

ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ВЕРТИКАЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Р.Ф. Байбеков, ВНИИА, В.А. Седых, В.И. Савич, А.А. Устюжанин, РГАУ-МСХА, А.К. Саидов, Прикаспийский институт биологических ресурсов

Показано, что электрическое сопротивление почв и метод вертикального электрического зондирования позволяют оценить загрязнение почв птичьим пометом, уменьшение мощности гумусового слоя при эрозии, засоление почв и загрязнение их тяжелыми металлами, оглеение и оподзоливание почв.

Ключевые слова: деградация почв, птичий помет, метод вертикального электрического зондирования почв.

Оценка деградации почв имеет большое практическое значение. Однако, оценка свойств отдельного образца почв не полностью характеризует степень деградации почвенного профиля и производственного участка (поля). По полученным нами данным, степень загрязнения почв органическими удобрениями хорошо идентифицируется по цветовой гамме почв и космических снимков, определяемой в системе СМУК и Lab методом компьютерной диагностики [6].

Для определения состояния почв применяют метод оценки электропроводности образцов почв и метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), основанный на оценке электропроводности горизонтов почвенного профиля и производственного участка, поля [3, 4, 5, 9].

В литературе приводятся сведения о перспективности использования метода ВЭЗ в почвоведении для оценки мощности горизонтов разного гранулометрического состава, разной степени оторфованности, увлажненности, засоленности [3].

Цель исследования – оценить с использованием ВЭЗ и электропроводности почв степень загрязнения почв органическими удобрениями, сточными водами, степень оглеения и эродированности почв.

Методика. Состояла в оценке электропроводности и обратной величины электрического сопротивления в образцах почв и в использовании в полевых условиях метода вертикального электрического зондирования [4, 7].

Объект исследования – дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы Московской области и аналогичные почвы, компостированные в течение 2 мес при избыточной влажности с различными высокими дозами птичьего помета.

В полевых условиях исследования проводили на дерново-подзолистых почвах опытного поля МСХА. На изучаемой площади были выделены участки, различающиеся формой рельефа и растительности. На этих участках проведены физические наблюдения МК ВЭЗ с максимальными разностями, надежно гарантирующими выход кривой ВЭЗ на вертикальную асимптоту, характеризующую материнскую породу. Затем был разбит профиль, по возможности пересекающий характерные для выбранной площади участки, и на нем проведены наблюдения опорных точек ВЭЗ с разностями, достаточными для исследования профиля почвы до материнской породы.

Точки наблюдения были выбраны таким образом, чтобы они подчеркивали разнородные участки профиля. Съемка опорных точек была произведена с максимальной скоростью при неизменной погоде, что гарантировало стабильность влажности в каждой наблюдаемой точке. На следующий день после выпадения осадков был снят весь профиль (23 пикета) с детальностью, позволяющей достаточно полно описать строение исследуемых почв. Средний шаг по профилю составлял 5 м. Аппаратура, применяемая при съемке, стандартная, электроразведочная: прибор АЗ-72, электроразведочная катушка, батарея КБСЛ.

Выбранный профиль, протяженностью 110 м, пересекал контуры дерново-подзолистой автоморфной легкосуглинистой почвы и дерново-подзолистой поверхностно-глеевой легкой почвы. Контуры глееватых почв располо-

жены в микропонижениях; исследуемый профиль пересекал их в точках 3, 4, 11 и 20. По значениям электропроводности, снятым во второй день наблюдений, был построен разрез кажущихся сопротивлений по профилю, что позволило качественно судить о строении почв изучаемого профиля.

Результаты и их обсуждение. Значения кажущихся сопротивлений почв по исследуемому профилю приведены в таблице 1.

1. Величины кажущихся сопротивлений почв в слое 0-40 см по исследуемому профилю

№ точки	Сопротивление, Ом·м	№ точки	Сопротивление, Ом·м	№ точки	Сопротивление, Ом·м
1	60-100	8	180-220	15	220-260
2	60-100	9	180-220	16	220-260
3	60-100	10	140-180	17	140-160
4	20-60	11	140-180	18	140-160
5	100-140	12	220-260	19	260-300
6	220-260	13	180-220	20	180-220
7	220-260	14	180-220		

Съемка опорных точек, как указывалось ранее, была проведена при различной влажности почв (до и после выпадения осадков). В этих же точках определяли влажность почв – образцы отбирали буром с глубины 15; 40 и 65 см. Величины удельных сопротивлений и влажности на этих пикетах приведены в таблице 2.

