

ФАРМАКОГНОЗИЯ И БОТАНИКА

УДК 631.413

DOI: <https://doi.org/10.52540/2074-9457.2022.3.23>

Г. Н. Бузук

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРОФНОСТИ ПОЧВ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИМ МЕТОДОМ. СООБЩЕНИЕ 6. КВАДРАТНАЯ УСТАНОВКА, КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОДОВ И СПОСОБ РАСЧЕТА ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА

г. Витебск, Республика Беларусь

Целью настоящей работы является изучение возможности использования квадратной установки G. M. Habberjam для оценки трофности почвы по измерению ее удельного сопротивления. Установлены существенное влияние глубины погружения неизолированных электродов в исследуемый субстрат на величину удельного электрического сопротивления (УЭС) почвы и нелинейный характер зависимости, который хорошо аппроксимировался степенной функцией, независимо от способа расчета геометрического коэффициента установки. Использование точечных электродов позволяет скорректировать влияние глубины погружения электродов в исследуемый объект на результаты измерения удельного электрического сопротивления. Данный факт следует учитывать при проведении измерений удельного электрического сопротивления почвы в природных условиях. Методика может использоваться для оценки трофности почв в местах произрастания лекарственных растений.

Ключевые слова: трофность почвы, установка Habberjam, удельное электрическое сопротивление, измерительные электроды, геометрический коэффициент.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из факторов, оказывающих существенное влияние на вторичный метаболизм растений, в том числе лекарственных, является трофность почвы [1]. Под трофностью почвы чаще всего понимают общую обеспеченность произрастающих растений элементами минерального питания, в том числе макро- и микроэлементами, а также их биодоступность [2].

Исследование трофности почв инструментальными методами – достаточно трудоемкий процесс, который характеризуется значительными временными и материальными затратами. В связи с этим весьма актуальной проблемой является разработка экспресс-методов исследования трофности почв и способов ее косвенной оценки. Один из экспресс-методов исследования трофности почв основан на измерении электропроводности (ЕС) или удельного электросопротивления почвы (ЕР или УЭС). Удельная электропроводность почвы (или просто электропроводность) – показатель, коррелирующий со свойствами почвы, оказывающими влияние на продуктивность растений [3–7].

Для определения трофности почв в полевых и лабораторных условиях нами разработана портативная установка. В ходе ранее выполненных исследований установлено, что на результаты измерения УЭС оказывают влияние изолированность электродов и степень их заглубления в почву [8–9].

Более того, полевые испытания, проведенные с линейной установкой F. Wenner (Wenner array), выявили высокую вариабельность получаемых результатов. Одной из причин этого является влияние на результаты измерений микро- и нанорельефа почвы [10].

При жестком креплении электродов на раме установки в одну линию из-за небольших неровностей почвы добиться одинакового погружения в почву всех четырех электродов не всегда возможно. Это сказывается на площади контакта электродов с почвой и, как следствие, отражается на величине тока, падении напряжения и УЭС.

Уменьшить влияние микро- и нанорельефа на результаты измерений УЭС можно путем уменьшения размеров установки, заменой расположения электродов в одну линию расположением по углам квадрата –

квадратная установка (Square array). Эта установка используется в основном для определения анизотропии или удельного сопротивления в разных направлениях в геологических формациях, для выявления трещин, разломов, потоков подземных вод [11–14].

Целью настоящей работы является изучение возможности использования квадратной установки G. M. Habberjam для оценки трофности почвы по измерению ее удельного сопротивления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для измерения электрического сопро-

тивления почвы использовали 4-электродную квадратную установку AMNB, предложенную G. M. Habberjam [11, 12]. Название установки происходит от электродов, образующих форму квадрата, причем четыре стороны массива имеют одинаковую длину. Это делает установку более компактной и пригодной для использования в ограниченном пространстве. В зависимости от расположения электродов относительно друг друга различают α , β и γ ориентацию установки. Расстояние между электродами (a) составляло 20 мм, общая длина электродов – 90 мм, диаметр – 2 мм. Нами использовалась α ориентация квадратной установки (рисунок 1).

