

Т.А. Минакова, И.Н. Служенко, В.В. Вист  
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-  
воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина»  
(г. Воронеж)

## **ДИСТАНЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ ОТРАЖЕНИЯ**

Измерение влажности почвы представляет большой интерес как в сельском хозяйстве, так и в военном деле и экологическом мониторинге. В сельском хозяйстве влажность почвы является одним из определяющих факторов плодородности участка земли. От неё в немалой степени зависят развитие культурных растений и итоговая урожайность посадок. В военном деле и экологическом мониторинге перспективным направлением является спектральное определение загрязнения почвы опасными веществами. В данном ключе влажность почвы – это фактор, осложняющий исследования, который необходимо учитывать.

В настоящее время существуют как контактные, так и бесконтактные методы определения влажности почвы. При этом наиболее распространенным и точным до сих пор является термостатно-весовой метод, который осуществляется в лаборатории и отличается большой длительностью по времени исследования. Существующие на сегодняшний день бесконтактные методы определения влажности достаточно дороги, поэтому практически не используются [1].

Спектроскопия диффузного отражения в видимой и ближней инфракрасной области представляет большой интерес для исследования почвы в полевых условиях, поскольку данный метод обладает хорошей чувствительностью и может быть использован при создании дистанционных зондов. Тем не менее, для решения задачи спектрального дистанционного зондирования необходимо предварительно провести лабораторные измерения спектров почв. Преимуществами метода спектроскопии диффузного отражения являются простота (в полевых условиях для дистанционного спектрального зонда не требуется подготовка образца, в лабораторных условиях единственная подготовка проб – сушка и измельчение), неразрушающий принцип работы (анализ не оказывает влияния на образец и не требует введения в почву дополнительных химических веществ) и быстрота (сканирование занимает несколько секунд, при этом один спектр содержит информацию о различных компонентах почвы) [2].

В связи с этим целью данной работы являлось определение влажности чернозёма методом спектроскопии диффузного отражения в ближнем ИК диапазоне.

В качестве объекта исследования были выбраны образцы чернозёма с влажностью от 3 до 18%. Чернозём – это богатый гумусом, темноокрашенный тип почвы. В целом, почва – это сложная динамическая система, обладающая переменным химическим составом, включающим неорганические и органические вещества, взаимодействие которых создает сложный комплекс различных соединений.

Исследования образцов чернозёма проводились методом спектроскопии диффузного отражения в ближней ИК области (900 – 2100 нм). Лабораторная установка для исследования спектров отражения чернозема представляет собой волоконный спектрометр NirQuest 512 (Ocean Optics), ноутбук и интегрирующую сферу ISP-REF. Последняя помещается на образец. Источником излучения является встроенная галогеновая лампа, расположенная внутри интегрирующей сферы. Отраженный от образца свет собирается интегрирующей сферой и по входному световоду передается в спектрометр, соединённый с компьютером, который регистрирует спектры отражения чернозема.

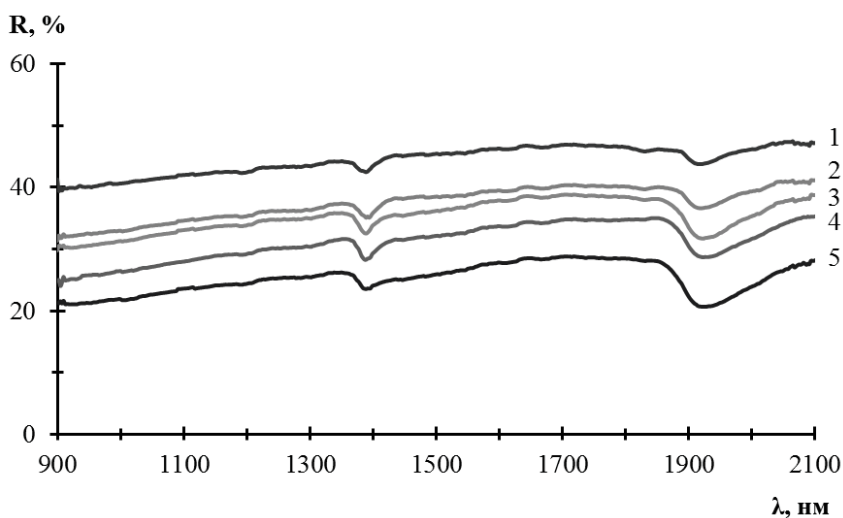


Рис. 1. Спектры отражения почвы в зависимости от её влажности: 1)  $w = 3 \%$ , 2)  $w = 9 \%$ , 3)  $w = 12 \%$ , 4)  $w = 15 \%$ , 5)  $w = 18 \%$

Анализ полученных спектров отражения (рисунок 1) чернозёма в ближней ИК области (900 – 2100 нм) показал, что при увеличении влажности почвы коэффициент отражения уменьшается. При этом

наблюдаются характерные минимумы коэффициента отражения, особенно выраженные вблизи 1400 нм и 1920 нм.

