

# МОНИТОРИНГ НА ПОЧВАТА ЧРЕЗ ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИЯ ИМПЕДАНС И ПРИЛАГАНЕТО НА МЕТОДА EIS

Светлана Георгиева Герганова-Савова <sup>1)</sup>, Даниела Симеонова Тонева-Жейнова <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> ТУ-Варна, Варна ул. "Студентска" 1, e-mail: gerganova-savova@mailcity.com

<sup>2)</sup> ТУ-Варна, Варна ул. "Студентска" 1, e-mail: d\_toneva@abv.com

**Резюме:** Системата за устойчиво развитие работи, следвайки основополагащ подход PDCA, където във фаза „С“ е заложена проверка, мониторинг. Методът на електрохимичната импедансна спектроскопия (EIS) е общоприет в много области. В статията неговите предимства се допълват от портативно устройство за измерване на импеданса на почвата - Z-Meter III. Проведените анализи на характеристиките на различни почви показват някои връзки между дълбочина, температура, влага, соли, съпротивление.

**Ключови думи:** Мониторинг, метод на електрохимичната импедансна спектроскопия (EIS), Z-Meter III, подход PDCA.

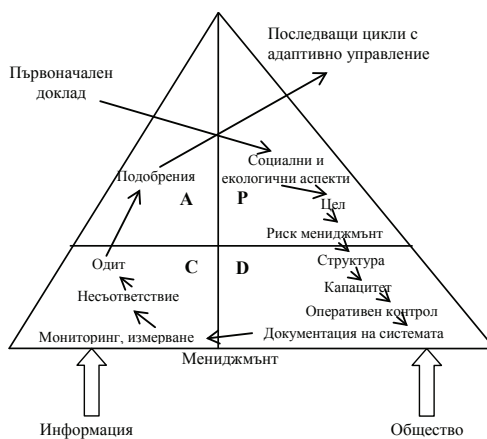
## 1. Въведение

Устойчивото развитие в своята същност изразява баланс в трите цели на развитието – екологична, социална и икономическа. Постигането на равновесие между тези подсистеми в рамките на глобалната система, задоволяване на поребностите на настоящето, без да бъде излагано на риск бъдещото поколение е основата на концепцията за „трите стълба“.

Може би най-важният стълб това е „Околната среда“ – опазване и екология означава справедливо участие в разпределението на екологичните блага и ресурси. Фокусира се вниманието върху релацията „общество-природа“.

Това е довело организациите до приемането на системен подход за управление на околната среда, чрез внедряване на системи за управление с цел да се допринесе за „екологичния стълб“ на устойчивостта, което е влязло в новия **ISO/DIS 14001:2014 - Системи за управление по отношение на околната среда. Изисквания и указания за прилагане.**

Въвеждането на Система за управление на околната среда е доброволно и има за цел да демонстрира загрижеността на организацията за намаляване на замърсяването чрез контрол на въздействията, които оказва върху околната среда със своите дейности, продукти или услуги. Системата работи, следвайки основополагащ подход PDCA (Plan-Do-Check-Act) така нареченият цикъл на Деминг "Планирай- Направи – Провери – Действай" – фиг.1.



Фиг.1. PDCA

## 2. Същност на разработката

Свързани с третия момент от цикъла на Деминг - проверката, вида и методите за оперативен контрол, трябва да осигурят увереност за това, че даден процес е ефикасен за постигане на желаните резултати. В този контекст, при разработването на целите по околната среда трябва да се вземе въпредвид, че те трябва да са измерими и наблюдавани. Такива методи могат да включват мониторинг и измерване на процеса за проверка на резултатите, като и специализирани средства за контрол. Показателите, които подлежат на екологичен мониторинг са нормирани и **ISO 11265 – "Качество на почвите. Определяне на специфичната електрическа проводимост"** е приет от българските програми.

Не съществува единен подход за определяне

на аспектите на околната среда, но често избрания подход включва и замърсяванията на почвата - важна екологична единица, която взаимодейства и влияе на други компоненти на околната среда.