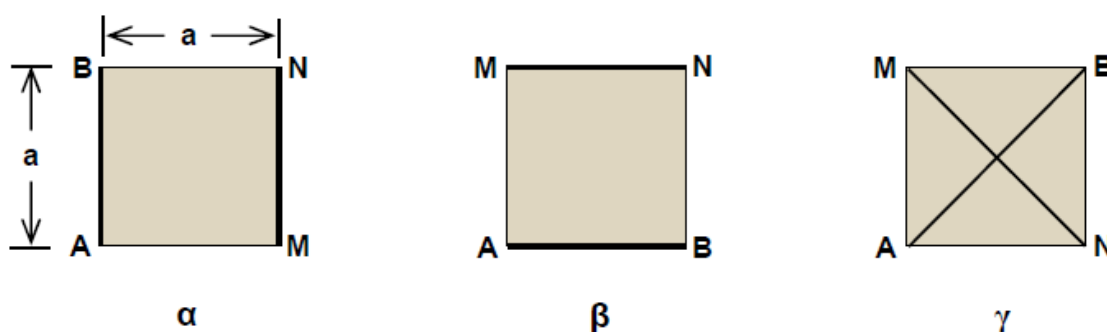


Рисунок 1. – Схема квадратной установки G. M. Habberjam

На электроды АВ установки подавали напряжение. Измеряли силу тока в цепи, а на электродах MN – падение напряжения. Сопротивление рассчитывали по формуле (1):

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

где U – падение напряжения на электродах MN, mV;

I – сила тока, mA;

k – геометрический коэффициент установки.

Величина геометрического коэффициента установки для измерения УЭС зависит от расстояния между электродами и их взаимного расположения относительно друг друга. Для квадратной установки геометрический коэффициент (k_1) рассчитывали по формуле [15]:

$$k_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot a}{2 - \sqrt{2}}, \quad (2)$$

где a – расстояние между электродами;
 π – 3,1415.

При использовании точечного электрода расчет геометрического коэффициента (k_2) проводили по формуле (3), предложенной F. Wenner [16, 17] для линейной установки:

$$k_2 = \frac{4\pi}{\frac{1}{a} + \frac{2}{\sqrt{a^2 + 4z^2}} - \frac{1}{\sqrt{a^2 + z^2}}}, \quad (3)$$

где a – расстояние между электродами;
 z – глубина погружения точечного электрода в исследуемый объект;
 π – 3,1415.

Глубина проникновения электрического поля в почву зависит от расстояния между электродами и составляет для линейной установки F. Wenner – $0,52 \cdot a$, в то время как для квадратной установки варьирует от $0,45 \cdot a$ до $1,00 \cdot a$ [13, 18–20].

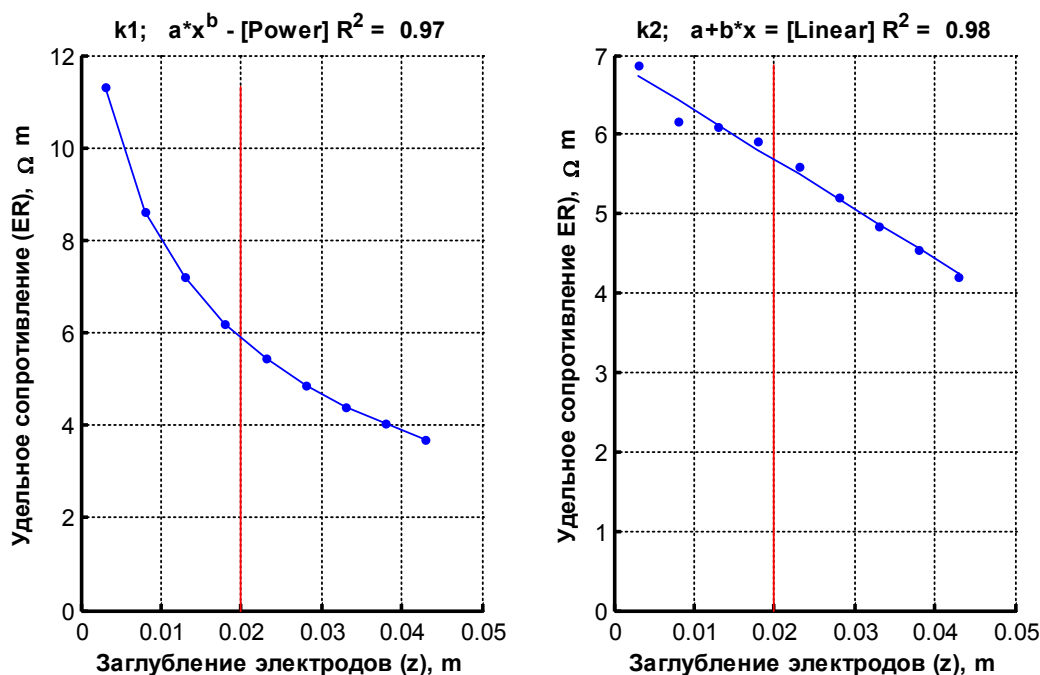
При использовании квадратной уста-

новки глубинность исследования уменьшается при наличии больших контрастов удельного сопротивления в почве [13].

Методика проведения измерений УЭС почвенной пасты и водного экстракта почв с помощью разработанной нами установки, а также детали конструкции неизолированного и точечного электродов описаны нами в предыдущих сообщениях 1 и 2 [8, 9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Использованный в работе водный экстракт почвы представляет собой гомогенный объект. Предполагалось, что зависимость УЭС от глубины погружения электрода в водный экстракт почвы будет представлять линию, параллельную оси абсцисс. Однако в эксперименте получены другие результаты (рисунок 2).



Обозначения: вертикальная линия означает заглубление электродов, равное расстоянию между ними ($a = z$). k1 и k2 означают геометрический коэффициент установки, рассчитанный по формулам (2) и (3) соответственно

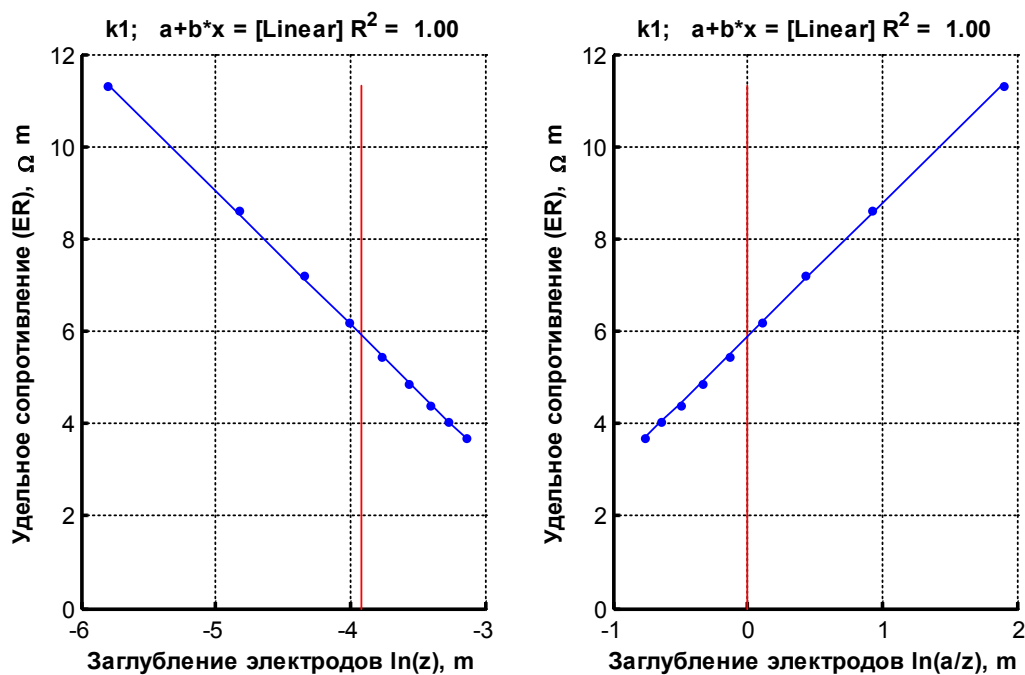
Рисунок 2. – Зависимость УЭС от глубины погружения неизолированных электродов в водный экстракт почвы

При применении неизолированных электродов УЭС водного экстракта почвы снижалось с увеличением глубины погружения электродов (рисунок 2). Способ расчета геометрического коэффициента оказывал существенное влияние на характер зависимости УЭС от глубины погружения электрода в почвенный экстракт. Для геометрического коэффициента k1 такая зависимость описывалась степенной функцией $y = ax^b$, для коэффициента k2 – линейной функцией $y = ax$.

Зависимости УЭС от глубины погружения неизолированных электродов в почвенный экстракт для геометрического коэффициента k1 хорошо линеаризируется при их представлении в полулогарифмическом масштабе (рисунок 3), в то

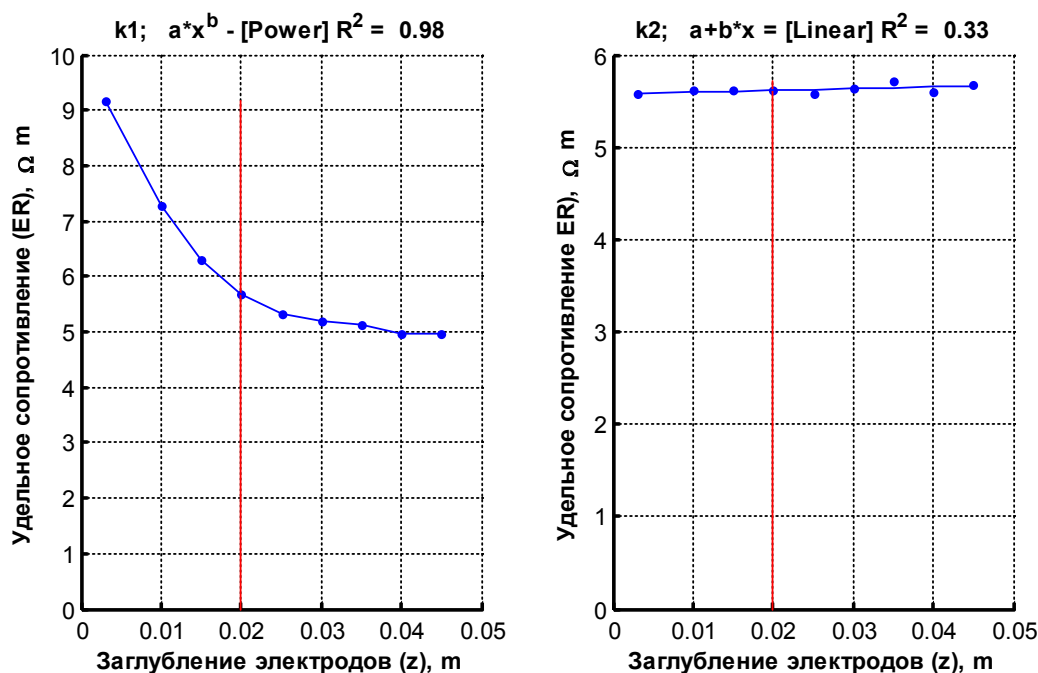
время как для геометрического коэффициента k2 линеаризовать зависимость не удалось.

При использовании точечных электродов и формулы (2) для расчета геометрического коэффициента, а также неизолированных электродов, зависимость УЭС от глубины погружения электродов в почвенный экстракт носит нелинейный характер, описываемый степенной функцией (рисунок 2). Использование для расчета геометрического коэффициента формулы (3) приводит к практически полному исчезновению зависимости УЭС от глубины погружения точечных электродов в исследуемый объект (почвенный экстракт) (рисунок 4). Методика определения УЭС на квадратной уста-



Обозначения те же, что и на рисунке 2.

Рисунок 3. – Линеаризация зависимости УЭС от глубины погружения неизолированных электродов в водный экстракт почвы



Обозначения те же, что и на рисунке 3.

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

новке G. M. Habberjam с применением точечных электродов и формулы (3) для расчета геометрического коэффициента

может использоваться для оценки трофности почв в местах произрастания лекарственных растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При измерении удельного электрического сопротивления с помощью квадратной установки Г. М. Habberjam установлено, что на результаты измерения оказывают влияние характер используемых электродов и формула расчета геометрического коэффициента установки. При применении неизолированных электродов, а также точечных электродов и формулы (2) для расчета геометрического коэффициента установки зависимость величины УЭС почвы от глубины погружения электродов носит нелинейный характер, аппроксимируемый степенной функцией. При применении точечных электродов и формулы (3) для расчета геометрического коэффициента исключается влияние глубины погружения электродов в исследуемый объект на получаемые результаты. Таким образом, при оценке трофности почв в местах произрастания лекарственных растений возможно использование квадратной установки Г. М. Habberjam при условии применения точечных электродов и формулы (3) для расчета геометрического коэффициента.

SUMMARY

G. N. Buzuk
DETERMINATION OF SOIL
TROPHICITY BY ELECTROPHYSICAL
METHOD. MESSAGE 6. SQUARE
DEVICE, ELECTRODE DESIGN
AND GEOMETRIC COEFFICIENT
CALCULATION METHOD

The aim of this work is to study the possibility of using a square device of G. M. Habberjam to assess soil trophicity by measuring its resistivity. Significant influence of immersion depth of uninsulated electrodes in the substrate studied on the amount of specific electrical resistivity (SER) of the soil and nonlinear nature of dependence which was well approximated by the power function regardless of the method of calculating geometric coefficient of the device were established. The use of point electrodes makes it possible to adjust the influence of electrodes immersion depth in the object studied on the results of measuring electrical resistivity. This fact should be taken into account when measuring specific electrical resistivity of the soil in natural conditions. The technique

can be used to assess soil trophicity in places where medicinal plants grow.

Keywords: soil trophicity, Habberjam device, electrical resistivity, measuring electrodes, geometric coefficient.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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.
3. Поздняков, А. И. Электрофизика почв / А. И. Поздняков, А. Д. Позднякова. – Москва–Дмитров: Москов. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – 2004. – 48 с.
4. Electrical resistivity survey in soil science: a review / A. Samouëlian [et al.] // Soil and tillage research. – 2005. – Vol. 83, N 2. – P. 173–193.
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 measurement 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. Reynolds, J. M. An introduction to applied and environmental geophysics / J. M. Reynolds. – 2nd ed. – Chichester: John Wiley & Sons, 2011. – 796 p.
8. Бузук, Г. Н. Определение трофности почв электрофизическим методом. Сообщение 1. Устройство и лабораторная методика / Г. Н. Бузук // Вестн. фармации. – 2021. – № 3. – С. 32–40.
9. Бузук, Г. Н. Определение трофности почв электрофизическим методом. Сообщение 2. Конструкция электродов и способ расчета геометрического коэффициента / Г. Н. Бузук // Вестн. фармации. – 2021. – № 4. – С. 46–52.
10. Бузук, Г. Н. Определение трофности почв электрофизическим методом. Сообщение 5. Полевые испытания / Г. Н. Бузук // Вестн. фармации. – 2022. – № 2. – С. 65–76.
11. Habberjam, G. M. The use of a square configuration in resistivity prospecting / G. M. Habberjam, G. E. Watkins // Geophysical prospecting. – 1967. – Vol. 15, N 3. – P. 445–467.
12. Habberjam, G. M. The effects

of anisotropy on square array resistivity measurements / G. M. Habberjam // *Geophysical prospecting*. – 1972. – Vol. 20, N 2. – P. 249–266.

13. Lane, Jr. J. W. Use of a square array direct current resistivity method to detect fractures in crystalline bedrock in New Hampshire / Jr. J. W. Lane, F. P. Haeni, W. M. Watson // *Groundwater*. – 1995. – Vol. 33, N 3. – P. 476–485.

14. Application of cross-square array and resistivity anisotropy for fracture detection in crystalline bedrock / O. O. Bayewu [et al.] // *Arab. J. of Geosciences*. – 2016. – Vol. 9, N 4. – P. 1–16.

15. Moreira, S. S. A comparative evaluation of vertical fractures using different azimuthal electrical resistivity survey arrays / S. S. Moreira, L. A. P. Bacellar, P. R. A. Aranha // *Near Surface Geophysics*. – 2019. – Vol. 17, N 4. – P. 345–357.

16. 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.

17. Kaufhold, S. 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.

18. Edwards, L. S. A modified pseudosection for resistivity and IP / L. S. Edwards // *Geophysics*. – 1977. – Vol. 42, N 5. – P. 1020–1036.

19. Szalai, S. Depth of investigation and vertical resolution of surface geoelectric arrays / S. Szalai, A. Novák, L. Szarka // *J. of Environmental and Eng. Geophysics*. – 2009. – Vol. 14, N 1. – P. 15–23.

20. Udosen N. I. Characterization of electrical anisotropy in North Yorkshire, England using square arrays and electrical resistivity tomography N. I. Udosen, N. J. George // *Geomechanics and Geophysics for Geo-Energy and Geo-Resources*. – 2018. – Vol. 4, N 3. – P. 215–233.

REFERENCES

1. 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.)

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

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

4. 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

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

8. Buzuk GN. Determination of soil trophicity by electrophysical method. Message 1. Device and laboratory technique. *Vestn farmatsii*. 2021;(3):32–40. doi: 10.52540/2074-9457.2021.3.32. (In Russ.)

9. Buzuk GN. Determination of soil trophicity by electrophysical method. Message 2. The design of the electrodes and the method of calculating the geometric coefficient. *Vestn farmatsii*. 2021;(4):46–52. doi: 10.52540/2074-9457.2021.4.46. (In Russ.)

10. Buzuk GN. Determination of trophicity and soils by the electrophysical method. Message 5. Field trials. *Vestn farmatsii*. 2022;(2):65–76. doi: 10.52540/2074-9457.2022.2.65. (In Russ.)

