

Grodnenskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta. 2016;(3):136–40. (In Russ.)

2. Kurkin VA, Avdeeva EV, Kurkina AV, Pravdivtseva OE, Braslavskii VB. Modern phytotherapy as a science and academic discipline in medical and pharmaceutical education. Meditsinskii vestnik Bashkortostana. 2016;11(5):149–52. (In Russ.)

3. Singh D, Rajput A, Bhatia A, Kumar A, Kaur H, Sharma P, et al. Plant-based polysaccharides and their health functions. Functional Foods in Health and Disease. 2021;11(4):179–200. doi: 10.31989/ffhd.v11i5.773

4. Govindarajan S, Noor A. Biological Activities of Plant Polysaccharides, Mechanism of Action and Biomedical Applications. Res J Biotechnol. 2021;16(7): 255–72. doi: 10.25303/167rjbt25521

5. Dong X, Zhou M, Li Y, Li Y, Ji H, Hu Q. Cardiovascular Protective Effects of Plant Polysaccharides: A review. Front Pharmacol. 2021. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/pharmacology/articles/10.3389/fphar.2021.783641/full> (date of access: 30.05.2025)

6. Bai L, Xu D, Zhou YM, Zhang YB, Zhang H, Chen YB, et al. Antioxidant Activities of Natural Polysaccharides and Their Derivatives for Biomedical and Medicinal Applications. Antioxidants (Basel). 2022;11(12):2491. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3921/11/12/2491> (date of access: 01.06.2025)

7. Mohammed ASA, Naveed M, Jost N. Polysaccharides; Classification, Chemical Properties, and Future Perspective Applications in Fields of Pharmacology and Biological Medicine (A Review of Current Applications and Upcoming Potentialities). J Polym Environ. 2021;29:2359–71. doi: 10.1007/s10924-021-02052-2. URL: [https://](https://link.springer.com/article/10.1007/s10924-021-02052-2#citeas)

link.springer.com/article/10.1007/s10924-021-02052-2#citeas (date of access: 01.06.2025)

8. Tsentr ekspertiz i ispytaniy v zdavookhraneni. State Register of Medicines of the Republic of Belarus. URL: <https://www.rceth.by/Refbank/> (data obrashcheniia: 04.06.2025). (In Russ.)

9. Shakuro NF. Content analysis of the production of herbal preparations based on polysaccharides. Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Serii: Khimicheskie tekhnologii, biotekhnologii, geokologii. 2024;(2):20–8. doi: 10.52065/2520-2669-2024-283-3. (In Russ.)

10. Ministerstvo zdavookhraneniia Respubliki Belarus', Tsentr ekspertiz i ispytaniy v zdavookhraneni. State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus: v 2 t. T. 2, Quality control of substances for pharmaceutical use and medicinal herbal raw materials. Marchenko SI, redactor. Molodechno, RB: Pobeda; 2016. 1368 s. (In Russ.)

11. Ministerstvo zdavookhraneniia Respubliki Belarus', Tsentr ekspertiz i ispytaniy v zdavookhraneni. State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus: v 2 t. T. 1, General methods of quality control of medicines. Sheriakov AA, redactor. Molodechno, RB: Pobeda; 2012. 1220 s. (In Russ.)

Адрес для корреспонденции:

210009, Республика Беларусь,

г. Витебск, пр. Фрунзе, 27,

УО «Витебский государственный ордена

Дружбы народов медицинский университет»,

кафедра фармакогнозии и ботаники,

e-mail: gnozia20vgtu@mail.ru,

Осипова А. А.

Поступила 05.06.2025 г.

УДК 631.4:544.623

DOI: <https://doi.org/10.52540/2074-9457.2025.2.41>

Г. Н. Бузук

МЕТОД ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ/ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЧВ

г. Витебск, Республика Беларусь

Представлен новый метод калибровки и обработки данных по электросопротивлению почв, полученных с использованием квадратной установки и неизолированных электродов. Метод основан на впервые выявленной линейной зависимости между глубиной погружения электродов в калибровочный раствор 0,001 М калия хлорида и геометрическим коэффициентом установки. Аппроксимация зависимости с помощью линейной регрессии позволяет оперативно рассчитывать актуальные значения геометрического коэффициента для различных субстратов, включая почву и водные экстракты. Разработано устройство для контролируемого заглубления электродов, обеспечивающее вос-

производимость измерений и снижение экспериментальных погрешностей. Предложенный подход открывает новые перспективы для стандартизации методики в почвенных и агрохимических исследованиях.

Такие измерения электросопротивления могут служить индикатором специфических условий местообитаний, способствующих формированию уникальных фитохимических профилей и адаптивных стратегий лекарственных растений.

Ключевые слова: электросопротивление почвы, геометрический коэффициент, квадратная установка, неизолированные электроды, линейная регрессия, калибровочный раствор 0,001 М калия хлорида, контролируемое заглубление, почвенный экстракт, методика измерений.

ВВЕДЕНИЕ

Электропроводность/электросопротивление почвы является ее фундаментальным свойством, полифункциональным по своей природе. Электропроводность/электросопротивление почвы зависит от многих факторов, в том числе таких как влажность, пористость, гранулометрический состав (текстура), емкость катионного обмена (ЕКО), содержание в почве элементов минерального питания, органических веществ и др., определяющих трофность почвы и, в итоге, ее плодородие [1–12].

Определение электрофизических свойств почвы, таких как электропроводность/электросопротивление, может использоваться в качестве косвенного метода оценки ее реального и потенциального плодородия. Привлекательной стороной

электрофизических методов являются их неразрушающий характер, экспрессность, малая стоимость и возможность проведения повторных измерений в одном и том же месте. Для определения электропроводности/электросопротивления используются различные установки [13].

В почвоведении они пришли из геофизики, где применяются в поиске полезных ископаемых. Для определения электропроводности/электросопротивления почвы наиболее часто применяются четырехэлектродные установки, два электрода которых являются токовыми (А, В или C_1 , C_2), а два других – измерительными (М, N или P_1 , P_2), на которых регистрируется падение напряжения (рисунки 1–3). Использование четырехэлектродной установки позволяет минимизировать влияние контактного сопротивления между электродами и почвой.

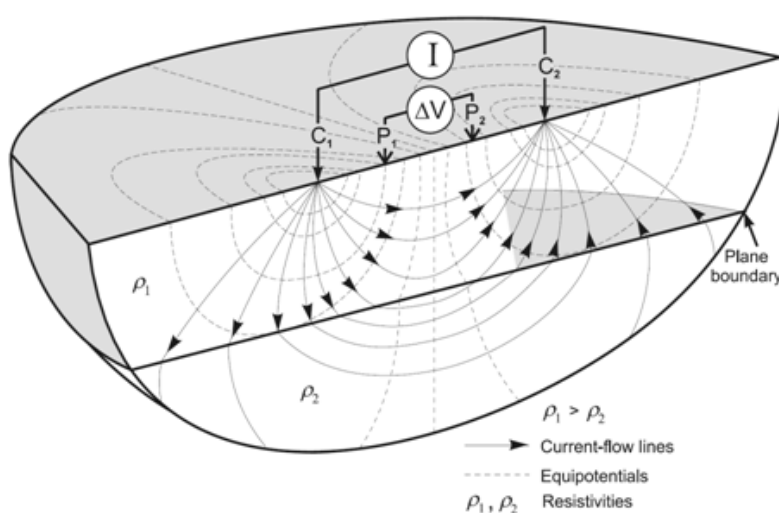


Рисунок 1. – Схема измерения электросопротивления четырехэлектродной установкой [14]