Голямо разнообразие от подходи и методи се прилагат в системите за мониторинг на почвите на околната среда, като повече от конвенционалните методи за мониторинг на почвите са преки, чисто лабораторни методи, скъпи. За тази цел трябва да се осигури използването и поддържането на калибрирани и верифицирани средства за мониторинг и измерване, да се осигури развитието и реализацията на устройства и софтуер. Електрохимичната импедансна спектроскопия (EIS) е общоприет метод в много области и в практиката се ползва за определяне на параметрите на порести материали, каквато е и почвата, за измерване на електрическо съпротивление. Методът позволява да се създаде профил на различни по състав почви, показващ влагосъдържанието и замърсеността. Той се използва за измерване на честотната характеристика на импеданса  $Z$ , който не е сред изброените показатели, в тясна връзка е с честотата на почвата. За тази цел се използва портативно преносимо устройство  $Z$ -Meter III. Уредът е с големи възможности. Има две сонди, всяка с пет електрода. Диапазона на измерване на импеданса е от 100  $\Omega$  до 10 М $\Omega$  с точност  $\pm 2\%$ . Диапазона на изменение на честотата е  $(1 \div 100)$  kHz [1, 2]. Може да се прави измерване с една сонда между два съседни електрода или с две сонди. Избира се определена честота на хармоничния синусоидален сигнал, чиято амплитуда е 1 v. Максималното разстояние между сондите е 2 m. В случая са направени измервания с две сонди на разстояние 10 cm една от друга [3].

$Z$  на веществата (пореста среда, почва) е комплексна величина, описваща съпротивлението на средата и дефазиранието между напрежението и тока при преминаването на променлив ток (AC) с дадена честота и са в сила известните зависимости:

$$Z=U/I \quad (1)$$

$$Z=R+jX \quad (2)$$

като в реактивното съпротивление на формула (2) импеданса на индуктивността е много по-малък в сравнение с този на кондензатора  $X_L \ll X_C$ . В този случай може да се пренебрегне импеданса на индуктивността.

$Z$  се влияе от свойствата на материала (вид, плътност, структура, анизотропия, температура), също и от условията на измерването (честотата и интензивността на електрическото поле, хи-

мическо замърсяване, скорост на въздуха, сезон и др.). При слънчево време почвата се държи като изолатор и тогава  $Z \gg 0$ . Почвата има добра проводимост при дъждовно време, при определени химически замърсявания и в тези случаи  $Z=(101 \div 102) \Omega$ .

Проведени са анализи на различните дълбочини, които подчертават взаимоотношенията между дълбочина, температура, влага, соли, специфична електропроводимост и импеданс. Някои от получените резултати са систематизирани и представени по-долу [3]. На чиста почва на дълбочини 0-20 cm и 40-60 cm са направени измервания при различни честоти. Температурите са:  $t_0$  на въздуха 28°C,  $t_0$  на почвата 25.6°C. Реалната и имагинерна част на импеданса на почвата са показани в Табл. 1.

Таблица 1. Чиста почва

f[Hz] =	2000,	6000,	10000,	15000,	20000
Re	1271,	1268,	1265,	1260,	1249
Im	-195,	-101,	-23,	73,	167
Re	890,	909,	909,	909,	901
Im	-188,	-68,	-9,	65,	131

Замърсява се почвата с амониев нитрат и за същия честотен диапазон, на дълбочини 0 20 cm, 20-40 cm и 40-60 cm са направени същите измервания. Реалната и имагинерна част на импеданса на наторената почва са показани в Табл.2.

Таблица 2. Замърсена с торове почва

f[Hz] =	2000,	6000,	10000,	15000,	20000
Re	110,	105,	103,	102,	101
Im	-80,	-35,	-19,	-6,	4
Re	96,	91,	90,	89,	88
Im	-60,	-27,	-15,	-4,	5
Re	103,	98,	97,	95,	94
Im	-60,	-28,	-16,	-5,	5

При измерване на импеданса на почвата - чиста и замърсена с амониев нитрат се виждат различията в реалните и имагинерни честотни характеристики. При различните дълбочини разликите при реалната съставка е около 300, а на имагинерната 30. При замърсената с нитрати почва същите разлики са 14-20 и за двете съставни на честотната характеристика.

