

*Л.А. Позднякова, А.Д. Сокол, Ю.А. Маништейн, Д.Б. Романов*  
*L.A. Pozdnyakova, A.D. Sokol, Y.A. Manstein, D.B. Romanov*  
ООО «БалтСибГео», ООО «КБ Электрметрии»,  
НПО «Терразонд»  
ООО «BaltSibGeo», ООО «KB Electrometry»,  
NPO «Terrazond»

## **МОНИТОРИНГ ПОЧВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ SOIL MONITORING FOR ECOLOGICAL SAFETY**

*Аннотация.* Для быстрого картирования и мониторинга почв успешно использовались геофизические приборы отечественного производства, измеряющие электрические параметры почв. Разработана методика для микрозонирования почв по засолению, загрязнению нефтепродуктами и агрохимикатами.

*Ключевые слова:* экологическое картографирование почв, полевые геофизические методы

*Abstract.* Russian-made field geophysical instruments for measuring electrical parameters has been used successfully for express soil mapping and monitoring. Methodologies has been developed for soil microzoning (salinity, oil and agrochemical pollution).

*Key words:* ecological soil mapping, field geophysical methods

Почвы являются фундаментом ландшафтов и их свойства постоянно изменяются в процессе использования человеком [Позднякова Л.А...]. Антропогенные изменения, такие как окультуривание, мелиорация, деградация и загрязнение затрагивают многие типы почв и климатические зоны и накладывают отпечаток на естественную вариабельность почвенного покрова [Поздняков А.И. и др., 2009; Апарин Б.Ф. и др., 2011; Позднякова Л.А., 1995]. Несмотря на преимущества спутниковых и беспилотных платформ фотосъемки и широкое использование ГИС-аналитики, подробную информацию о приповерхностных почвенных слоях все еще трудно получить без отбора многочисленных проб почвы и лабораторного анализа, что дорого и требует много времени.

Полевые геофизические методы находят все более широкое применение в почвенной, экологической, мелиоративной и земледельческой практике. Измерения этими методами очень просты и, благодаря современным портативным приборам [Pozdnyakova A. et al., 2018], выполняются быстро, без существенных затрат времени и труда.

Эти методы можно широко использовать для экспрессной оценки профильной организации почв [Поздняков А.И., 2008], детального и крупномасштабного картирования и оценки неоднородности почвенного покрова [Кокарева А.А. и др., 2007; Поздняков А.И. и др., 1995], мониторинговых наблюдений за некоторыми свойствами почв, в частности оценки засоления [Поздняков А.И. и др., 2009], влажности [Pozdnyakov A.I. et al., 2006], окультуренности [Елисеев П.И., 2012], и других.

Полезно их применять и при мониторинговых наблюдениях за протеканием разных процессов в почвах, например, при движении воды, процессов промерзания – оттаивания; динамикой глубины и минерализации грунтовых вод, проблемы подтопления городов, зоны и глубины иссушения почв, оценкой скоплений метана в болотах, оценки различных загрязнений (пестициды, гербициды, нефтепродукты) [Манштейн Ю.А. и др, 2016; Manstein Y. et al., 2006].

Нами и многими другими исследователями получены экспоненциальные зависимости удельного электрического сопротивления (УЭС) от свойств почв влияющих на плотность мобильных электрических зарядов в почвах, согласно закону Больцмана [Поздняков А.И., 2001] (Рис. 1).

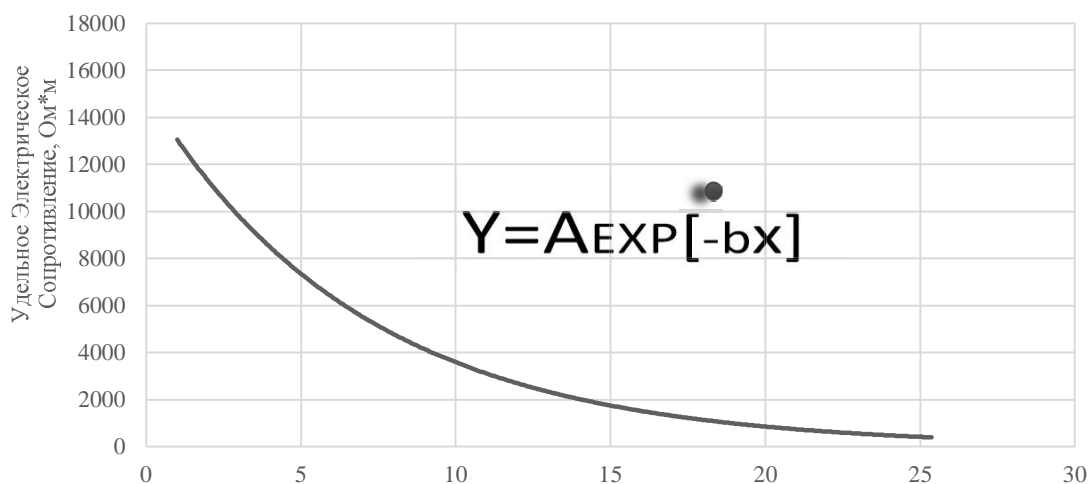


Рис. 1. Типовая зависимость УЭС от почвенных свойств, влияющих на плотность и подвижность электрических зарядов (засоление, влажность, ЕКО, содержание гумуса, глины)

Соответственно, УЭС и электропроводность (ЭП) являются фундаментальными параметрами, напрямую связанными с засоленностью почвы (Табл. 1), поглощением азотных удобрений, рН, содержанием физической глины, органическим веществом, содержанием воды и другими свойствами, которые изменяют плотность подвижных электрических зарядов в слоях почвы.

