

гипсование, лимитирующими урожайность пшеницы факторами после проведённой мелиорации являются недостаточные запасы влаги и гумуса, высокое содержание обменного натрия и близкое залегание карбонатов. Это свидетельствует о том, что химическая мелиорация – это процесс во времени, а не одноразовое мероприятие [4].

#### Заклучение

Исходя из приведённых моделей плодородия солонцов следует, что наряду с мелиоративными мероприятиями, направленными на устранение наиболее неблагоприятных свойств солонцов, связанных с обменным натрием, необходимо после проведения коренных мероприятий улучшать пищевой и водный режимы этих почв, а также проводить биологическую мелиорацию путём посева солеустойчивых культур-фитомелиорантов, способствующих рассолению верхней почвенной толщи почв.



#### Библиографический список

1. Гладков Ю.А., Трофимов И.Т. Исследование зависимости урожайности естественных ценозов и регнерии волокнистой от свойств солонцов луговых хлоридно-сульфатного засоления // Засоленные почвы Алтая, их свойства и мелиорация: сб. ст. – Барнаул, 1980. – С. 29-57.
2. Пузаченко Ю.Г., Мошкин А.В. Информационно-логический анализ в медико-географических исследованиях // Итоги науки. Сер. мед. географии. – М.: ВИНТИ, 1969. – Вып. 3. – С. 5-67.
3. Трофимов И.Т., Курсакова В.С. Методические рекомендации по разработке моделей плодородия солонцовых почв. – М.: ВАСХНИЛ, 1987. – 26 с.
4. Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н. и др. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. – М.: Агропромиздат, 1991. – 303 с.

УДК 631.436

А.Г. Болотов

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ZETLAB

**Ключевые слова:** теплофизические свойства почв, датчики температуры, метод цилиндрического зонда, системы измерения ZETLab.

#### Введение

В основе экспериментальных методов теплофизики, основанных на решении уравнения теплопроводности Фурье, лежат закономерности распространения теплового потока, создаваемого источником тепла в исследуемом объекте. При определении теплофизических свойств влажных почв необходимо учитывать возникновение массопереноса, происходящего в исследуемом образце. Для этого следует минимизировать, насколько это возможно, тепловой поток создаваемый источником тепла. Фактором минимизации потока тепла может служить разрешающая способность регистрирующей аппаратуры и возникающая при этом погрешность.

В настоящее время существует множество измерительных систем, предназначенных для научных исследований как отечественных, так и зарубежных производителей. Среди них можно выделить аналого-циф-

ровые преобразователи (АЦП) и цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) ZETLab, производства ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы», предназначенные для обработки сигналов и сбора данных с различных первичных преобразователей в различных частотных диапазонах [1]. Модули ZETLab в сочетании с программным средством разработки ZETLab Studio, содержащими около 100 различных готовых программ, компонент и библиотек, позволяют максимально упростить процесс создания пользовательских приборов и приложений для измерения и обработки сигналов. Таким образом, пользователь получает возможность создания индивидуальных алгоритмов обработки сигналов при помощи средств разработки ZETLab Studio.

Сочетание высоких метрологических характеристик, удобства эксплуатации и доступной цены позволяет использовать рассматриваемые приборы при создании компактных многоканальных измерительных комплексов для определения теплофизических свойств почв.

**Целью исследований** было изучение применения систем измерения ZETLab для

теплофизических исследований. В задачи исследований входила разработка многоканального измерительного комплекса для исследования теплофизических свойств почв.

#### Объект и методы исследований

Объектом исследований был модуль АЦП/ЦАП ZET 210 производства ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы» [2]. Предметом исследования служило создание многоканального измерительного комплекса для определения теплофизических свойств почв на основе модуля АЦП/ЦАП ZET 210. В основу работы комплекса положен метод цилиндрического зонда, который основывается на аналитическом описании температурного поля, создаваемого действием постоянного бесконечно длинного линейного источника тепла в неограниченной среде [3]. Данный метод применяется для определения теплофизических коэффициентов грунтов, почв, сыпучих веществ, теплоизоляционных материалов, жидкостей и газов.

#### Результаты исследований

Модуль ZET 210 представляет собой 16-канальный АЦП и 2-канальный ЦАП с суммарной частотой преобразования по всем включенным каналам, до 500 кГц. Модуль подключается к персональному компьютеру с помощью интерфейса USB. К ZET 210 можно подключать до 15 термопреобразователей сопротивления, а их запитывание происходит переменным напряжением от встроенного генератора сигналов. Такое питание датчиков позволяет избавиться от низкочастотных помех, термоЭДС контактов и повысить точность измерений. Подключение термопреобразователей сопротивления осуществляется по трехпроводной схеме. Для измерений температуры с помощью термосопротивления используется 2 резистора: нагрузочный и измерительный. Измерения проводятся относительно опорного напряжения, подаваемого на 16-й канал для компенсации помех. В качестве нагрузочных резисторов используются точные 1%-ные резисторы с низким температурным коэффициентом сопротивления (ТКС). Для дополнительного усиления входного сигнала можно применить предварительные усилители ZET 410/412 с коэффициентом усиления 1000. Цифровой вход/выход модуля позволяет управлять источником тепла (нагревателем). После подключения термопреобразователей и настройки соответствующих параметров АЦП/ЦАП запускаются программы «Гене-