При определении удельного электросопротивления почвы с использованием четырехэлектродной установки электроды размещаются на поверхности почвы –

на границе между диэлектрической средой (воздухом) и проводящей средой (почвой), благодаря наличию влаги, ионов и минеральных частиц. Такое расположение

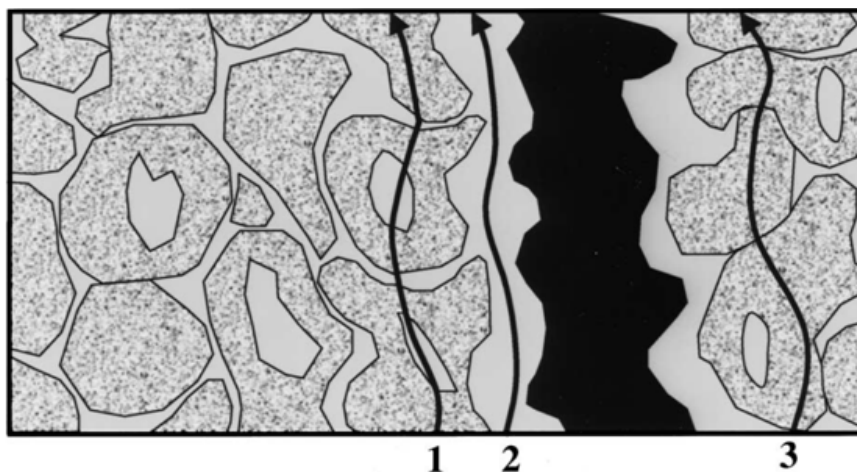


Рисунок 2. – Пути прохождения тока в почве

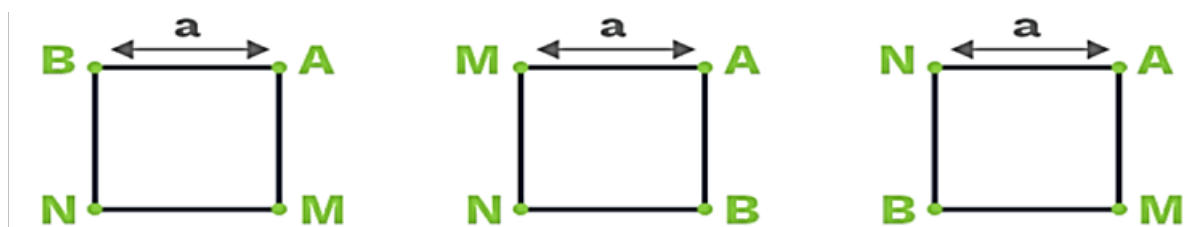


Рисунок 3. – Схема квадратной установки G. M. Habberjam

обусловлено как физическими, так и математическими соображениями. С точки зрения физики, ток распространяется от электродов в проводящую среду, минуя воздух, который практически не проводит ток. С точки зрения теории, поверхность почвы представляет собой граничную плоскость, на которой задаются условия для решения уравнений электростатического поля. Это упрощает расчеты и позволяет использовать аналитические модели, такие как модель точечного источника в полупространстве.

В электрических измерениях свойств почв с использованием метода четырехэлектродного зондирования (например, методом Веннера или Шлюмберже) принято предполагать, что электроды являются точечными, а их контакт с почвой ограничен малой площадью. Однако на практике электроды нередко имеют протяженный контакт с почвой вдоль всей своей длины. Это связано с необходимостью заглубления электродов на 5–7 см в почву для обеспечения хорошего контакта со средой.

В этом случае распределение электрического потенциала в окрестности электродов существенно отличается от классического случая с точечными ис-

точниками тока, особенно когда межэлектродное расстояние и заглубление имеют близкие величины. Это приводит к изменению геометрического коэффициента измерения, который зависит не только от расстояния между электродами, но и от их формы, размеров и глубины заглубления в субстрат. Заглубление электродов приводит к трехмерному распределению электрического поля, отличному от классической модели. В результате аналитическое описание электрического поля становится затруднительным, а традиционные формулы для расчета удельного электрического сопротивления почвы теряют точность. Классическая теория точечного источника становится недостаточной.

Для более точной оценки геометрического коэффициента в условиях протяженных (голых) электродов применяют численные методы моделирования, такие как конечные элементы (FEM) и конечные разности (FDM), реализованные в специализированных программных комплексах, например, COMSOL Multiphysics, ANSYS Maxwell, EIDORS и др. [15–18]. Эти подходы позволяют учитывать сложную геометрию электродов, неоднородность почвенного слоя и граничные условия, что

особенно важно при инженерно-геофизических изысканиях, эколого-агрохимическом мониторинге и других прикладных задачах.

В настоящее время имеются модели и формулы расчета геометрического коэффициента для заглубленных точечных электродов, которые связывают измеренное сопротивление (R, Ω) с удельным сопротивлением ($ER, \Omega \cdot m$). Наиболее распространен расчет геометрического коэффициента (K) по формуле Веннера [19]. Однако она предложена для точечных электродов, которые погружаются в почву на разную глубину и контактируют с ней только кончиками.

В большинстве практических случаев исследователи и инженеры ограничиваются применением эмпирических зависимостей, устанавливающих связь между электропроводностью (или удельным сопротивлением) почвы и ее физико-химическими характеристиками. Среди таких параметров – гранулометрический состав (содержание песка, пыли, глины), содержание органического вещества, уровень влажности, концентрации растворенных солей, а также содержание макро- и микроэлементов [20–26]. Такие зависимости активно используются в агрономии, почвоведении и экологическом мониторинге, позволяя оперативно оценивать состояние почвенных систем без необходимости в сложном численном моделировании.

Основной путь электрической проводимости – соли, растворенные в почвенной воде, которая заполняет поры. Измерение объемной электропроводности связано с содержанием солей и обусловлено ионной проводимостью жидкой фазы. Существует также поверхностная проводимость, связанная с движением ионов в двойном электрическом слое на поверхности частиц глинистых минералов и органики, а третий путь – через контакт между частицами. Основными являются первые два пути. Модель, описывающая эти механизмы, предложена J. D. Rhoades и др. [27–32].

Ранее нами неоднократно как в лабораторных, так и в полевых экспериментах было показано, что при использовании голых электродов электросопротивление как водных экстрактов почвы, так и самой почвы – как нарушенного, так и ненарушенного строения – последовательно уменьшается с увеличением глубины погруже-

ния электродов в исследуемый объект. Зависимость между глубиной погружения электродов и сопротивлением носит монотонный характер и хорошо аппроксимируется нелинейной степенной или экспоненциальной функциями [33–41].

Целью настоящей работы явились разработка и совершенствование новых способов калибровки и обработки данных по электросопротивлению почв, полученных с помощью квадратной установки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для измерения электрического сопротивления почвы использовали 4-электродную квадратную AMNB установку G. M. Habberjam [42, 43]. Расстояние между электродами (a) составляло 15 мм. Общая длина электродов составляла от 90 до 130 мм, диаметр – 2–3 мм.

