

від діелектричних показників (індекс відбиття), температури ґрунту та їх об'єднання. Важлива характеристика, залежить від частини спектру електричного та магнітного випромінювання, що розглядається. Вимірювання стану вологості ґрунту з деякої відстані зазвичай включає в себе супутникове вимірювання відбиття випромінювання у визначеному спектрі від поверхневої площі ґрунту.

А) Методи, що базуються на зв'язку теплової інерції ґрунту та його вологості називаються термічними. Ускладнений зв'язок зниження чистого поглинання сонячного випромінювання ґрунтом внаслідок випаровування вологи з поверхні. Випаровування також змінює амплітуду коливань температури поверхні ґрунту протягом доби. Таким чином, різниця показників денної й нічної температури відображають вологість ґрунту і випаровування з його поверхневого шару. Численні дослідження показують, що для окремих ґрунтів добові коливання температури поверхневого шару є хорошим індикатором вмісту вологи в верхньому (до глибини 3 см) шарі ґрунту. В цей же час даний метод не є вдалим для полів, вкритих рослинами. Сенсори температури поверхні малі за розміром. Процедура збору зразків відносно проста. Вартість коливається в досить широкому діапазоні цін.

Б) Методика розсіяння гамма-випромінювання може використовуватися для отримання показників вологості стану ґрунту в поверхневих його шарах 1–3 см. Сутність розсіяння гамма-випромінювання об'єктом достатньо досліджений. Рівень зниження потужності гамма-випромінювання в момент його проходження через ґрунт можна назвати залежним від його складу та щільності. Щільність самої речовини впливає на ступінь ослаблення потужності гамма-випромінювання через, яку воно проходить.

На точність замірів може впливати те, що в ґрунтах специфічного складу виникають великі похибки у отриманні загальних показників густини та вологи. Методика також не є актуальна, якщо вода у ґрунті замерзла, або тане. Точність вимірювання стану вологості ґрунту не залежить від його глибини.

В) Мікрохвильові методи. Вода має досить низькі показники електричної та теплової провідності. Відповідно, електричні й теплові показники ґрунту, зокрема, показники випромінювання і відбивання, залежать від його показника вологості. Роздільна здатність пасивних систем обмежена розмірами антени і на практиці обмежується 5–9 км. Робота активних систем ґрунту базується на тому, що можливість ґрунту розсіювати мікрохвильове випромінювання залежить від його показника вологості, нерівності поверхневого шару та електропровідності. Фактором, що обмежує є здатність методу вимірювати стан вологості ґрунту лише у поверхневому шарі: для активного методу — до 6–11 см, для пасивного — декілька сантиметрів.

Г) Ядерно-магнітний резонанс базується на можливості резонансу виявити кількість атомів водню і відповідно вологи в самому ґрунті. Недоліки у цього метода майже ті ж самі, що і у нейтронного розсіювання. До переваг можна віднести здатність фіксувати атоми води й молекули різного ступеня зв'язаності: сильно пов'язані (у складі гідратів), слабо пов'язані (абсорбовані) і не пов'язані. Має можливість аналізувати зразки не великого об'єму і забезпечувати високу швидкість процесу аналізу. Практичному використанні методу у полях стоять перешкодою великі габарити та висока вартість обладнання.

3. Методи, що включають в себе вимірювання деяких показників ґрунту, які залежать від вмісту вологи в ньому називаються непрямими. Також цей метод може вимірювати характеристики окремого об'єкту, зануреного в ґрунт – частіше всього це абсорбер. На жаль, зв'язок між фізико-хімічними властивостями ґрунту і його вологою не до кінця досліджений.

А) Нейтронне розсіювання. Середнє значення втрати енергії або термалізація нейтронів значно вищі, коли нейтрони стикаються з атомами з низькою атомною вагою, ніж коли з важчими атомами. Малу атомну масу в ґрунті мають переважно атоми водню, тому саме атоми водню сповільнюють нейтрони більш ефективно, а ніж якийсь другий елемент. Саме вода являється найбільшою базою зосередження атомів водню, тому не важко скласти залежність між вологістю і показником втрати енергії нейтронами.

Б) Електромагнітні методи. Сюди входять методи, які беруть в свою основу вплив вологи на електричні показники ґрунту. З допомогою цих методик можливі контактні та дистанційний аналіз стану вологості ґрунту. На даний час розроблена велика кількість вбудованих датчиків, що реагують на опірну складову, поляризацію або на ці характеристики взяті разом. Дані сенсори виявились досить перспективними в плані дослідження вологості на поверхні ґрунту. На жаль, вимірювання

сенсорами електричних показників ґрунту, що були занурені в глиб його шару не показали чіткої залежності з вологістю.

В) Рефлектометричний метод. Один із найсучасніших методів вимірювання стану вологості ґрунту. Базується у вимірюванні часу проходження електричного сигналу через провідник, який представляє із себе ґрунт, дані дослідження залежать від електропровідності, а, отже, і від самої вологості, ґрунту. Кореляція з гравіметричним методом вимірювання стану вологості ґрунту перевищує 0,9. Досягнута точність вимірювання становить 2%.

Висновки

Використання приладів для визначення параметрів ґрунту значно спрощує та покращує роботу з ним, адже на сьогодні є значна кількість систем, які можуть самостійно працювати навіть без втручання людини, і при цьому досить успішно. Попри всі досягнення в цій галузі кожна методика має свої недоліки та обмеженості, а саме тому робота в цьому напрямку може принести ще значні плоди для всієї країни і не тільки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методи вимірювання вологості ґрунту [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/metody-vymiryuvannya-vologosti-gruntu>

2. Грушка І. Г. Нові методи і засоби агрометеорологічних вимірювань і питання гідрометеорологічного забезпечення землеробства. Матеріали наради-семінару “Обмін досвідом гідрометеорологічного забезпечення сільськогосподарського виробництва у сучасних умовах”. 15-20 жовтня 2001 р. м. Ялта. Український ГМЦ, Київ, 2001., С. 43-54.

3. Звіт про науково-дослідну роботу “Розробити автоматизовану систему контролю вологості, температури ґрунту та інших агрометеорологічних параметрів”, УкрНДГМІ, Київ, 1997р.

Білинський Йосип Йосипович – доктор технічних наук, професор, зав. кафедри ЕНС, Вінницький національний технічний університет, Вінниця; e-mail: yosyp.bilynsky@gmail.com

Сорокопуд Володимир Вячеславович – студент групи ЕЛ-16б, кафедри електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Yosyp Bilynsky - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head. Department of ENS, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsia; Email: yosyp.bilynsky@gmail.com

Sorokopud Volodymyr - student of EL-16b group, Departments of Electronics and Nanosystems, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa.