

ФАРМАКОГНОЗИЯ И БОТАНИКА

УДК 547.2/9:543.545

DOI: <https://doi.org/10.52540/2074-9457.2021.4.46>

Г. Н. Бузук

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРОФНОСТИ ПОЧВ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИМ МЕТОДОМ. СООБЩЕНИЕ 2. КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОДОВ И СПОСОБ РАСЧЕТА ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА

г. Витебск, Республика Беларусь

Целью настоящей работы является определение влияния изолированности поверхности электродов, а также способа расчета геометрического коэффициента на результаты определения удельного электросопротивления почв (ER или УЭС). Определены метрологические характеристики измерения УЭС, а также влияние глубины погружения электродов в исследуемый субстрат на этот показатель. Установлен нелинейный характер зависимости УЭС от глубины погружения электродов. Для неизолированных электродов зависимость хорошо аппроксимировалась степенной функцией независимо от способа расчета геометрического коэффициента установки. В случае частично изолированных (точечных) электродов использование для расчета геометрического коэффициента с корректировкой на глубину погружения электродов в исследуемый субстрат позволяет практически избавиться от зависимости УЭС от глубины погружения электродов. Методика может использоваться для оценки трофности почв в местах произрастания лекарственных растений.

Ключевые слова: геофизические методы, электрофизика почв, установка F. Wenner.

ВВЕДЕНИЕ

В экологических, геоботанических и фармакогностических исследованиях достаточно широко проводится определение трофности почв, позволяющее установить обеспеченность её элементами минерального питания и выявить влияние на накопление в растениях, в том числе лекарственных, вторичных метаболитов [1, 2].

Для определения трофности почв в полевых и лабораторных условиях нами разработана портативная установка. Исследование с её помощью трофности почв основано на измерении удельного электрического сопротивления. Установлено, что результаты определения удельного электрического сопротивления почв с помощью предложенной установки зависят от степени заглубления электродов в почву и их изолированности [3]. Однако такие данные требуют дальнейшего изучения.

Так сложилось исторически, что при изучении и определении электропроводности (электросопротивления) почв в основном использовались неизолированные электроды, которые вдавливали в почву на

глубину от 2–3 см или до 0,1 межэлектродного расстояния a [4–9]. Иногда вообще степень заглубления электродов в почву игнорируется, а внимание концентрируется на расстоянии между электродами и глубинности метода [4, 9], которая, в свою очередь, определяется величиной разности потенциалов электродов. Вместе с тем, автор установки для определения электропроводности почв F. Wenner вывел формулу корректировки этого показателя в зависимости от заглубления электродов в почву, которая приводится в его работе [10].

Целью настоящей работы является определение влияния изолированности поверхности электродов, а также способа расчета геометрического коэффициента на результаты определения удельного электросопротивления почв (ER или УЭС).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для измерения электрического сопротивления почвы использовали 4-электродную симметричную установку AMNB или установку F. Wenner [3, 11–17]. Расстояние между электродами составляло 25 мм

[12], длина электродов – 90 мм, диаметр – 2 мм.

На электроды АВ установки подавали напряжение и измеряли силу тока в цепи. На электродах MN измеряли падение напряжения. Сопротивление рассчитывали по формуле (1):

$$ER = k \cdot (U / I), \quad (1)$$

где U – падение напряжения на электродах MN, мВ;

I – сила тока, мА;

k – геометрический коэффициент установки;

π – 3,1415.

Геометрический коэффициент установки (k) зависит от расстояния между электродами и их взаимного расположения относительно друг друга. Схема для его расчета представлена на рисунке 1.