Измерение электрических параметров осуществляли с использованием регистрирующих устройств, характеристики которых приведены в работах [33–41], а также специально сконструированной установки, позволяющей точно контролировать глубину погружения электродов в почву или раствор (рисунок 4). Для калибровки использовали 0,001 М водный раствор калия хлорида (таблица 1).



Рисунок 4. – Устройство для контролируемого погружения электродов в почвенный экстракт и почву

Таблица 1. – Электропроводность/электросопротивление водного раствора калия хлорида при различных температурах и концентрациях (адаптировано из [44])

T°С	0,01 М мкСм/см	0,01 М мСм/см	0,01 М См/м	0,01 М Ом·м	0,001 М мкСм/см	0,001 М мСм/см	0,001 М См/м	0,001 М Ом·м
0	822	0,82	8,22	12,17	82,1	0,08	0,82	121,80
5	941	0,94	9,41	10,63	93,9	0,09	0,94	106,50
10	1060	1,06	10,6	9,43	106,4	0,11	1,06	93,98
15	1189	1,19	11,89	8,41	119,7	0,12	1,20	83,54
20	1319	1,32	13,19	7,58	133,3	0,13	1,33	75,02
25	1450	1,45	14,5	6,90	147,1	0,15	1,47	68,03
30	1581	1,58	15,81	6,33	160,9	0,16	1,61	62,15
35	1713	1,71	17,13	5,84	175,1	0,18	1,75	57,11
40	1846	1,85	18,46	5,42	189,5	0,19	1,90	52,77
45	1980	1,98	19,8	5,05	204,1	0,20	2,04	49,02
50	2114	2,11	21,14	4,73	218,5	0,22	2,19	45,77

Для малоинвазивного отбора почвенных проб использовали предложенное нами ранее и усовершенствованное устройство на основе спирального бура [36].

Для определения электросопротивления во флаконы с крышками емкостью 100 мл вносили по 40–50 г сухой почвы, просеянной через сито с отверстиями 0,5 мм и по каплям увлажняли водой очищенной до полного пропитывания слоя и образования зеркала воды на поверхности. Насыщение почвы водой позволяет нивелировать влияние влажности на электросопротивление. Количество воды, необходимое для пропитывания почвы, находилось в диапазоне полной влагоемкости типов почв (15–25%).

Для удаления заземленного между частичками почвы воздуха флаконы дополнительно вакуумировали. Затем пробы выдерживали для наступления равновесия в течение 10–12 часов, измеряли высоту слоя (h, мм) набухшей почвы, а потом с помощью установки (рисунок 4) измеряли электросопротивление (R, Ω), погружая электроды до дна флакона.

Для определения электросопротивления почвенного раствора во флаконы добавляли 1–2,5 объема (по отношению к объему почвы) воды очищенной, перемешивали 2–3 мин и настаивали в течение 10–12 часов для наступления равновесия [45].

Экстракция солей из почвы водой в соотношениях 1 : 1 ÷ 1 : 5 является стандартной процедурой при определении засоления почв электрометрическим методом по электропроводности или электросопротивлению [46–55].

Замеряли и рассчитывали удельное электросопротивление водного извлечения из почвы (1 : 2,5), погружая электроды в экстракт на глубину примерно равную 2a (25–30 мм).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные по влиянию заглубления неизолированных электродов в 0,001 М водный раствор калия хлорида на электросопротивление и электропроводность представлены на рисунке 5.

Как видно из рисунка 5А, по мере погружения электродов в калибровочный раствор электросопротивление монотонно убывает по экспоненте, что нами неоднократно наблюдалось ранее [33–41]. Однако зависимость становится линейной для электропроводности, которая является производной от сопротивления – $EC = 1/R$ (рисунок 5Б). Ошибка измерения, выраженная через стандартное отклонение (std), резко снижается при достижении заглубления электродов на величину 2a и более (a – межэлектродное расстояние равное 15 мм) (рисунок 6). Поэтому во всех дальнейших исследованиях глубина погружения электродов в исследуемый субстрат была близкой к 2a (~30 мм).

Подобно линейной зависимости электропроводности от глубины погружения неизолированных электродов в 0,001 М раствор калия хлорида (рисунок 5), такая же линейная зависимость характерна и для геометрического коэффициента (рисунок 7).

Это позволило нам рассчитать скорректированный (изменяющийся) геометрический коэффициент для различных

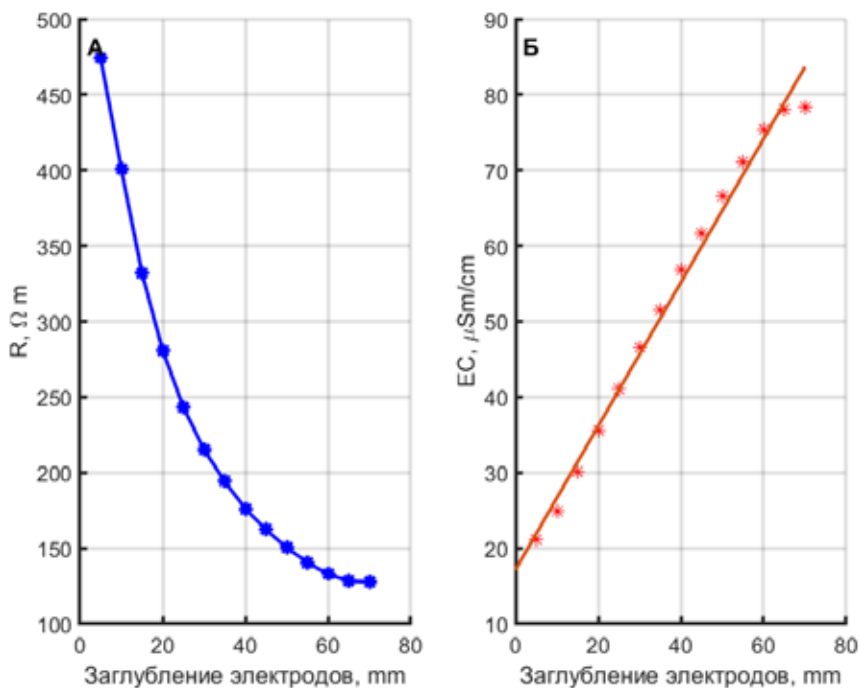


Рисунок 5. – Зависимость электросопротивления (R) и проводимости (EC) от глубины погружения неизолированных электродов в 0,001 М раствор калия хлорида

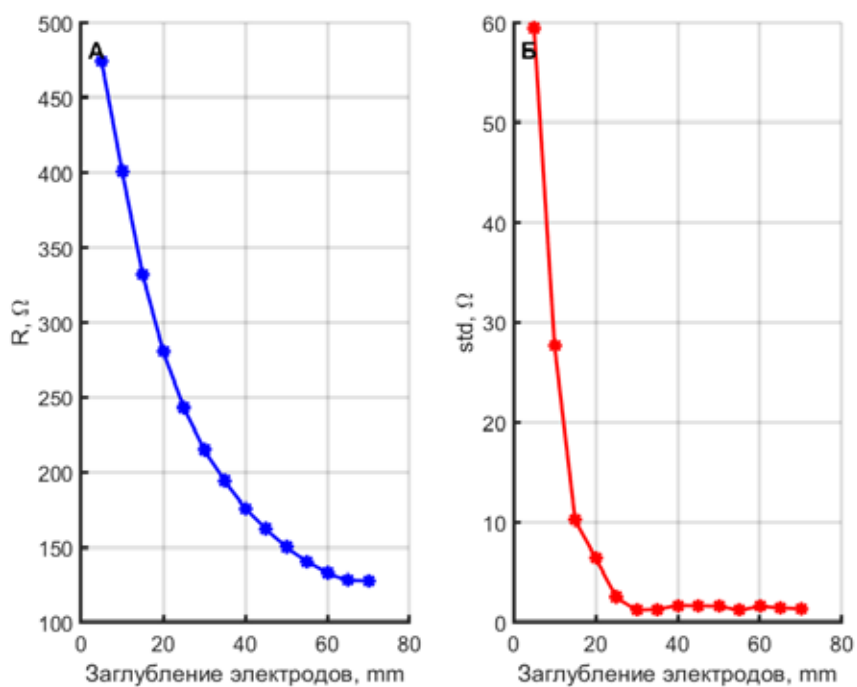


Рисунок 6. – Зависимость электросопротивления (R) и стандартного отклонения (std) от глубины погружения неизолированных электродов в 0,001 М раствор калия хлорида

заглублений электродов (z). Расчет проводили в следующем порядке. Сначала рассчитывался геометрический коэффициент (k) по формуле (1):

$$k = ER_{st} / R_{st}, \quad (1)$$

где ER_{st} – удельное электросопротивление стандартного 0,001 раствора калия хлорида при температуре 20 °С (таблица 1), R_{st} – электросопротивление стандартного 0,001 раствора калия хлорида при различных заглублениях электродов (z).

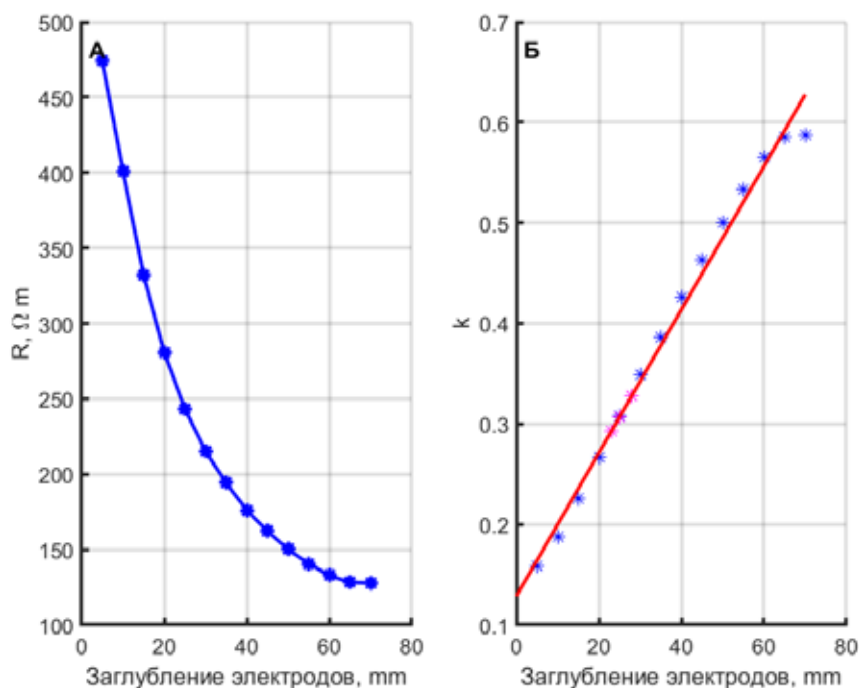


Рисунок 7. – Зависимость электросопротивления (R) и геометрического коэффициента (k) от глубины погружения неизолированных электродов в 0,001 М раствор калия хлорида

На основании полученных данных было рассчитано уравнение линейной регрессии вида $y = bx + a$, описывающее зависимость геометрического коэффициента k от глубины заглубления электродов z .

Далее, подставляя в уравнение заглубление (h) для опытных почв или водного экстракта, из нее получали текущий геометрический коэффициент (k) для данного заглубления h . Затем рассчитывали удельные сопротивления ER_x , используя формулу (2):

$$ER_x = k \cdot R_x, \quad (2)$$

где R_x – электросопротивление опытных почв или экстрактов (Ω);

k – текущий геометрический коэффициент.

Для конверсии удельного сопротивления в удельную электропроводность ES_x применяли формулу (3):

$$ES_x = (1/R_x) \cdot 10000, \quad (3)$$

где ES_x – удельная электропроводность, $\mu S/m/cm$;

R_x – удельное сопротивление, $\Omega \cdot m$.

Более точная корректировка влияния

температуры на удельную электропроводность/сопротивление может быть достигнута с помощью уравнения (4):

$$ES_{25} = ES_T / (1 + \alpha(T - 25)), \quad (4)$$

где ES_T – удельная проводимость при температуре T ;

ES_{25} – удельная проводимость при температуре $25^\circ C$;

α – температурный коэффициент – 0,02.

В качестве иллюстрации применения предложенного подхода представлены предварительные данные, полученные при анализе песчаных и супесчаных почв, сформированных в различных фитоценозах. Результаты приведены в таблице 2. Как следует из таблицы 2, удельное сопротивление почв закономерно снижается в следующем порядке: сосняк мшистый < лиственный лес < агроценоз (поле под клевером). Электропроводность, напротив, демонстрирует обратную тенденцию – ее значения возрастают в том же порядке.

Сходная картина наблюдается и для водных экстрактов почв: минимальные значения электросопротивления и максимальные значения электропроводности – как у самой почвы, так и у ее водного экстракта – зафиксированы для агроценоза.

Таблица 2. – Удельные электропроводность и электросопротивление почв и их водных экстрактов из различных фитоценозов

Почва, фитоценоз	Почва			Экстракт почвы		
	R, Ω	ER, Ω·m	EC, μSm/m	R, Ω	ER, Ω·m	EC, μSm/m
Супесчаная, сосняк мшистый	1082	317	32	564	165	61
Супесчаная, агроценоз	180	55	181	108	33	302
Серая лесная, лиственный лес	353	116	86	335	110	91

Это закономерно, поскольку в почвы агроценоза регулярно вносятся удобрения, способствующие увеличению концентрации растворенных солей.

Полученные результаты находятся в согласии с устоявшимися представлениями о взаимосвязи электрофизических свойств почв с их уровнем плодородия [56–59].

Значения удельного электросопротивления и электропроводности могут служить косвенными индикаторами уровня минеральных элементов, степени глинистости и содержания органического вещества в почве. Однако для получения точной количественной оценки этих параметров необходим классический химический анализ, позволяющий подтвердить и уточнить интерпретацию электрофизических данных.

Данные об удельном электросопротивлении и электропроводности почв представляют собой важный инструмент для анализа их пространственной неоднородности. Эти параметры позволяют выявлять различия в физико-химических свойствах субстрата, косвенно отражающих водный режим, содержание растворенных солей, структуру и степень увлажненности. В контексте экологии лекарственных растений такие измерения могут служить индикаторами специфических условий местообитаний, способствующих формированию уникальных фитохимических профилей и адаптивных стратегий. Таким образом, электрофизические характеристики почвы могут быть использованы как косвенные маркеры экологической пригодности территорий для произрастания ценных лекарственных видов и оценки их фитохимических оптимумов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе представлен оригинальный метод калибровки и обработки данных по электросопротивлению почв, полученных с использованием квадратной установки и неизолированных (голых)

электродов. Ключевым элементом методики является впервые выявленная нами линейная зависимость между глубиной погружения электродов в калибровочный раствор 0,001 М калия хлорида и соответствующим геометрическим коэффициентом установки. Эта зависимость с высокой степенью достоверности аппроксимируется с помощью линейной регрессии, параметры которой позволяют оперативно и точно определять актуальные значения геометрического коэффициента при работе с различными субстратами – от минеральных почв до водных экстрактов.

Для обеспечения воспроизводимости измерений и минимизации погрешностей предложено специализированное устройство, обеспечивающее контролируемое и стабильное заглубление электродов в исследуемую среду. Это решение существенно упрощает лабораторные процедуры, повышает точность получаемых данных и открывает возможности для стандартизации методики в рамках почвенно-экологических и агрохимических исследований.

SUMMARY

G. N. Buzuk

METHOD OF VARIABLE GEOMETRY FACTOR IN SOIL ELECTRICAL CONDUCTIVITY/RESISTIVITY DETERMINATION

A novel method for calibrating and processing soil electrical resistivity data has been developed using a square electrode configuration with non-insulated (bare) electrodes. The method is based on a newly identified linear relationship between electrode immersion depth in a 0.001 M potassium chloride (KCl) calibration solution and the geometric factor of the configuration. This dependence approximation using linear regression allows to calculate topical data of the geometric factor for various substrates including soils and aqueous extracts. A device for controlled electrode immersion providing measurements

reproducibility and reduction of experimental errors has been designed. The proposed approach opens up new prospects for standardizing the methodology in soil and agrochemical research.

Such measurements of electrical resistivity can serve as an indicator of specific habitat conditions contributing to the formation of unique phytochemical profiles and adaptive strategies of medicinal plants.

Keywords: soil electrical resistivity, geometric factor, square electrode configuration, bare electrodes, linear regression, calibration solution, potassium chloride (KCl), controlled immersion, soil extract, measurement methodology.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поздняков, А. И. Электрофизика почв / А. И. Поздняков, А. Д. Позднякова. – Москва-Дмитров : Изд-во Московского гос. ун-та, 2004. – 48 с.
2. Поздняков, А. И. Электрофизические свойства некоторых почв / А. И. Поздняков, Ч. Г. Гюлалиев. – Москва-Баку : Адильоглы, 2004. – 240 с.
3. Поздняков, А. И. Полевая электрофизика в почвоведении, мелиорации и земледелии / А. И. Поздняков, Н. Г. Ковалёв, А. Д. Позднякова. – Тверь : ЧуДо, 2002. – 257 с.
4. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 416 с.
5. Relationship between apparent electrical conductivity and soil physical properties in a Malaysian paddy field / A. Gholizadeh, M. S. M. Amin, A. R. Anuar, A. Wayayok // Archives of agronomy and soil science. – 2012. – Vol. 58, N 2. – P. 155–168. – DOI: 10.1080/03650340.2010.509132.
6. Corwin, D. L. Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity: Part II. Case study / D. L. Corwin, S. M. Lesch // Computers and electronics in agriculture. – 2005. – Vol. 46, N 1/3. – P. 135–152. – DOI: 10.1016/j.compag.2004.11.003.
7. Lund, E. D. Practical applications of soil electrical conductivity mapping / E. D. Lund, C. D. Christy, P. E. Drummond // Precision agriculture / ed. J. V. Stafford. – Sheffield : Sheffield Academic Press, 1999. – P. 771–779.
8. 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. – DOI: 10.1016/j.compag.2004.11.001.
9. Electrical resistivity survey in soil science: a review / A. Samouëlian, I. Cousin, A. Tabbagh [et al.] // Soil and tillage research. – 2005. – Vol. 83, N 2. – P. 173–193. – DOI: 10.1016/j.still.2004.10.004.
10. Reynolds, J. M. An introduction to applied and environmental geophysics / J. M. Reynolds. – Chichester : John Wiley & Sons, 2011. – 696 p.
11. The geophysical toolbox applied to forest ecosystems—A review / B. Loiseau, S. D. Carrière, D. Jougnot [et al.] // Science of the total environment. – 2023. – Vol. 899. – P. 165503. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.165503.
12. Handbook of agricultural geophysics / ed.: B. J. Allred, J. J. Daniels, M. R. Ehsani. – Boca Raton : Taylor & Francis Group, 2008. – 410 p.
13. Szalai, S. On the classification of surface geoelectric arrays / S. Szalai, L. Szarka // Geophysical prospecting. – 2008. – Vol. 56, N 2. – P. 159–175. – DOI: 10.1111/j.1365-2478.2007.00673.x.
14. Seidel, K. Direct current resistivity methods / K. Seidel, G. Lange // Environmental geology: Handbook of field methods and case studies. – Berlin : Springer, 2007. – P. 205–237.
15. COMSOL Multiphysics : Reference Manual. – Burlington : COMSOL Inc., 2024. – URL: COMSOL Multiphysics Reference Manual 6.2 (date of access: 24.08.2025).
16. Lee, H. H. Finite element simulations with ANSYS workbench 2019 / H. H. Lee. – Tainan : SDC publications, 2019. – URL: https://books.google.com/books?hl=ru&lr=&id=QPqCDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP3&dq=Ansys+Meshing+User%27s+Guide&ots=5T3OjjZlyH&sig=dvo8yVIOHuDB_jKXOSSmn_HnNMg (date of access: 24.05.2025).
17. Adler, A. EIDORS: An open-source software for electrical impedance tomography / A. Adler, W. R. B. Lionheart // Physiological measurement. – 2006. – Vol. 27, N 5. – P. S25–S42. – DOI: 10.1088/0967-3334/27/5/S03.
18. Griffiths, D. H. Two-dimensional resistivity imaging and modeling in areas of complex geology / D. H. Griffiths, R. D. Barker // Journal of applied geophysics. – 1993. – Vol. 29, N 3/4. – P. 211–226. – DOI: 10.1016/0926-9851(93)90005-J.
19. 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.
20. A review on physico-chemical properties of soil / S. S. Kekane, R. P. Chavan, D. N. Shinde [et al.] // International journal of chemical studies. – 2015. – Vol. 3, N 4. – P. 29–32.
21. Corwin, D. L. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture / D. L. Corwin, S. M. Lesch // Computers and electronics in agriculture. – 2005. – Vol. 46, N 1/3. – P. 11–43. – DOI: 10.1016/j.compag.2004.10.005.
22. Challenges in mapping soil variability using apparent soil electrical conductivity under heterogeneous topographic conditions / I. M. Kulmány, L. Bede, D. Stencinger [et al.] // Agronomy. – 2024. – Vol. 14, N 6. – P. 1–16. – DOI: 10.3390/agronomy14061161.