Табл.1

Соответствие значений полевого УЭС и степени засоления почвы

Степень засоления	Плотный остаток, %	УЭС, Ом м
Незасоленные	Меньше 0,25	Больше 10
Слабозасоленные	0,25-0,50	10-6
Среднезасоленные	0,5-1,0	6-4
Сильнозасоленные	1,0-2,0	4-2,5
Солончаки	Больше 2	Меньше 2,5

Портативные геофизические приборы постоянного тока - для УЭС/ЭП и ЕП [Позднякова Л.А., 2017] и электромагнитного частотного зондирования (ЧЗ) и профилирования (ЧП) - для УЭС/ЭП (Geovizer/АЭМП-14) разработанные КБ Электротриии (Новосибирск) востребованы в России и за рубежом (Рис. 2).

	LandMapper	Скала	Geoviser	АЭМП-14
Свойства	УЭС/ЭП/ЕП*	УЭС/ВП/ЕП	УЭС/ЭП	УЭС/ЭП
Мобильное картирование	Да, заземление	Нет	Да, <20 км/ч	Да, <20 км/ч
1D профили	Да	Да	Нет	Да
2D / 3D	Да	Да	Нет	Да
Разрешение	2 см–1 м	1 – 10 м	3 глубины / частоты 12, 40, 111 кГц	14 глубин / частот 2.5-250 кГц
Максимальная глубина	~30 м	~300+ м	~3 м	~8-10 м



*\*ЭП – электропроводность, УЭС – удельное электрическое сопротивление, ЕП – естественный потенциал, ВП – вызванная поляризация  
Портативный LandMapper поддерживает только ручное перемещение каждой комбинации из 4 электродов для получения 1D ВЭЗ профилей и 2D изображений, наборы проводов могут быть легко изготовлены пользователем.*

Рис. 2. Комплекс приборов для полевых измерений электрических параметров почв при экспрессном картировании и мониторинге

Многолетние исследования зависимости УЭС измеренного в полевых условиях контактными методами постоянного тока (4х электродное заземление) от других почвенных свойств позволяют нам предположить наличие аналогичных зависимостей и для УЭС полученного бесконтактными методами электромагнитного частотного зондирования.

Наши недавние полевые измерения в Ростовской, Саратовской, Курской, и Владимирской областях, а также в Ставропольском крае, показали перспективность использования комплекса экспрессных полевых геофизических приборов для более точной детализации почвенных карт и в дополнении к традиционным методам исследования состояния почвенного покрова [Trubin A. et all, 2022; Манштейн Ю.А., Позднякова Л.А., 2022].

### Список использованных источников

1. Позднякова Л.А. Почва - фундамент цивилизации: от агрономии к археологии. URL: <https://soil.msu.ru/nauka/3843-pochva-fundament-tsivilizatsii-ot-agronomii-k-arkheologii>.

2. Поздняков А.И., Русаков А.В., Шалагинова С.М., Позднякова А.Д. Анизотропия свойств некоторых антропогенно-

преобразованных почв подзолистого типа. Почвоведение. 2009. № 11.

3. Почвы в условиях природных и антропогенных стрессов / Б.Ф. Апарин [и др.]. СПб, 2011.

4. Позднякова Л.А. Антропогенные изменения некоторых пойменных почв и электрические методы их изучения. М., 1995.

5. Pozdnyakova A., Pozdnyakov L., Antsiferova O. Universal device for measuring electrical properties of soils. // Bull. Sci. Pract. 2018. № 4.

6. Поздняков А.И. Электрические параметры почв и почвообразование. Почвоведение. 2008. № 10.

7. Поздняков А.И., Позднякова Л.А., Позднякова А.Д. Стационарные электрические поля в почвах. М., 1996.

8. Кокарева А.А., Поздняков А.И., Смерников С.А. Почвенно-мелиоративное обследование структуры комплексного почвенного покрова агродерново-подзолистых почв флювио-гляциального ландшафта электрофизическими методами. СПб., 2007.

9. Поздняков А.И., Шеин Е.В., Федотова А.В., Шваров А.П., Яковлева Л.В. Оценка засоления почв и грунтовых вод методами электрического сопротивления (рекомендации) М., 2009.

10. Pozdnyakov A.I., Pozdnyakova L.A., Karpachevskij L.O. Relationship between water tension and electrical resistivity in soils.// Eurasian Soil Sci. 2006. 39(1).

11. Елисеев П.И., Русаков А.В. Электрическое сопротивление как возможный показатель окультуренности пахотных супесчаных почв гумидной зоны. Вестник МГУ Серия 17 Почвоведение. 2012. № 2.

12. Манштейн Ю.А. и др. Об оценке экологического ущерба по данным электроразведки на примере исследований захоронения пестицидов// Инженерные изыскания. 2016. № 4.

13. Manstein Y, Scozzari A. Pollution Detection by Electromagnetic Induction and Electrical Resistivity Methods: An Introductory Note with Case Studies. In: Scozzari A, Dotsika E, editors. Threats to the Quality of Groundwater Resources: Prevention and Control Berlin, Heidelberg: Springer; 2016 [cited 2022 Oct 23]. (The Handbook of Environmental Chemistry). [https://doi.org/10.1007/698\\_2014\\_277/](https://doi.org/10.1007/698_2014_277/).

14. Поздняков А.И. Полевая электрофизика почв (Field soil electrophysics). М., 2001.

15. Позднякова Л.А. LandMapper® ERM-03 / 04. Теория электрических измерений почв и Руководство пользователя. Московская обл., п. ВНИИССОК, 2017.

16. Trubin A., Manstein Y., Golovko L.A. Electrical Geophysics for Agronomic Soil Characterization. Mod Concepts Dev Agron. 2022. Juli 1;11(1).

17. Манштейн Ю.А., Позднякова Л.А. Электроразведка для аналитики почвенных показателей. Геленджик, 2022.