ратор сигналов» и «Термометр сопротивления» с установкой необходимых режимов. В поле ввода поправки необходимо установить поправку показаний в °С. Эта поправка связана с разностью в значениях сопротивлений между нагрузочным и измерительным сопротивлениями. При работе программа «Термометр сопротивления» создает виртуальный канал температуры, доступный для последующего анализа другими программами из состава ZETLab. Значение температуры вычисляется на интервале 0,1 с, при этом формируется сигнал в выходном канале каждые 0,1 с. Таким образом, программа сглаживает быстрые изменения температуры. Для регистрации быстроменяющейся температуры можно использовать программу «Фильтрация сигнала» для фильтрации измерительного канала. В качестве управляющей программы использована среда LabView [4, 5], в которой реализован метод цилиндрического зонда. В программу можно добавить любой другой теплофизический метод, для этого нужно будет только переписать алгоритм и расчетные формулы. Согласование ZET 210 со средой LabView происходит с помощью специального программного драйвера, который также предоставляет возможность устанавливать режимы АЦП/ЦАП, определять типы входов и частоту дискретизации и управлять цифровым портом непосредственно из LabView. Цилиндрический зонд (термозонд) представляет собой медный чувствительный элемент ЧЭМ 100-С2-3 производства компании Рэлсиб [6], поверх которого намотан нагреватель из нихрома и заключенный в металлическую гильзу (иглу) диаметром 2 мм и длиной 60 мм. Управление работой нагревателя производится с цифрового выхода модуля ZET 210.

На рисунке изображен график сигнала, полученного с виртуального температурного канала в течение 120 с, полученный с помощью программы «Многоканальный осциллограф» с переносом численной информации в текстовый файл и дальнейшей ее обработкой в Excel. Частота выборки равняется 0,1 с с усреднением результата за 1 с. На рисунке видно, что точность относительного измерения температуры за 120 с не хуже 0,01°С, что соответствует точности заявленной производителем. Дрейф обусловлен движением воздушных масс в помещении, где проводились измерения. Учитывая, что в большинстве теплофизических методов применяются относительные измерения температуры (перегрев), то оценку абсолютной точности производить не целесообразно.

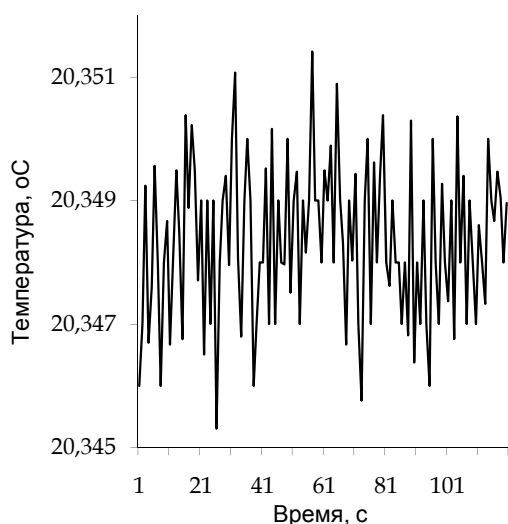


Рис. Результаты измерения температуры при помощи модуля ZET 210 и медного термосопротивления ( $R = 100 \text{ Ом}$ )

**Выводы**

1. Модули ZETLab в сочетании с ZETLab Studio и LabView представляют собой мощное и в то же время очень гибкое аппаратно-программное средство разработки, позволяющее максимально упростить процесс создания пользовательских приборов и приложений для измерения и обработки сигналов.

2. Использование АЦП/ЦАП ZET 210 в многоканальном измерительном комплексе для теплофизических исследований позволяет достичь оптимальных метрологических параметров по доступной цене.

3. Разработанный многоканальный измерительный комплекс позволяет существенно расширить исследования теплофизических свойств почв.

**Библиографический список**

1. ЗАО "Электронные технологии и метрологические системы". — <http://www.zetms.ru>.
2. ZET 210 - измерительная лаборатория на ладони. — [http://www.zetms.ru/catalog/adc\\_dacs/adc\\_sigmausb.php](http://www.zetms.ru/catalog/adc_dacs/adc_sigmausb.php).
3. Blackwell J.H., Transient A.E. Flow method for determination of thermal constants of insulating materials in bulk // Journ. Appl. Phys. — V. 25. — № 2. — 1954. — P. 137-145.
4. Суранов А.Я. LabVIEW 8.20: Справочник по функциям. — М.: ДМК Пресс. — 2007. — 536 с.
5. Болотов А.Г., Беховых Ю.В., Семёнов Г.А. Определение теплофизических свойств капиллярно-пористых тел импульсным методом с использованием технологии визуального программирования // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2010. — № 6. — С. 37-40.
6. Датчики температуры. — <http://relsib.com/catalog.htm?id=60>.



УДК 631.4

С.И. Грибов

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУР ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ЗОН АЛТАЙСКИХ РАВНИН И ПРЕДГОРНЫХ ОБЛАСТЕЙ АЛТАЯ И ЗОНЫ ГОРНО-ЛЕСНЫХ СЕРЫХ ПОЧВ**

**Ключевые слова:** почвенный покров, элементарный почвенный ареал, элементарная почвенная структура, простая почвенная структура, факторы дифференциации, общая информативность, коэффициент эффективности каналов связи.

**Введение**

Черноземные зоны Алтайских равнин и предгорных областей Алтая, а также зона горно-лесных серых почв являются крупным сельскохозяйственным регионом Западной Сибири и Алтайского края. В составе поч-

венного покрова черноземных зон преобладают черноземы. На сельскохозяйственных землях их доля может достигать 70%, а на пашне — 86%. В зоне горно-лесных серых почв, наряду с зональными горно-лесными почвами (48,84%), получили распространение черноземные почвы (30,49%).

Негативные явления (водная и ветровая эрозия, дегумификация, слитизация и др.), связанные как с природными условиями, так и со сложившейся хозяйственной деятельностью, определяют изменение свойств почв региона как во времени, так и в простран-