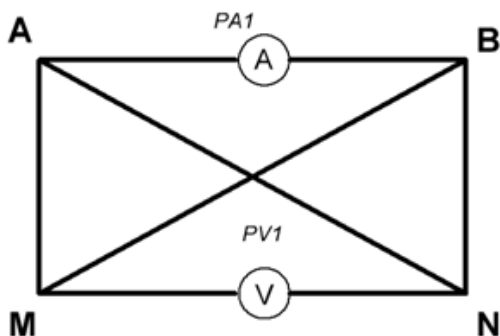


Рисунок 1. – Схема для расчета геометрического коэффициента установки [10, 18]

Общая формула расчета геометрического коэффициента установки:

$$k = 2\pi / (1/AM - 1/BM - 1/AN + 1/BN) \quad (2)$$

Для установки F. Wenner, у которой электроды располагаются в одну линию на равных расстояниях, геометрический коэффициент рассчитывали по формуле (3):

$$k_1 = 2\pi \cdot (AM \cdot AN) / MN = 2\pi \cdot MN = 2\pi \cdot a \quad (3)$$

При этом предполагается, что электроды находятся на поверхности исследуемого объекта и имеют точечный характер. В случае погружения точечного электро-

да в объект на глубину z для установки F. Wenner расчет геометрического коэффициента проводили по формуле (4) [10, 19]:

$$k_2 = \frac{4\pi}{\frac{1}{a} + \frac{2}{\sqrt{a^2 + 4z^2}} - \frac{1}{\sqrt{a^2 + z^2}}}, \quad (4)$$

где a – расстояние между электродами; $AM = MN = NB$;

z – глубина погружения точечного электрода в исследуемый объект.

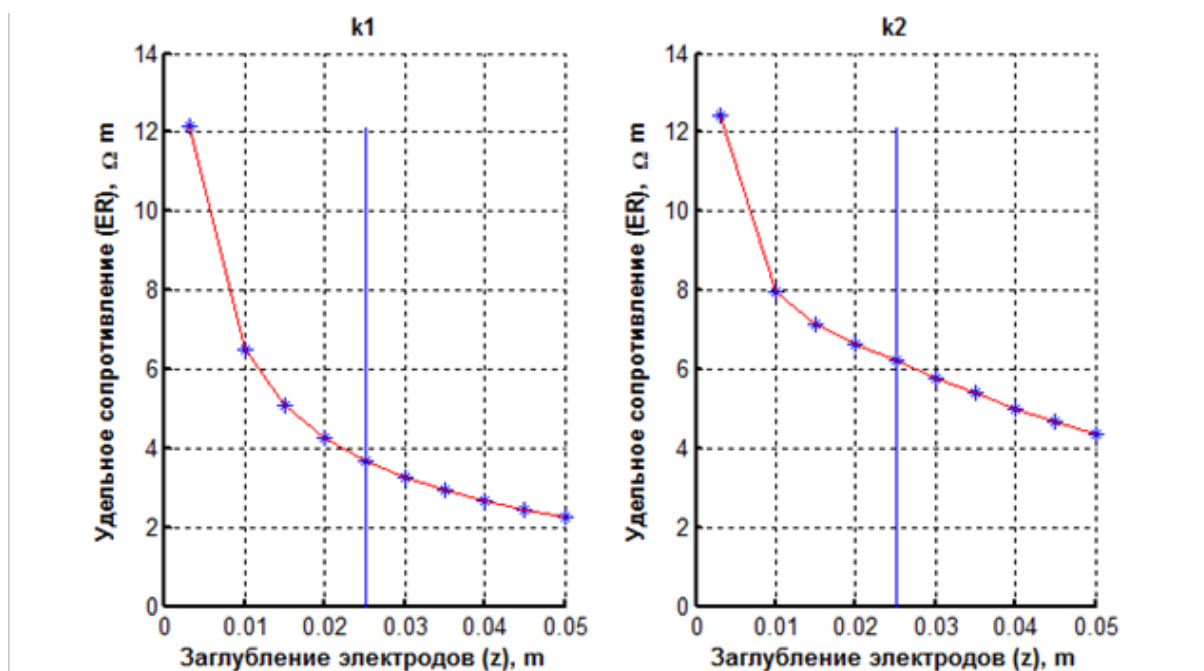
Большее расстояние между электродами приводит к более глубокому проникновению электрического поля в почву, что существенно влияет на глубину исследования. Глубинность исследования (глубина проникновения тока в почву) для симметричной установки F. Wenner составляла $h = 0,52 \cdot a$ [8] или при произвольных размерах АВ и MN – $h = (AB / 2) (MN / AB)$ [20].

Методика проведения измерений трофности почв с помощью разработанной нами установки на гомогенных образцах, представляющих собой водное извлечение из почвы и почвенную пасту, подробно описана в Сообщении 1 [3].

Неизолированные электроды были без изоляции и контактировали с экстрактом почвы или почвенной пастой на величину погруженной в нее части. Для получения точечного электрода на всем протяжении электрод изолировали с помощью термоусадочного пластика с клеем, оставляя для контакта с почвой или экстрактом обнаженными 3 мм кончиков электродов. Таким образом получали частично изолированный (точечный) электрод. В качестве альтернативы использовали неизолированный (голый) электрод.

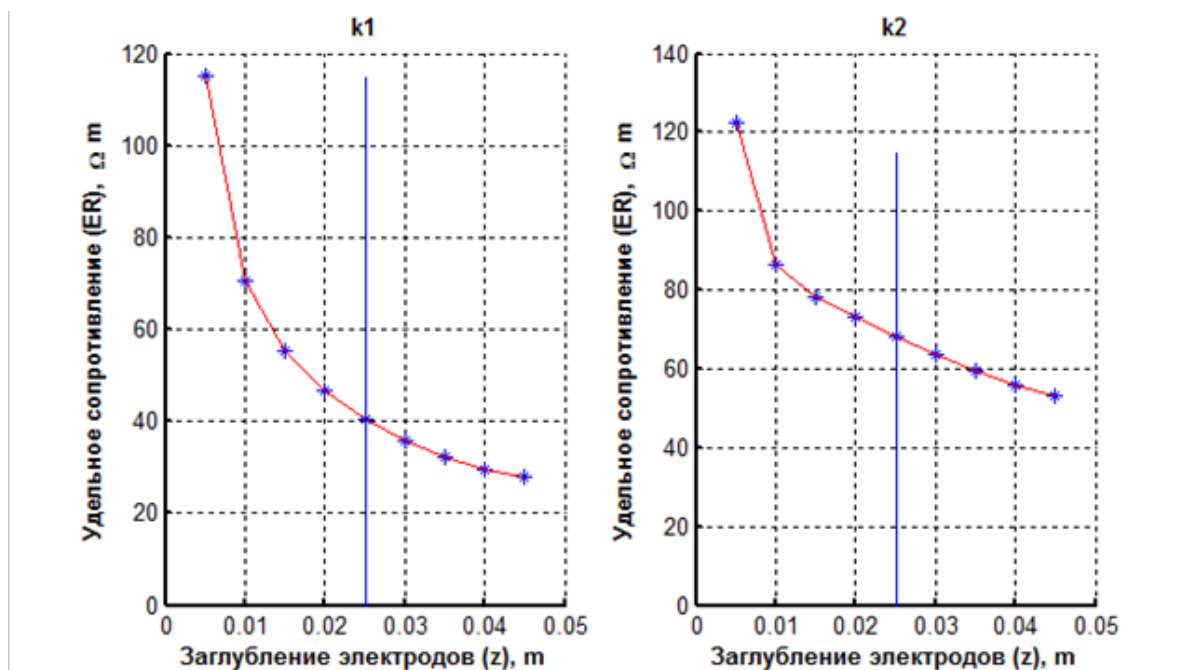
РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В связи с тем, что в работе использовали гомогенные объекты (водный экстракт почвы и почвенную пасту), то можно было ожидать, что на разной глубине водного экстракта почвы и почвенной пасты УЭС будет неизменным, а зависимость УЭС от заглубления электрода будет представлять линию, параллельную оси абсцисс. Однако, как видно из представленных на рисунках 2–5 данных, это далеко не так.