23. Corwin, D. L. Applications of apparent soil electrical conductivity in precision agriculture / D. L. Corwin, R. E. Plant // Computers and electronics in agriculture. – 2005. – Vol. 46, N 1/3. – P. 1–10. – DOI: 10.1016/j.compag.2004.10.004.
24. McNeill, J. D. Electromagnetic terrain conductivity measurement at low induction numbers : Technical Note TN-6 / J. D. McNeill. – Mississauga : Geonics Limited, 1980. – 15 p.
25. Sheets, K. R. Noninvasive soil water content measurement using electromagnetic induction / K. R. Sheets, J. M. H. Hendrickx // Water resources research. – 1995. – Vol. 31, N10. – P. 2401–2409. – DOI: 10.1029/95WR01949.
26. Topp, G. C. Measurement of soil water content using time-domain reflectometry (TDR): a field evaluation / G. C. Topp, J. L. Davis // Soil Science Society of America Journal. – 1985. – Vol. 49, N 1. – P. 19–24. – DOI: 10.2136/SSSAJ1985.03615995004900010003X.
27. Soil electrical conductivity and soil salinity: New formulations and calibrations / J. D. Rhoades, N. A. Manteghi, P. J. Shouse, W. J. Alves // Soil Science Society of America journal. – 1989. – Vol. 53. – P. 433–439.
28. Corwin, D. L. Field-scale apparent soil electrical conductivity / D. L. Corwin, E. Scudiero // Soil Science Society of America journal. – 2020. – Vol. 84, N 5. – P. 1405–1441. – DOI: 10.1002/saj2.20153.
29. Corwin, D. L. An improved method for estimating soil salinity from soil electrical conductivity / D. L. Corwin, J. D. Rhoades // Soil Science Society of America Journal. – 1982. – Vol. 46, N 6. – P. 1217–1221.
30. Corwin, D. L. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines / D. L. Corwin, S. M. Lesch // Agronomy Journal. – 2003. – Vol. 95, N 3. – P. 455–471.
31. Ayars, J. E. Salinity management / J. E. Ayars, D. L. Corwin // Microirrigation for Crop Production / ed.: E. Ayars, D. Zaccaria, K. M. Bali. – 2nd ed. – [place unknown] : Elsevier Science, 2024. – P. 133–155.
32. Rhoades, J. D. Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity / J. D. Rhoades // Advances in Agronomy. – 1993. – Vol. 49. – P. 201–251. – DOI: 10.1016/S0065-2113(08)60795-6.
33. Бузук, Г. Н. Определение трофности почв электрофизическим методом. Сообщение 1. Устройство и лабораторная методика / Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2021. – № 3. – С. 32–40. – DOI: 10.52540/2074-9457.2021.3.32.
34. Бузук, Г. Н. Определение трофности почв электрофизическим методом. Сообщение 2. Конструкция электродов и способ расчета геометрического коэффициента / Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2021. – № 4. – С. 46–52. – DOI: 10.52540/2074-9457.2021.4.46.
35. Бузук, Г. Н. Определение трофности почв электрофизическим методом. Сообщение 3. Корректировка влияния влажности / Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2021. – № 4. – С. 74–84. – DOI: 10.52540/2074-9457.2021.4.74.
36. Бузук, Г. Н. Определение трофности почв электрофизическим методом. Сообщение 4. Почвенная матрица / Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2022. – № 1. – С. 56–62. – DOI: 10.52540/2074-9457.2022.1.56.
37. Бузук, Г. Н. Определение трофности почв электрофизическим методом. Сообщение 5. Полевые испытания / Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2022. – № 2. – С. 65–76. – DOI: 10.52540/2074-9457.2022.2.65.
38. Бузук, Г. Н. Определение трофности почв электрофизическим методом. Сообщение 6. Квадратная установка, конструкция электродов и способ расчета геометрического коэффициента / Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2022. – № 3. – С. 23–29. – DOI: 10.52540/2074-9457.2022.3.23.
39. Бузук, Г. Н. Определение трофности почв электрофизическим методом. Сообщение 7. Новое в технике измерений и расчетов / Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2024. – № 2. – С. 31–41. – DOI: 10.52540/2074-9457.2024.2.31.
40. Бузук, Г. Н. Определение трофности почв электрофизическим методом. Сообщение 8. Полевые испытания с квадратной установкой / Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2024. – № 4. – С. 44–54. – DOI: 10.52540/2074-9457.2024.4.44.
41. Бузук, Г. Н. Определение трофности почв электрофизическим методом. Сообщение 9. От линеаризации к экспоненциальной регрессии и корректировке влажности / Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2025. – № 1. – С. 58–69. – DOI: 10.52540/2074-9457.2025.1.58.
42. 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. – DOI: 10.1111/j.1365-2478.1967.tb01798.x.
43. 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. – DOI: 10.1111/j.1365-2478.1972.tb00631.x.
44. Wu, Y. C. Proposed new electrolytic conductivity primary standards for KCl solutions / Y. C. Wu, W. F. Koch, K. W. Pratt // Journal of research of the National Institute of Standards and Technology. – 1991. – Vol. 96, N 2. – P. 191–201. – DOI: 10.6028/jres.096.008.
45. Effects of equilibrium time on electrical conductivity measurements using soil-water extracts and soil saturated paste / B. S. Seo, K. S. Lee, Y. J. Leong, W. J. Choi // Korean journal of soil science and fertilizer. – 2021. – Vol. 54, N 2. –

- P.257–263. – DOI: 10.7745/KJSSF.2021.54.2.257.
46. Aboukila, E. Assessment of saturated soil paste salinity from 1:2.5 and 1:5 soil-water extracts for coarse textured soils / E. Aboukila, E. F. Abdelaty // Alexandria Science Exchange journal. – 2017. – Vol. 38, N 4. – P. 722–732. – DOI: 10.21608/ASEJAIQJSAE.2017.4181.
47. Aboukila, E. F. Estimation of saturated soil paste salinity from soil-water extracts / E. F. Aboukila, J. B. Norton // Soil science. – 2017. – Vol. 182, N 3. – P. 107–113. – DOI: 10.1097/SS.0000000000000197.
48. Evaluation of 1:5 soil to water extract electrical conductivity methods / Y. He, T. De-Sutter, L. Prunty [et al.] // Geoderma. – 2012. – Vol. 185. – P. 12–17. – DOI: 10.1016/j.geoderma.2012.03.022.
49. Kargas, G. Comparison of soil EC values from methods based on 1:1 and 1:5 soils to water ratios and ECe from saturated paste extract-based method / G. Kargas, P. Londra, A. Sgoubopoulou // Water. – 2020. – Vol. 12, N 4. – P. 1–12. – DOI: 10.3390/w12041010.
50. Kargas, G. The effect of soil texture on the conversion factor of 1:5 soil/water extract electrical conductivity (EC 1:5) to soil saturated paste extract electrical conductivity (ECe) / G. Kargas, P. Londra, K. Sotirakoglou // Water. – 2022. – Vol. 14, N 4. – P. 1–10. – DOI: 10.3390/w14040642.
51. An Investigation of the relationship between the electrical conductivity of the soil saturated paste extract ECe with the respective values of the mass soil/water ratios 1:1 and 1:5 (EC1:1 and EC1:5) / G. Kargas, I. Chatzigiakoumis, A. Kollias [et al.] // Proceedings (MDPI). – 2018. – Vol. 2, N 11. – P. 1–8. – DOI: 10.3390/proceedings2110661.
52. Evaluation and analysis of different regression models for estimation of ECe from EC1:5—With a case study from Buin-Zahra, Iran / M. Hassannia, B. Nazari, A. Kavani, A. Sotodehnia // Irrigation and drainage. – 2020. – Vol. 69, N 5. – P. 1192–1203. – DOI: 10.1002/ird.2488.
53. Modeling the electrical conductivity relationship between saturated paste extract and 1:2.5 dilution in different soil textural classes / M. M. Omar, M. Shitindi, B. H. J. Massawe [et al.] // Frontiers in soil science. – 2024. – Vol. 4. – P. 1–10. – DOI: 10.3389/fsoil.2024.1421661.
54. Spiteri, K. Estimating the electrical conductivity of a saturated soil paste extract (ECe) from 1:1 (EC1:1), 1:2 (EC1:2) and 1:5 (EC1:5) soil: water suspension ratios, in calcareous soils from the Mediterranean Islands of Malta / K. Spiteri, A. T. Sacco // Communications in soil science and plant analysis. – 2024. – Vol. 55, N 9. – P. 1302–1312. – DOI: 10.1080/00103624.2024.2304636.
55. Correlation between electrical conductivity in saturated paste extracts and different diluted extracts (1/2.5, 1/5) of coarse-textured soils / D. Bakhti, M. Oustani, M. T. Halilat [et al.] // Journal of agriculture and applied biology. – 2024. – Vol. 5, N 1. – P. 18–34. – DOI: 10.11594/jaab.05.01.02.
56. Березин, Л. В. Лесное почвоведение / Л. В. Березин, Л. О. Карпачевский. – Омск : Омский гос. аграрный ун-т, 2009. – 360 с.
57. Карпачевский, Л. О. Курс лесного почвоведения / Л. О. Карпачевский, Ю. Н. Ашинов, Л. В. Березин. – Майкоп : Фякс, 2009. – 345 с.
58. Ремезов, Н. П. Лесное почвоведение / Н. П. Ремезов, П. С. Погребняк. – Москва : Лесная пром-сть, 1965. – 324 с.
59. Погребняк, П. С. Основы лесной типологии / П. С. Погребняк. – Киев : Изд-во Акад. наук УкрССР, 1953. – 455 с.