Как видно из данных таблицы 2, удельное сопротивление почв уменьшается при увеличении их влажности. Сопротивление для дерново-подзолистых почв составляет 60-300 Ом·м, а в материнской породе – 60-80 Ом·м.

По полученным данным, удельное сопротивление глееватых почв ниже, чем прилегающих к ним автоморфных почв, контуры глееватых почв четко выделяются по величине сопротивлений в пределах исследуемого профиля.

2. Влажность (W,%) и удельное электрическое сопротивление (Ом·м) почв исследуемого профиля*

Глубина почв, см	ПК-1		ПК-3		ПК-5		ПК-13	
	W	сопротивление	W	сопротивление	W	сопротивление	W	сопротивление
15	13,4	94	17,4	73	15,6	102	10,0	315
	20,8	69	22,7	59	21,5	85	18,4	225
35	8,9	136	10,5	87	11,5	94	6,2	400
	10,6	107	11,4	77	13,0	94	9,3	310
65	5,7	105	9,1	98	10,5	106	5,9	235
	6,8	120	10,1	78	13,0	110	6,1	230

*В числителе – до выпадения осадков, в знаменателе – после их выпадения.

Полученные материалы соответствуют и закономерностям, приводимым в литературных источниках. По данным А.И. Позднякова [3], при окультуривании почв увеличивается количество в них подвижных электрических зарядов, что снижает параметры стационарных электрических полей (СЭП) в окультуренных разновидностях дерново-подзолистых почв. Внесение органических удобрений и увеличение степени гумусированности приводят, как правило, к уменьшению окислительно-восстановительного потенциала почв. Этому способствует и повышение pH при окультуривании почв таежно-лесной зоны [1, 7]. В то же время, автором [3] не установлено достоверных

изменений электрического сопротивления почв при внесении высоких доз (40-120 т/га) органических удобрений.

Оглеение, по литературным источникам, приводит к уменьшению параметров СЭП, что связано с увеличением подвижных электрических зарядов. По данным цитируемого автора [3], удельное электрическое сопротивление R_{0K} составляло для неоглеенных дерново-подзолистых почв 48-1280 Ом·м в верхних горизонтах, а в оглеенных почвах – 240-670 Ом·м.

Однако, с нашей точки зрения, при очень высоких дозах органических удобрений часть подвижных катионов будет связываться в органоминеральные комплексы, что повысит электрическое сопротивление почв. При развитии оглеения и промывном типе водного режима из элювиального горизонта происходит значительное элюирование катионов, что также повышает электрическое сопротивление почв.

Засоление почв (например, из-за применения антигололедных реагентов) уменьшает электрическое сопротивление почв. По данным А.И. Позднякова, при плотном остатке < 0,5% сопротивление составляет более 10 Ом·м, а при плотном остатке > 1% оно снижается до 3 Ом·м и ниже [3]. По данным цитируемых авторов, электрическое сопротивление почв, загрязненных нефтепродуктами, значительно больше, чем не загрязненных ими почв, но для почв гумидной зоны не превышает 1000 Ом·м. Однако пятна загрязнения имеют сопротивление до 1200 тыс. Ом·м.

Внесение минеральных удобрений и загрязнение почв тяжелыми металлами, с нашей точки зрения, должны приводить к уменьшению электрического сопротивления почв [2, 8]. Однако абсолютные величины электрических сопротивлений загрязненных почв обусловлены природой и дозой загрязнителя, а также электрическими свойствами исходной почвы.

В проведенных модельных опытах оценивали изменение цветовой гаммы почв и их электрического сопротивления при

разных дозах внесения куриного помета и смеси помета с опилками [6]. Изменение цветовой гаммы почв при внесении в них птичьего помета в опыте 1 показано в таблице 3, где приведены показатели интенсивности цвета в цветовых системах RGB (показателя R); CMYK и Lab (показателя светлоты L) для дерново-подзолистых слабо (OK₁) и хорошо окультуренных (OK₃) почв и при дозах помета от 5 до 30% от массы почв.