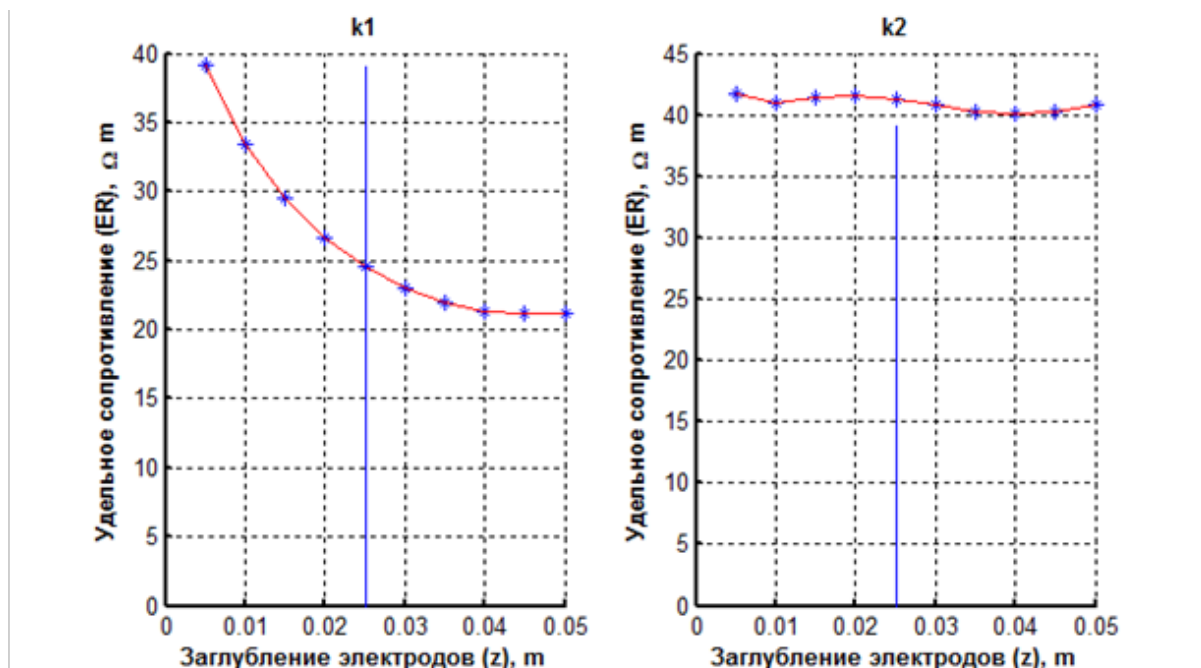
Обозначения: вертикальная линия означает заглубление электродов, равное расстоянию между ними ($a = z$). k1 и k2 означают расчет геометрического коэффициента установки по формуле (3) и (4) соответственно.

Рисунок 2. – Зависимость УЭС от глубины погружения неизолированных электродов в водный экстракт почвы