11. Habberjam GM, Watkins GE. The use of a square configuration in resistivity prospecting. *Geophys Prospect*. 1967;15(3):445–67. doi: 10.1111/j.1365-2478.1967.tb01798.x

12. Habberjam GM. The effects of anisotropy on square array resistivity measurements. *Geophys Prospect*. 1972;20(2):249–66. doi: 10.1111/j.1365-2478.1972.tb00631.x

13. Lane Jr JW, Haeni FP, Watson WM. Use of a square array direct current resistivity method to detect fractures in crystalline bedrock in New Hampshire. *Groundwater*. 1995;33(3):476–85. doi: 10.1111/j.1745-6584.1995.tb00304.x

14. Bayewu OO, Oloruntola MO, Mosuro GO, Laniyan TA, Fatoba JO, Folorunso IO et al. Application of cross-square array and resistivity anisotropy for fracture detection in crystalline bedrock. *Arab J of Geosciences*. 2016;9(4):1–16. doi: 10.1007/s12517-016-2305-1

15. Moreira SS, Bacellar LAP, Aranha PRA. A comparative evaluation of vertical fractures using different azimuthal electrical resistivity survey arrays. *Near Surf Geophys*. 2019;17(4):345–57. doi: 10.1002/nsg.12047

16. 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

17. Kaufhold S, Grisseemann 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

18. Edwards LS. A modified pseudosection for resistivity and IP. *Geophysics.* 1977;42(5):1020–36. doi: 10.1190/1.1440762

19. Szalai S, Novák A, Szarka L. Depth of investigation and vertical resolution of surface geoelectric arrays. *J Environ Eng Geophys.* 2009;14(1):15–23. doi: 10.2113/JEEG14.1.15

20. Udosen NI, George NJ. Characterization of electrical anisotropy in North Yorkshire,

England using square arrays and electrical resistivity tomography. *Geomech Geophys Geo Energy Ge Resour.* 2018;4(3):215–33. doi: 10.1007/s40948-018-0087-5

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 21.09.2022 г.

УДК 615.32:615.07

DOI: <https://doi.org/10.52540/2074-9457.2022.3.29>

А. А. Осипова, А. А. Погоцкая

ОБНАРУЖЕНИЕ ПОЛИСАХАРИДНЫХ КОМПОНЕНТОВ НАДЗЕМНОЙ И ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТЕЙ ШТОК-РОЗЫ РОЗОВОЙ (ALCEA ROSEA)

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

Проведено исследование полисахаридного состава надземной (трава, цветки, стебли, листья, черешки) и подземной (корни) частей шток-розы розовой методами качественного химического анализа и тонкослойной хроматографии. В результате проведения качественных химических реакций установлено наличие полисахаридов (слизи) в траве шток-розы розовой. В ходе хроматографического изучения на хроматограммах при дневном свете обнаружены зоны адсорбции красного и коричневого цвета различной интенсивности окраски, соответствующие зонам моносахаридов (арабиноза и галактоза), содержащихся в изучаемых частях шток-розы розовой, а также неидентифицированное вещество в виде зон адсорбции оранжевого цвета. Преобладающим компонентом в надземной части растения является арабиноза, в подземной части шток-розы розовой преобладает галактоза. Различная интенсивность окраски пятен косвенно позволяет судить о различиях в количественном содержании данных компонентов в отдельных частях растения. Все части шток-розы розовой имеют в химическом составе биологически активные вещества из группы полисахаридов и, таким образом, вносят свой вклад в общее содержание данных соединений в растении, а также влияют на экономическую ценность сырья шток-розы розовой при его заготовке. В ходе сравнительного хроматографического исследования установлено сходство моносахаридного состава травы шток-розы розовой и алтея лекарственного. Полученные результаты доказывают актуальность дальнейшего исследования шток-розы розовой методами фармакогностического анализа и перспективность использования данного растения в качестве источника биологически активных веществ.

Ключевые слова: шток-роза розовая, качественный химический анализ, тонкослойная хроматография, надземная часть, подземная часть, полисахариды, моносахариды, слизи.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время значительная доля аптечного ассортимента лекарственных средств принадлежит препаратам растительного происхождения, поскольку мно-

гие потребители отдают предпочтение лечению фитопрепаратами. Это обуславливает необходимость поиска новых видов лекарственного растительного сырья и проведения его фармакогностического анализа.