REFERENCES

1. Pozdniakov AI, Pozdniakova AD. Electrophysics of soils. Moskva-Dmitrov, RF: Izd-vo Moskovskogo gos un-ta; 2004. 48 s. (In Russ.)
2. Pozdniakov AI, Giulalyev ChG. Electrophysical properties of some soils. Moskva-Baku, RF, Azerbaidzhan: Adil'ogly; 2004. 240 s. (In Russ.)
3. Pozdniakov AI, Kovalev NG, Pozdniakova AD. Field electrophysics in soil science, melioration and agriculture. Tver', RF: ChuDo; 2002. 257 s. (In Russ.)
4. Vadiunina AF, Korchagina ZA. Methods of studying the physical properties of soils. 3-e izd, pererab i dop. Moskva, RF: Agropromizdat; 1986. 416 s. (In Russ.)
5. Gholizadeh A, Amin MSM, Anuar AR, Wayayok A. Relationship between apparent electrical conductivity and soil physical properties in a Malaysian paddy field. Arch Agron Soil Sci. 2012;58(2):155–68. doi: 10.1080/03650340.2010.509132
6. Corwin DL, Lesch SM. Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity: Part II. Case study. Comput Electron Agric. 2005;46(1-3):135–52. doi: 10.1016/j.compag.2004.11.003
7. Lund ED, Christy CD, Drummond PE. Practical applications of soil electrical conductivity mapping. In: Stafford JV, editor. Precision agriculture. Sheffield, United Kingdom: Sheffield Academic Press; 1999. p. 771–9
8. 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
9. Samouëlian A, Cousin I, Tabbagh A, Bruand A, Richard G. Electrical resistivity survey in soil science: a review. Soil Tillage Res. 2005;83(2):173–93. doi: 10.1016/j.still.2004.10.004
10. Reynolds JM. An introduction to applied and environmental geophysics. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons; 2011. 696 p
11. Loiseau B, Carrière SD, Jougnot D, Singha K, Mary B, Delpierre N, et al. The geo-

- physical toolbox applied to forest ecosystems—A review. *Sci Total Environ.* 2023;899:165503. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.165503
12. Allred BJ, Daniels JJ, Ehsani MR, editors. *Handbook of agricultural geophysics*. Boca Raton, USA: Taylor & Francis Group; 2008. 410 p
13. Szalai S, Szarka L. On the classification of surface geoelectric arrays. *Geophys Prospect.* 2008;56(2):159–75. doi: 10.1111/j.1365-2478.2007.00673.x
14. Seidel K, Lange G. Direct current resistivity methods. In: *Environmental geology: Handbook of field methods and case studies*. Berlin, Germany: Springer; 2007. p. 205–237
15. COMSOL Multiphysics : Reference Manual. Burlington, USA: COMSOL Inc; 2024. URL: COMSOL Multiphysics Reference Manual 6.2 (date of access: 24.08.2025)
16. Lee HH. *Finite element simulations with ANSYS workbench 2019*. Tainan, Taiwan: SDC publications; 2019. URL: https://books.google.com/books?hl=ru&lr=&id=QPqcDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP3&dq=Ansys+Meshing+User%27s+Guide&ots=5T3OjjZlyH&sig=dvo8yVIOHuDB_jKXOSSmn_HnNMg (date of access: 24.05.2025)
17. Adler A, Lionheart WRB. EIDORS: An open-source software for electrical impedance tomography. *Physiol Meas.* 2006;27(5):S25–S42. doi: 10.1088/0967-3334/27/5/S03
18. Griffiths DH, Barker RD. Two-dimensional resistivity imaging and modeling in areas of complex geology. *J Appl Geophys.* 1993;29(3-4):211–26. doi: 10.1016/0926-9851(93)90005-J
19. Wenner F. A method of measuring earth resistivity. *Bulletin of the Bureau of Standards*. Washington, USA: Government Printing Office; 1916. Vol. 12. p. 469–78
20. Kekane SS, Chavan RP, Shinde DN, Patil CL, Sagar SS. A review on physico-chemical properties of soil. *Int J Chem Stud.* 2015;3(4):29–32
21. Corwin DL, Lesch SM. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Comput Electron Agric.* 2005;46(1-3):11–43. doi: 10.1016/j.compag.2004.10.005
22. Kulmány IM, Bede L, Stencinger D, Zsebo S, Csavajda P, Kalocsai R, et al. Challenges in mapping soil variability using apparent soil electrical conductivity under heterogeneous topographic conditions. *Agronomy (Basel).* 2024;14(6):1–16. doi: 10.3390/agronomy14061161
23. Corwin DL, Plant RE. Applications of apparent soil electrical conductivity in precision agriculture. *Comput Electron Agric.* 2005;46(1-3):1–10. doi: 10.1016/j.compag.2004.10.004
24. McNeill JD. *Electromagnetic terrain conductivity measurement at low induction numbers: Technical Note TN-6*. Mississauga, Canada: Geonics Limited; 1980. 15 p
25. Sheets KR, Hendrickx JMH. Noninvasive soil water content measurement using electromagnetic induction. *Water Resour Res.* 1995;31(10):2401–9. doi: 10.1029/95WR01949
26. Topp GC, Davis JL. Measurement of soil water content using time-domain reflectometry (TDR): a field evaluation. *Soil Sci Soc Am J.* 1985;49(1):19–24. doi: 10.2136/SSSAJ1985.03615995004900010003X
27. Rhoades JD, Manteghi NA, Shouse PJ, Alves WJ. Soil electrical conductivity and soil salinity: New formulations and calibrations. *Soil Sci Soc Am J.* 1989;53:433–9
28. Corwin DL, Scudiero E. Field-scale apparent soil electrical conductivity. *Soil Sci Soc Am J.* 2020;84(5):1405–41. doi: 10.1002/saj2.20153
29. Corwin DL, Rhoades JD. An improved method for estimating soil salinity from soil electrical conductivity. *Soil Sci Soc Am J.* 1982;46(6):1217–21
30. Corwin DL, Lesch SM. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines. *Agron J.* 2003;95(3):455–71
31. Ayars JE, Corwin DL. Salinity management. In: Ayars E, Zaccaria D, Bali KM, editors. *Microirrigation for Crop Production*. 2nd ed. [place unknown]: Elsevier Science; 2024. p. 133–55
32. Rhoades JD. Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity. *Advances in Agronomy.* 1993;49:201–51. doi: 10.1016/S0065-2113(08)60795-6
33. Buzuk GN. Determination of soil trophicity by electrophysical method. Message 1. Device and laboratory technique. *Vestnik farmatsii.* 2021;(3):32–40. doi: 10.52540/2074-9457.2021.3.32. (In Russ.)
34. Buzuk GN. Determination of soil trophicity by electrophysical method. Message 2. The design of the electrodes and the method of calculating the geometric coefficient. *Vestnik farmatsii.* 2021;(4):46–52. doi: 10.52540/2074-9457.2021.4.46. (In Russ.)
35. Buzuk GN. Determination of soil trophicity by electrophysical method. Message 3. Correction of humidity influence. *Vestnik farmatsii.* 2021;(4):74–84. doi: 10.52540/2074-9457.2021.4.74. (In Russ.)
36. Buzuk GN. Determination of soil trophicity by electrophysical method. Message 4. Soil matrix. *Vestnik farmatsii.* 2022;(1):56–62. doi: 10.52540/2074-9457.2022.1.56. (In Russ.)
37. Buzuk GN. Determination of soil trophicity by electrophysical method. Message 5. Field trials. *Vestnik farmatsii.* 2022;(2):65–76. doi: 10.52540/2074-9457.2022.2.65. (In Russ.)
38. Buzuk GN. Determination of soil trophicity by electrophysical method. Message 6. Square installation, electrode design and method of calculating the geometric coefficient. *Vestnik farmatsii.* 2022;(3):23–9. doi: 10.52540/2074-9457.2022.3.23. (In Russ.)
39. Buzuk GN. Determination of soil trophicity by electrophysical method. Message 7. New in measurement and calculation tech-