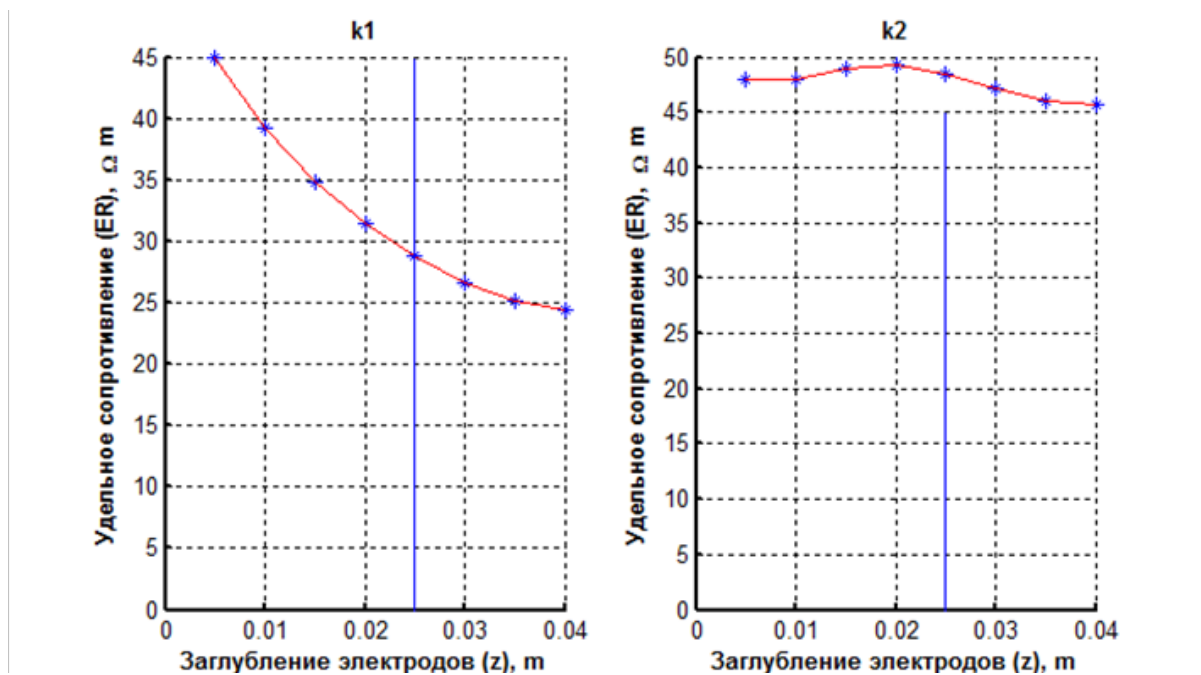
Обозначения те же, что и на рисунке 2.

Рисунок 3. – Зависимость УЭС от глубины погружения неизолированных электродов в почву



Обозначения те же, что и на рисунке 2.

Рисунок 4. – Зависимость УЭС от глубины погружения изолированных (точечных) электродов в водный экстракт почвы



Обозначения те же, что и на рисунке 2.

Рисунок 5. – Зависимость УЭС от глубины погружения изолированных (точечных) электродов в почву

Так, при использовании неизолированных электродов удельное электрическое сопротивление как водного экстракта, так и почвенной пасты снижалось с увеличением глубины погружения электродов (рисунки 2, 3). Способ расчета геометрического коэф-

фициента практически не влиял на характер зависимости. Наблюдалось лишь некоторое повышение УЭС при использовании формулы (4). Зависимость хорошо аппроксимировалась степенной функцией $y = ax^b$ (таблица), где a и b – коэффициенты функции.

Таблица. – Коэффициенты степенной функции и коэффициент детерминации при различных способах расчета геометрического коэффициента (рисунки 2, 3)

Геометрический коэффициент	a	b	R²
k1	0,391093	0,60145	0,9937
k2	1,596047	-0,35605	0,9982

При использовании же частично изолированных (точечных) электродов при расчете геометрического коэффициента по формуле (3) наблюдалась зависимость, аналогичная таковой для неизолированных электродов (рисунки 4, 5). Однако использование для расчета геометрического коэффициента формулы (4) дало поразительный результат – привело к практически полному исчезновению зависимости УЭС от глубины погружения электродов в исследуемые объекты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, особенности устройства (конструкция) электродов установки F. Wenner являются критичными для измерения УЭС при определении трофности почв. Для определения УЭС при определенном заглублении электродов в изучаемый объект, что наиболее часто встречается на практике, следует использовать частично изолированные (точечные) электроды, а для расчета геометрического коэффициента – формулу (4). Это позволит в значительной степени избежать влияния степени заглубления электродов в почву на измеряемые значения УЭС и, таким образом, снизить вариабельность получаемых результатов.

SUMMARY

G. N. Buzuk

DETERMINATION OF SOIL TROPHICITY WITH ELECTROPHYSICAL METHOD. MESSAGE 2. ELECTRODE DESIGN AND THE METHOD OF GEOMETRIC COEFFICIENT CALCULATION

The purpose of this work is to determine the influence of the electrodes surface isolation, as well as the method of geometric coefficient calculation, on the results of determining specific electrical resistance of soils (ER or SER). Metrological characteristics for SER measurement, as well as the influence of the electrodes immersion depth into the substrate studied on this indicator, were determined.