Как видно из представленных в таблице 3 данных, в более окультуренной почве меньше величина R, больше C, M, K в системе CMYK и меньше величина Y в этой системе, меньше светлота L. Эта же закономерность проявляется и при внесении очень больших доз птичьего помета, что важно при дешифрировании космических и аэрофотоснимков.

При внесении в почву сухого помета (с опилками), по сравнению с сырым, больше величины R и L соответственно в системах RGB и Lab и несколько меньше величина C в системе CMYK. Увеличение доз сухого помета увеличило величины Y и K в системе CMYK в двух случаях из 2. Увеличение доз сырого помета уменьшило величину R в двух случаях из 2; увеличило величину M в 2 случаях из двух. Остальные показатели изменились неоднозначно.

При внесении помета увеличилась в основном варьирование цветовой гаммы почв (K и L) в пространстве. Варьирование при этом показателей других цветовых систем оказалось неоднозначным.

В опыте №2 оценивали электрическое сопротивление дерново-слабоподзолистой плох и хорошо окультуренной почвы, а также легкого суглинка и торфа при внесении в них куриного помета и помета с опилками из расчета 100, 500, 1000 кг азота на 1 га. Продолжительность компостирования почв при оптимальной влажности 2 мес. Полученные материалы приведены в таблице 4.

3. Изменение цветовой гаммы почв при внесении в них птичьего помета

Вариант опыта	R*	C	M	Y	K	L**
Отличие почв разной степени окультуренности:						
ДП ₂ ОК ₁	19,0±5,1	53,7±1,8	37,2±1,4	70,2±2,7	13,7±1,9	52,0±1,7
ДП ₂ ОК ₃	46,5±2,6	85,7±0,6	67,2±2,8	36,2±2,2	15,0±1,0	32,0±1,9
Влияние помета на цветовую гамму:						
ДП ₂ ОК ₁ + помет	67,7±17,7	71,2±8,2	50,2±6,9	95,7±2,2	30,3±3,8	37,5±3,5
ДП ₂ ОК ₃ + помет	46,2±3,5	87,5±1,9	78,5±3,9	38,5±4,5	31,7±7,4	24,2±3,8
Влияние сухого и сырого помета:						
ДП ₂ + сухой помет с опилками	71,7±15,7	73,5±8,9	60,2±10,7	68,2±16,4	29,2±2,4	33,2±5,4
ДП ₂ + сырой помет	42,2±4,4	85,7±3,5	68,7±8,3	55,3±17,5	29,0±12,7	28,5±4,8

R* – в системе RGB, L** – в системе Lab.

4. Электрическое сопротивление почв, в различной степени загрязненных пометом

Вариант опыта	Электрическое сопротивление суспензии (Ом·м) через	
	30 сек	2 мин
Почва + помет:		
ДП ₂ ОК ₃	53,6±13,9	106,2±8,5
ДП ₂ ОК ₁	51,6±4,2	48,2±15,1
Л/с	47,0±8,1	44,3±1,2
Торф	18,1±0,3	19,1±1,9
ДП ₂ ОК ₁ ; ДП ₂ ОК ₃ из расчета N, кг/га:		
100	45,2±7,2	87,5±1,9
500, 1000	64,0±4,8	85,5±18,3
торф – 100	18,3±0,6	16,4±0,1
500, 1000	17,9±0,1	21,8±2,9

Из представленных данных видно, что величина сопротивления почв изменяется в зависимости от времени установления сорбционного равновесия. Однако наблюдается тенденция увеличения электрического сопротивления в почвах, более гумусированных (дерново-среднеподзолистых хорошо окультуренных - ДП₂ОК₃), по сравнению с плох окультуренными (ДП₂ОК₁), легким покровным суглинком породы и торфом. Внесение в почвы повышенных доз помета из расчета 100, 500, 1000 кг/га азота не всегда приводило к увеличению электрического сопротивления почв.