- niques. Vestnik farmatsii. 2024;(2):31–41. doi: 10.52540/2074-9457.2024.2.31. (In Russ.)
40. Buzuk GN. Determination of soil trophicity by electrophysical method. Message 8. Field tests with a square installation. Vestnik farmatsii. 2024;(4):44–54. doi: 10.52540/2074-9457.2024.4.44. (In Russ.)
41. Buzuk GN. Determination of soil trophicity by electrophysical method. Message 9. From linearization to exponential regression and moisture correction. Vestnik farmatsii. 2025;(1):58–69. doi: 10.52540/2074-9457.2025.1.58. (In Russ.)
42. 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
43. 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
44. Wu YC, Koch WF, Pratt KW. Proposed new electrolytic conductivity primary standards for KCl solutions. J Res Natl Inst Stand Technol. 1991;96(2):191–201. doi: 10.6028/jres.096.008
45. Seo BS, Lee KS, Leong YJ, Choi WJ. Effects of equilibrium time on electrical conductivity measurements using soil-water extracts and soil saturated paste. Korean j of soil science and fertilizer. 2021;54(2):257–63. doi: 10.7745/KJSSF.2021.54.2.257
46. Aboukila E, Abdelaty EF. Assessment of saturated soil paste salinity from 1:2.5 and 1:5 soil-water extracts for coarse textured soils. Alexandria Science Exchange Journal. 2017;38(4):722–32. doi: 10.21608/ASEJAIQJ-SAE.2017.4181
47. Aboukila EF, Norton JB. Estimation of saturated soil paste salinity from soil-water extracts. Soil Sci. 2017;182(3):107–13. doi: 10.1097/SS.0000000000000197
48. He Y, DeSutter T, Prunty L, Hopkins D, Jia X, Wysocki DA. Evaluation of 1:5 soil to water extract electrical conductivity methods. Geoderma. 2012;185:12–7. doi: 10.1016/j.geoderma.2012.03.022
49. Kargas G, Londra P, Sgoubopoulou A. Comparison of soil EC values from methods based on 1:1 and 1:5 soils to water ratios and ECe from saturated paste extract-based method. Water (Basel). 2020;12(4):1–12. doi: 10.3390/w12041010
50. Kargas G, Londra P, Sotirakoglou K. The effect of soil texture on the conversion factor of 1:5 soil/water extract electrical conductivity (EC 1:5) to soil saturated paste extract electrical conductivity (ECe). Water (Basel). 2022;14(4):1–10. doi: 10.3390/w14040642
51. Kargas G, Chatzigiakoumis I, Kollias A, Spiliotis D, Kerkides P. An Investigation of the relationship between the electrical conductivity of the soil saturated paste extract ECe with the respective values of the mass soil/water ratios 1:1 and 1:5 (EC1:1 and EC1:5). Proceedings (MDPI). 2018;2(11):1–8. doi: 10.3390/proceedings2110661
52. Hassannia M, Nazari B, Kavani A, So-toodehnia A. Evaluation and analysis of different regression models for estimation of ECe from EC1:5—With a case study from Buin-Zahra, Iran. Irrigation and Drainage. 2020;69(5):1192–203. doi: 10.1002/ird.2488
53. Omar MM, Shitindi M, Massawe BHJ, Pedersen O, Meliyo JI, Fue K. Modeling the electrical conductivity relationship between saturated paste extract and 1:2.5 dilution in different soil textural classes. Front Soil Sci. 2024;4:1–10. doi: 10.3389/fsoil.2024.1421661
54. Spiteri K, Sacco AT. Estimating the electrical conductivity of a saturated soil paste extract (ECe) from 1:1 (EC1:1), 1:2 (EC1:2) and 1:5 (EC1:5) soil: water suspension ratios, in calcareous soils from the Mediterranean Islands of Malta. Commun Soil Sci Plant Anal. 2024;55(9):1302–12. doi: 10.1080/00103624.2024.2304636
55. Bakhti D, Oustani M, Halilat MT, Zemmour H, Khadoumi A, Belhouadjeb FA. Correlation between electrical conductivity in saturated paste extracts and different diluted extracts (1/2.5, 1/5) of coarse-textured soils. J of Agriculture and Applied Biology. 2024;5(1):18–34. doi: 10.11594/jaab.05.01.02
56. Berezin LV, Karpachevskii LO. Forest soil science. Omsk, RF: Omskii gos agrarnyi un-t; 2009. 360 s. (In Russ.)
57. Karpachevskii LO, Ashnov IuN, Berezin LV. Forest Soil Science Course. Maikop, RF: Aiaks; 2009. 345 s. (In Russ.)
58. Remezov NP, Pogrebniak PS. Forest soil science. Moskva, RF: Lesnaia prom-st'; 1965. 324 s. (In Russ.)
59. Pogrebniak PS. Fundamentals of forest typology. Kiev, Ukraine: Izd-vo Akad nauk UkrSSR; 1953. 455 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 06.06.2025 г.