Nonlinear nature of SER dependence on the electrodes immersion depth was established. For non-insulated electrodes the dependence was well approximated by the power function regardless of the method of calculating geometric coefficient of installation. In case of partially isolated (point) electrodes the use of geometric coefficient for calculating geometric coefficient with an adjustment to the electrodes immersion depth into the substrate studied makes it possible practically to get rid of SER dependence on the electrodes immersion depth. The technique can be used to assess the soils trophicity in places where medicinal plants grow.

Keywords: geophysical methods, electrophysics of soils, F. Wenner array.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аветов, Н. А. Понятие трофности в связи с антропогенной эвтрофикацией верховых болот Ханты-Мансийского Приобья / Н. А. Аветов, Е. А. Шишконокова // Бюл. Почвенного ин-та им. В. В. Докучаева. – 2013. – № 71. – С. 36–51.
2. Погоцкая, А. А. Морфометрия *Chelidonium majus* L.: взаимосвязь размеров, формы листа и содержания алкалоидов и фенольных соединений / А. А. Погоцкая, Г. Н. Бузук, О. В. Созинов // Вестн. фармации. – 2010. – № 3. – С. 26–39.
3. Бузук, Г. Н. Определение трофности почв электрофизическим методом. Сообщение 1. Устройство и лабораторная методика / Г. Н. Бузук // Вестн. фармации. – 2021. – № 3. – С. 32–40.
4. Sharma, P. V. Environmental and engineering geophysics / P. V. Sharma. – Cambridge: Cambridge university press, 1997. – 475 p.
5. Friedman, S. P. Soil properties influencing apparent electrical conductivity: a review / S. P. Friedman // Computers and electronics in agriculture. – 2005. – Vol. 46, N 1/3. – P. 45–70.
6. Corwin, D. L. Past, present and future trends in soil electrical conductivity measurements using geophysical methods / D. L. Corwin // Handbook of Agricultural Geophysics / ed.: B. J. Allred, J. J. Daniels, M. R. Ehsani. – New York: CRC Press, 2008. – P. 17–44.
7. Зубкова, Т. А. Электрическое сопротивление структурных элементов биогеоценозов /

Т. А. Зубкова, Н. А. Мартынова, В. М. Белосусов // Изв. Иркутского гос. ун-та. Сер.: Науки о Земле. – 2011. – Т. 4, № 2. – С. 82–89.

8. Reynolds, J. M. An introduction to applied and environmental geophysics / J. M. Reynolds. – 2nd ed. – Chichester: John Wiley & Sons, 2011. – 796 p.

9. Поздняков, А. И. Электрофизика почв / А. И. Поздняков, А. Д. Позднякова. – Москва–Дмитров: Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, 2004. – 48 с.

10. Wenner, F. A method of measuring earth resistivity / F. Wenner // Bulletin of the Bureau of Standards. – Washington: Government Printing Office, 1916. – Vol. 12. – P. 469–478.

11. Unde, M. Soil Resistivity Measurement and Interpretation Technique / M. Unde, V. Tathe // International J. of Engineering Research and Applications. – 2020. – Vol. 10, iss. 5. – P. 25–30.

12. Поздняков, А. И. Электрофизические методы исследования почв (методическое пособие для практики по физике почв) / А. И. Поздняков. – Москва: Московский гос. ун-т, 2009. – 38 с.

13. Поздняков, А. И. Электрические параметры почв и почвообразование / А. И. Поздняков // Почвоведение. – 2008. – № 10. – С. 1188–1197.

14. Поздняков, А. И. Электрическое сопротивление как возможный показатель окультуренности пахотных супесчаных почв гумидной зоны / А. И. Поздняков, П. И. Елисеев, А. В. Русаков // Вестн. Московского ун-та. Сер. 17, Почвоведение. – 2012. – № 2. – С. 54–60.