При различните честоти разликите при чистата почва на реалната съставка е около 20, а на имагинерната 350. При замърсената с нитрати

почва същите разлики са 9 и 90 за съответните съставни на честотната характеристика.

Показател за чистотата на почвите е и пресметнатия от горните данни импеданс. При чиста почва за дълбочини 0 20 cm и 40 60 cm импеданса  $Z$  е показан в Табл.3 и при замърсена с торове почва за дълбочини 0 20 cm, 20-40 cm и 40-60 cm е показан в Табл.4.

Таблица 3. Чиста почва

$f[\text{Hz}] = 2000,$	$6000,$	$10000,$	$15000,$	$20000$
$Z[\Omega] = 1285.9,$	$1272,$	$1265.2,$	$1262,$	$1260.1$
$909.6,$	$911.5,$	$909,$	$911,$	$910.5$

Таблица 4. Замърсена с торове почва

$f[\text{Hz}] = 2000,$	$6000,$	$10000,$	$15000,$	$20000$
$136,$	$110.7,$	$104.7,$	$102.2,$	$101.1$
$113.2,$	$94.9,$	$91.24,$	$89,$	$88.1$
$119.2,$	$101.9,$	$98.3,$	$95.1,$	$94.1$

Замърсената с нитрати почва е добър проводник и импеданса не се влияе от дълбочината на сондите, твърде малко се влияе и от честотата.

### 3. Заключение

За пълнота са направени и други изследвания на почвата [3]. Предварителна обработка на почвени проби се провежда съблюдавайки **ISO 11464 Качество на почвите. Предварителна подготовка на пробите за физико-химичен анализ.** В лаборатория е определена хигроскопична влага по тегловен метод и електропроводимост (с кондуктометър) на воден и солев извлек от почва, като са взети 1,500 kg. проби от 0-20 cm, 20-40 cm и 40 60 cm. След това се прави хомогенизиране чрез стриване и пресяване, последователно през 2 mm, 1.5 mm и 1 mm сито. От първоначалните проби, след хомогенизиране, са взети проби по метода на шпатулата – 0,500 kg изсушени на въздух почви. Пробите от почвата се сушат в сушилният пещ при температура 105°C ( $\pm 5^\circ\text{C}$ ) в продължение на 2 часа. Скоростта на сушене е в пряка връзка с изменението, предизвикани от микробиологическата активност (**ISO 11464**). Пробите се охлаждат в ексикатор за поне 45 минути до 20°C ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ), тъй като разтворимостта на присъстващите соли зависи от температурата. Хигроскопичната влага,  $W[\%]$  се изчислява на база разликата на теглото на пробите при изсушаване на въздух и в сушилният.

$$W = \frac{M_w - M_d}{M_w} \cdot 100[\%] \quad (3)$$

$M_w$  - масата след изсушаване на въздух,

$M_d$  - масата след окончателното изсушаване в сушилният.

Специфичната електрическа проводимост (кондуктивност) се измерва с лабораторен кондуктометър КЛ -5-87, обхват: до 20 000 mS / cm (**ISO 11265 - Качество на почвите. Определяне на специфичната електрическа проводимост**).

Измерените данни, са с добра повторимост и постоянство на измерванията. Резултатите съответстват на свойствата на почвата с по-висока киселинност, както е често в земеделските практики. Методът EIS е приложим и надежден за екологичен мониторинг на почвите. Проводимостта на водоразтворими електролити в почвата корелира с концентрацията и на органични елементи и микроелементи. От гледна точка на околната среда увеличени стойности на проводимост на почвата показва възможно минерално небиологично замърсяване. Амониевия нитрат променя електрическите характеристики на почвата. Така, чрез използването на EIS - метода може да се наблюдава съдържанието на азотни торове в почвата. Това е особено важно в санитарно-охранителните зони на водоохранявания за питейни нужди.

Всяка организация трябва да има постоянен систематичен подход за измерване и мониторинг на своята резултатност спрямо околната среда. Непрекъснатото подобряване е ключов елемент на една ефикасна система за управление по околната среда. Трябва непрекъснато да се подобрява пригодността, адекватността и ефективността на системата за управление на околната среда. Спазването на приложимото законодателство за опазване на околната среда е задължително заедно със задължението за непрекъснато усъвършенстване на системата.

