cdot 10^8$ эксп $\text{м}^2/\text{с}$	$K \cdot 10^8$ выч $\text{м}^2/\text{с}$	Отн. ошибка, %
сероземно-луговой $A = 824161,16, B = 535,92$				лугово-сероземной $A = 408766,80, B = 820,14$				пойменно-луговой $A = 630633,2, B = 667,62$			
5,3	21,500	20,835	-3,09	2,1	22,764	23,098	1,48	4,2	23,788	23,886	0,40
8,0	23,810	24,698	3,73	8,0	34,332	34,987	1,91	8,0	27,836	27,769	-0,25
12,0	27,214	28,986	6,52	12,0	39,019	39,404	0,98	12,0	31,046	30,710	-1,09
16,0	30,947	31,558	1,96	16,0	40,273	40,876	1,50	16,0	32,474	32,475	0,01
20,0	33,130	32,416	-2,15	18,0	39,551	40,508	2,42	20,0	33,235	33,063	-0,53
24,0	31,837	51,558	-0,88	20,0	38,699	39,404	1,82	24,0	31,989	32,475	1,51
28,0	30,613	28,986	-5,27	24,0	37,000	34,987	-5,43	-	-	-	-

Параметры  $A$  и  $B$  находятся методом наименьших квадратов и зависят от влажности. С помощью найденных значений  $A$  и  $B$  по формуле (1) вычислены значения  $K$ . В таблице 2 приведены также вычисленные ( $K_{\text{выч.}}$ ) и экспериментальные значения ( $K_{\text{эксп.}}$ ) температуропроводности и их сходимость.

Сравнивая значения коэффициента  $K$ , полученные экспериментально с вычислениями по формуле (1), находим, что средняя относительная ошибка колеблется от 0,01 до 9,34% (табл. 2.), что вполне приемлемо для практических расчетов при составлении различных почвенно-мелиоративных проектов.

### Выводы

При фиксированной объемной массе определен ход влажностных характеристик почв. Установлено наличие максимума на кривой  $k(W)$  и зависимость его положения от физических свойств почвы. Выявлено, что все исследуемые почвенные разности при одинаковых значениях соответствующих параметров (влажности, объемной массы и температуры) имеют различные теплофизические характеристики, зависящие от состава почвы.

Установлено, что сначала с увеличением исходных влажностей теплофизические характеристики почв увеличиваются интенсивно, далее, достигнув своих максимумов,

при критической влажности температуропроводности уменьшаются.

### Библиографический список

1. Бондаренко С.Ю. Анализ теплофизического состояния почвенного состояния почвенного профиля / С.Ю. Бондаренко, С.В. Макарычев, И.В. Гефке // Вестник АГАУ. – 2007. – № 10 (36). – С. 13-18.
2. Герайзаде А.П. Термо- и влагоперенос в почвенных системах / А.П. Герайзаде. – Баку: Элм, 1982. – 136 с.
3. Герайзаде А.П. О зависимости между электро и теплофизическими характеристиками почв / А.П. Герайзаде, Н.Б. Троицкий, Ч.Г. Гюлалыев // Почвоведение. – 1987. – № 3. – С. 43-48.
4. Макарычев С.В. Особенности напочвенного покрова и теплофизические свойства черноземов приобья / С.В. Макарычев // Вестник АГАУ. – 2006. – № 2 (22). – С. 25-29.
5. Макарычев С.В. Структурно-функциональная концепция теплофизического состояния почв / С.В. Макарычев // Вестник АГАУ. – 2008. – № 3 (41). – С. 5-9.
6. Макарычев С.В. Теплофизические свойства и режимы в антропогенно-нарушенных почвах / С.В. Макарычев, М.А. Мазиров. – М., 2003. – 153 с.
7. Морфогенетические профили почв Азербайджана / под ред. Ш.Г. Гасанова. – Баку: Элм, 2004. – 202 с.



УДК 631.425.2:631.58:633.11 (571.15)

М.Л. Цветков

## ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ ЗЕРНОПАРОВОГО СЕВООБОРОТА ПРИ МИНИМАЛИЗАЦИИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ ПРИОБЬЯ АЛТАЯ

Сообщение 1

**Ключевые слова:** водный режим почвы, зернопаровой севооборот, минимализация основной обработки почвы, запасы продуктивной влаги в почве, влагонакопительный эффект предшественника, усвоение осадков вневегетационного периода, наименьшая влагоемкость почвы.

### Введение

Вода для условий Алтайского края является одним из основных лимитирующих факторов плодородия почвы.

Из всего многообразия способов регулирования водного режима почв коснемся только агротехнических приемов, а именно, приемов обработки почвы, создающих наиболее благоприятное строение.