15. Electrical resistivity survey in soil science: a review/ A. Samouëlian [et al.] // Soil and Tillage research. – 2005. – Vol. 83, iss. 2. – P. 173–193.

16. Corwin, D. L. Laboratory and field measurements / D. L. Corwin, S. M. Lesch, D. B. Lobell // Agricultural Salinity Assessment and Management / ed.: W.W. Wallender, K. K. Tanji. – 2nd ed. – New York: Amer. Soc. of Civil Engineers, 2012. – Chap. 10. – P. 295–341.

17. Sophocleous, M. Electrical resistivity sensing methods and implications / M. Sophocleous // Electrical Resistivity and Conductivity / ed. A. E. Shahat. – Rijeka: InTechOpen, 2017. – Chap. 2.

18. Igel, J. On the small-scale variability of electrical soil properties and its influence on geophysical measurements: diss. ... PhD: 12.07.07 / J. Igel. – Frankfurt am Main: Frankfurt University, 2007. – 174 p.

19. Comparison of three small-scale devices for the investigation of the electrical conductivity/resistivity of swelling and other clays / S. Kaufhold [et al.] // Clays and clay minerals. – 2014. – Vol. 62, N 1. – P. 1–12.

20. Тен, К. М. Альтернативная электроразведка / К. М. Тен. – Москва, 2008. – 112 с.

REFERENCES

1. Avetov NA, Shishkonakova EA. The concept of trophicity in connection with anthropogenic eutrophication of raised bogs in the Khanty-Mansi Ob region. *Biul Pochvennogo in-ta im VV Dokuchaeva*. 2013;(71):36–51. (In Russ.)

2. Pogotskaia AA, Buzuk GN, Sozinov OV. Morphometry of *Chelidonium majus* L.: relationship between size, leaf shape and content of alkaloids and phenolic compounds. *Vestn farmatsii*. 2010;(3):26–39. (In Russ.)

3. Buzuk GN. Determination of soil trophicity by electrophysical method. *Message 1. Device and laboratory technique*. *Vestn farmatsii*. 2021;(3):32–40. (In Russ.)

4. Sharma PV. Environmental and engineering geophysics. Cambridge, Great Britain: Cambridge university press; 1997. 475 p

5. Friedman SP. Soil properties influencing apparent electrical conductivity: a review. *Comput electron agric*. 2005;46(1-3):45–70. doi: 10.1016/j.compag.2004.11.001

6. Corwin DL. Past, present and future trends in soil electrical conductivity measurements using geophysical methods. In: Allred BJ, Daniels JJ, Ehsani MR, editors. *Handbook of Agricultural Geophysics*. New York, USA: CRC Press; 2008. p. 17–44

7. Zubkova TA, Martynova NA, Belousov VM. Electrical resistance of structural elements of biogeocenoses. *Izv Irkutskogo gos un-ta. Ser: Nauki o Zemle*. 2011;4(2):82–9. (In Russ.)

8. Reynolds JM. An introduction to applied and environmental geophysics. 2nd ed. Chichester, Great Britain: John Wiley & Sons; 2011. 796 p

9. Pozdniakov AI, Pozdniakova AD. Electrophysics of soils. Moskva–Dmitrov, RF: Moskovskii gos un-t im MV Lomonosova; 2004. 48 s. (In Russ.)

10. Wenner F. A method of measuring earth resistivity. In: *Bulletin of the Bureau of Standards*. Washington, USA: Government Printing Office; 1916. vol. 12. p. 469–78

11. Unde M, Tathe V. Soil Resistivity Measurement and Interpretation Technique. *Int J Eng Res Appl*. 2020;10(5):25–30

12. Pozdniakov AI. Electrophysical methods of soil research (methodological guide for practice in soil physics). Moskva, RF: Moskovskii gos un-t; 2009. 38 s. (In Russ.)

13. Pozdniakov AI. Electrical parameters of soils and soil formation. *Pochvovedenie*. 2008;(10):1188–97. (In Russ.)

14. Pozdniakov AI, Eliseev PI, Rusakov AV. Electrical resistance as a possible indicator of the cultivation of arable sandy loam soils in the humid zone. *Vestn Moskovskogo un-ta. Ser 17, Pochvovedenie*. 2012;(2):54–60. (In Russ.)