*Човечеството е заплашено от самоизраждане и самоунищожение, ако не осъзнае голямата си отговорност за опазване на околната среда чрез балансирано използване на природните ресурси и строг контрол над замърсяванията.*

*Маргарет Тачер*

### 5. Литература

- [1] Янев Я., Д. Йонова, Относно използването на уреда Z-Meter III за изследвания по метода на електро импедансна спектроскопия, Годишник на ТУ-Варна, 2013г.
- [2] Parilkova J. Z-Meter III – User’s Manual, Brno 2011.
- [3] Toneva – Zheynova D., D. Ionova, A. Staneva, N. Atanasov, Application of EIS to en-

vironmental monitoring of soil, 2-nd Conference and Working Session within the Framework in the International Programme EUREKA, Brno, October 30-31, 2014.

#### **Данни за авторите:**

**Гл.ас. д-р инж. Светлана Георгиева Герганова – Савова.** Завършила ТУ-Варна специалност Автоматизация на производството през 1978. В момента е главен асистент д-р в същата катедра.

Научни интереси: Теория на автоматичното регулиране и управление, Управление на качеството.

**Доц.д-р инж. Даниела Симеонова Тонева – Жейнова.** Завършила ТУ-Варна специалност Техника и технологии за опазване на морето и околната среда. В момента е доцент катедра Екология и опазване на околната среда. Научни интереси: Замяряване на въздуха и водите и технологии за пречистването им.

## **MONITORING OF THE SOIL BY MEASURING THE ELECTRICAL IMPEDANCE AND APPLYING THE EIS METHOD**

*Svetlana Georgieva Gerganova-Savova*<sup>1)</sup>, *Daniela Simeonova Toneva - Zheynova*<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> TU - Varna, Bulgaria, Varna, Studentska str.1; *e-mail: gerganova-savova@mailcity.com*

<sup>2)</sup> TU - Varna, Bulgaria, Varna, Studentska str.1; *e-mail: d\_toneva@abv.com*

*Abstract:* - The system for sustainable development works by following the founding PDCA cycle, where in phase "C" is set check, monitoring. The method of Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) is widely accepted in many areas. In this article its advantages are complemented by a portable device for measuring the impedance of the soil - Z-Meter III. The analysis of the characteristics of different soils shows certain connections between the depths, temperature, humidity, salts, resistance.

*Key-Words:* Monitoring, method of Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS), Z-Meter III, the PDCA cycle.

#### **References**

[1] **Yanev Y., D. Yonova,** Otnosno izpolzvaneto na ureda Z-Meter III za izsledvaniya po metoda na elektro impedansna spektroskopiya, Godishnik .. na TU-Varna, 2013.

[2] Parilkova J. Z-Meter III – User’s Manual, Brno 2011.

[3] **Toneva – Zheynova D., D. Ionova, A. Staneva, N. Atanasov,** Application of EIS to environmental monitoring of soil, 2-nd Conference and Working Session within the Framework in the International Programme EUREKA, Brno, October 30-31, 2014.

## **МОНИТОРИНГ ПОЧВЫ ПУТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИМПЕДАНСА И ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА EIS**

*Светлана Георгиева Герганова-Савова*<sup>1)</sup>, *Даниела Симеонова Тонева-Жейнова*<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> ТУ-Варна, Варна ул. “Студентска” 1, *e-mail: gerganova-savova@mailcity.com*

<sup>2)</sup> ТУ-Варна, Варна ул. “Студентска” 1, *e-mail: d\_toneva@abv.com*

*Резюме:* Система устойчивого развития работает, соблюдая фундаментального подхода PDCA, где на этапе "C" предусмотрены контроль и мониторинг. Метод электрохимического импеданса спектроскопии (EIS) широко принят во многих областях. В докладе его преимущества дополняются портативным устройством измерения импеданса почвы - Z-Meter III. Проведенные анализы характеристик различных почв показывает некоторые связи между глубиной, температурой, влажностью, содержанием солей.

*Ключевые слова:* Мониторинг, метод электрохимической импедансной спектроскопии (EIS), Z-Meter III, подход PDCA.