По полученным данным, внесение в почвы помета с опилками приводило к увеличению электрического сопротивления почв, а жидкого помета – к уменьшению. Так, в дерново-подзолистой среднесуглинистой хорошо окультуренной почве внесение помета с опилками из расчета 100 и 500 кг N на 1 га изменило электропроводность от 82,7 до 127,5, в слабоокультуренной почве – от 60,6 до 102,0, в торфе – от 16,6 до 24,7 Ом·м. Внесение жидкого помета в аналогичных дозах изменило электропроводность в дерново-подзолистой хорошо окультуренной почве от 118 до 97-107; в слабоокультуренной почве – от 90 до 30,6-49; в легком суглинке – от 55,3 до 31,1 Ом·м.

Выводы. 1. Метод микровертикального электрического зондирования позволяет судить об изменениях в динамике и по горизонтам влажности почв, что создает принципиальную возможность оценки необходимости поливов с использованием данного метода.

2. Метод МК ВЭЗ позволяет идентифицировать участки с различным почвенным покровом в условиях таежно-лесной зоны. Довольно четко идентифицируются органогенные и минеральные горизонты, горизонты различного гранулометрического состава, резко различающиеся по степени оглеенности.

3. Почвы, загрязненные птичьим пометом и органическими удобрениями на его основе, идентифицируются по цветовой гамме методом компьютерной диагностики и по электрическому сопротивлению почв. При внесении больших доз помета уменьшается светлота L в цветовой системе Lab и увели-

чивается темнота К в цветовой системе СМУК. При внесении в почву больших доз помета с опилками, в первый период до разложения субстрата увеличивается светлота L.

4. По полученным данным, внесение в почву помета с опилками увеличивало электрическое сопротивление почв, а внесение жидкого помета в большинстве случаев уменьшало его.

Литература

1. Байбеков Р.Ф. Влияние длительного применения удобрений на агроэкологическое состояние подзолистых и черноземных почв европейской части России.// Автореф. докт. дисс.- М., 2003.- 33 с. 2. Байбеков Р.Ф., Савич В.И., Овчаренко М.М. Методы исследования городских почв.- М.: РГАУ-МСХА, 2007.- 202 с. 3. Поздняков А.И., Позднякова Л.А., Позднякова А.Д. Стационарные электрические поля в почвах.- М.: КМК, 1996.- 356 с. 4. Поздняков А.И. Полевая электрофизика.- М.: МАНК «Наука/интерпериодика», 2001.- 187 с. 5. Раисов О.Ж. Микро-

вертикальные электрические зондирования при почвенных исследованиях// Сб. научн. работ Саратовского СХИ, 1976, вып. 74.- С. 119-125.

6. Савич В.И., Байбеков Р.Ф., Егоров Д.Н. Агрономическая оценка отражательной способности системы почва-растение методом компьютерной диагностики.- М.: РГАУ-МСХА, 2006.- 216 с.

7. Савич В.И., Ларешин В.Г., Дубенок Н.Н. Мелиоративная и агрономическая оценка окислительно-восстановительного состояния почв.- М.: РУДН, 2006. - 482 с. 8. Савич В.И., Федорин Ю.В., Химица Е.Г. Почвы мегаполисов, их экологическая оценка, использование и создание (на примере г. Москвы). - М.: Агробизнесцентр, 2007.- 660 с. 9. Хмелевский В.К. Применение вертикального электрического зондирования в гидрогеологических изысканиях.- М.: Вестник МГУ, сер. «Геология», 1973, №1. 10. Яковлева Н.Н. Окислительно-восстановительные свойства дерново-подзолистых, черноземных и торфяных почв разной степени увлажнения// Автореф. канд. дисс., - М.: ТСХА, 1981.

Assessing the degradation of soil by vertical electrical sounding

R.F. Baibekov¹, V.A. Sedykh², V.I. Savich², A.A. Ustyuzhanin², A.K. Saidov³

¹Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry, Russian Academy of Agricultural Sciences, ²Russian State Agricultural University – Moscow Agricultural Academy, Russian Academy of Sciences, E-mail: savich.mail@gmail.com, v.sedykh@apkm.ru, ³Caspian Institute of Biological Resources,

It was shown that the measurement of electrical resistance and the vertical electrical sounding of soils allow assessing the contamination of soils with poultry manure, the decrease in the thickness of humus layer under erosion conditions, the salinization of soils, their contamination with heavy metals, gleyization, and podzolization.

Keywords: soil degradation, poultry manure, vertical electrical sounding of soils.