15. Samouëlian A, Cousin I, Tabbagh A, Bruand A, Richard G. Electrical resistivity survey in soil science: a review. *Soil Till-*

age Res. 2005;83(2):173–93. doi: 10.1016/j.still.2004.10.004

16. Corwin DL, Lesch SM, Lobell DB. Laboratory and field measurements. In: Wallender WW, Tanji KK, editors. Agricultural Salinity Assessment and Management. 2nd ed. New York, USA: American Society of Civil Engineers; 2012. Chapter 10. p. 295–341

17. Sophocleous M. Electrical resistivity sensing methods and implications. In: Shahat AE, editor. Electrical Resistivity and Conductivity. Rijeka, Croatia: InTechOpen; 2017. Chapter 2. doi: 10.5772/67748

18. Igel J. On the small-scale variability of electrical soil properties and its influence on geophysical measurements [dissertation]. Frankfurt am Main, Germany: Frankfurt University; 2007.

174 p. doi: 10.13140/RG.2.1.2606.3523

19. Kaufhold S, Grisseman C, Dohrmann R, Klinkenberg M, Decher A. Comparison of three small-scale devices for the investigation of the electrical conductivity/resistivity of swelling and other clays. Clays Clay Miner. 2014;62(1):1–12. doi: 10.1346/ccmn.2014.0620101

20. Ten KM. Alternative electrical exploration. Moskva, RF; 2008. 112 s. (In Russ.)

Адрес для корреспонденции:

г. Витебск, Республика Беларусь,

тел.: +375-29-715-08-38,

e-mail: buzukg@mail.ru,

профессор, доктор фармацевтических наук,

Бузук Г.Н.

Поступила 19.10.2021 г.

УДК: 615.322

DOI: <https://doi.org/10.52540/2074-9457.2021.4.52>

А. А. Осипова, А. А. Погоцкая

**МИКРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛИСТЬЕВ ШТОК-РОЗЫ РОЗОВОЙ
(*ALCEA ROSEA*) В СРАВНЕНИИ С ЛИСТЬЯМИ АЛТЕЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО
(*ALTHAEA OFFICINALIS*)**

**Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет,
г. Витебск, Республика Беларусь**

Проведено микроскопическое исследование цельных и измельченных листьев шток-розы розовой на двадцати микропрепаратах по методике, описанной в Государственной фармакопее Республики Беларусь. Микроскопическое исследование осуществляли путём сравнения с микропрепаратами цельных и измельченных листьев близкородственного вида алтея лекарственного, являющегося официальным. В ходе микроскопического изучения обнаружены и изучены анатомо-диагностические признаки листьев шток-розы розовой, позволяющие проводить идентификацию растения в цельном или измельчённом виде. Основными из них являются строение эпидермиса, типы устьичного аппарата, строение волосков, локализация и виды включений оксалата кальция. Обнаружены анатомо-диагностические признаки цельных и измельченных листьев алтея лекарственного, позволяющие провести сравнительный анализ с листьями шток-розы розовой. Ключевыми признаками являются тип и строение волосков, а также локализация и виды включений оксалата кальция. Полученный комплекс микродиагностических признаков имеет широкое значение для идентификации растений семейства Мальвовых.

Ключевые слова: шток-роза розовая, алтей лекарственный, микропрепарат, цельные листья, измельченные листья, микроскопическое исследование, анатомо-диагностические признаки.

ВВЕДЕНИЕ

Фитотерапия как наука известна миру более шести тысяч лет, так как уже на ранних стадиях человеческого развития упоминается о применении растений не только в качестве пищи, но и для лечения раз-

личных заболеваний [1]. И в современной научной медицине фитотерапия не теряет своей важности и постоянно развивается, поскольку лекарственные препараты растительного происхождения мягко воздействуют на организм человека, обладают достаточно высокой биологической актив-