Полосы вблизи 1400 нм и 1920 нм соответствуют спектру отражения воды [3]. Согласно, литературным данным [2, 4] полоса около 1920 нм представляет собой уникальную комбинацию деформационных Н – О – Н и валентных О – Н колебаний свободной воды. В то время как полосу около 1400 нм также можно отнести к молекулярной воде, содержащейся в различных минералах в составе почвы.

Для спектрального анализа содержания воды в почве при длине волны  $\lambda = 1920$  нм перестроили полученные спектры, нормировав их на максимум отражения (рисунок 2).

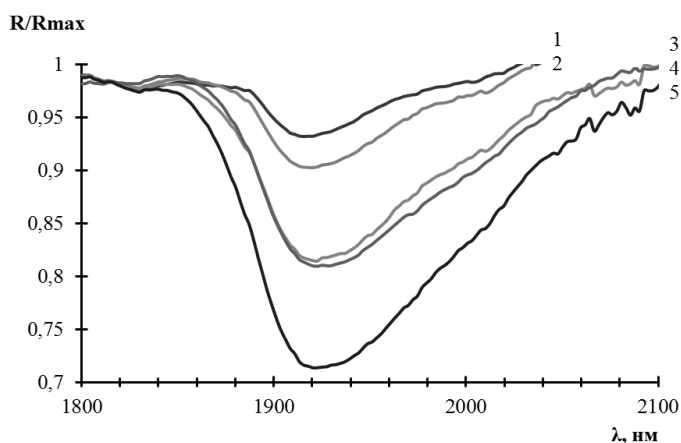


Рис. 2. Нормированные на максимум спектры отражения почвы в зависимости от её влажности: 1)  $w = 3\%$ , 2)  $w = 9\%$ , 3)  $w = 12\%$ , 4)  $w = 15\%$ , 5)  $w = 18\%$

Затем построили зависимость влажности от нормированного на максимум коэффициента отражения почвы при 1920 нм (рисунок 3).

Анализ полученной зависимости показывает, что на данной длине волны отношение коэффициента отражения  $R$  к максимальному коэффициенту отражения  $R_{\max}$  для значений влажности от 3 до 18% подчиняется линейному закону с величиной достоверности аппроксимации 0,9, что характеризует предложенную модель как хорошую. Следовательно, полученные данные можно использовать при количественном определении влажности почвы методом спектроскопии диффузного отражения в ближней ИК области.

Кроме того, полученные результаты влияния влажности на спектральные особенности почвы в ближнем ИК диапазоне могут быть в дальнейшем использованы как самостоятельный метод контроля влажности почв для нужд сельского хозяйства для

дистанционного измерения влажности почвы, а также чрезвычайно важны при разработке дистанционного зонда для определения загрязняющих веществ.

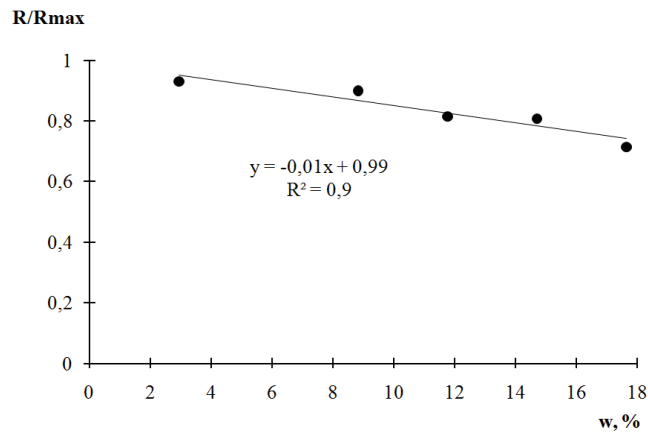


Рис. 3. Зависимость влажности от нормированного на максимум коэффициента отражения почвы при 1920 нм

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Медведева Е. С., Атоян Т. В., Киримова К. В. Исследование методов измерения влажности почвы // Молодой учёный. – 2020. – № 51. – С. 449 – 451.

2 Stenberg B., Viscarra Rossel R. A. Diffuse Reflectance Spectroscopy for High-Resolution Soil Sensing // Proximal Soil Sensing, Progress in Soil Science. Springer Science+Business Media B.V. – 2010. – P. 29 – 47.

3 Войтович И. Д. Интеллектуальные сенсоры: Учебное пособие / И. Д. Войтович, В. М. Корсунский – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – С. 397.

4 Кронберг П. Дистанционное изучение Земли: Основы и методы дистанционных исследований в геологии: Пер. с нем. – М.: Мир, 1988. – 343 с.