

4843902

Шалагинова Светлана Михайловна

***ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ НЕКОТОРЫХ
ПОЧВЕННЫХ СВОЙСТВ ПРИ ИХ РАЗНОНАПРАВЛЕННОМ И
РАЗНОМАСШТАБНОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ***

Специальность 06.01.03 – агрофизика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

14 АПР 2011

Москва 2011

Работа выполнена на кафедре физики и мелиорации почв факультета почвоведения Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель:

доктор биологических наук, профессор **Поздняков Анатолий Иванович**

Официальные оппоненты:

доктор сельскохозяйственных наук **Сапожников Петр Михайлович**

кандидат биологических наук **Басевич Виктор Францевич**

Ведущая организация:

Российский государственный аграрный университет –

МСХА имени К.А.Тимирязева

Защита диссертации состоится «10» мая 2011 года в 15 ч. 30 мин. в аудитории М-2 на заседании Диссертационного совета Д 501.002.13 при МГУ имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д.1, корп.12, факультет почвоведения. Факс: +7(495)9392947.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова.

Автореферат разослан «31» марта 2011г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании Диссертационного совета. Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по вышеуказанному адресу.

Ученый секретарь диссертационного совета,

доктор биологических наук, профессор



Г.М. Зенова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Высокая пространственная изменчивость свойств почв является неотъемлемой особенностью почвенного покрова. В природных условиях практически невозможно отыскать участки с идеальной выравненностью почвенных свойств.

До настоящего времени мало обращалось внимания на закономерности изменения физических свойств в зависимости от направления в почвенном пространстве. Исследования неоднородности почвенных свойств были в основном связаны с общим изучением почв и качественным объяснением характера переходов между горизонтами в почвенном профиле, качественным объяснением форм границ горизонтов.

Вследствие большей протяженности горизонтальной составляющей почвенных горизонтов по сравнению с вертикальной, интенсивность изменения почвенных характеристик по данным направлениям будет различной. Причина ее возникновения для разных свойств может быть обусловлена горизонтально-вертикальной неоднородностью (анизотропией).

Необходимо различать горизонтально-вертикальную неоднородность свойств, определенную не только для одного почвенного горизонта, но и для почвенного профиля в целом, как совокупности оценок анизотропии слагающих его генетических горизонтов.

Однородны или неоднородны почвенные горизонты в горизонтальном и вертикальном направлении, а также профили в целом, необходимо знать по целому ряду причин:

1. С методической точки зрения – для выработки правильных приемов отбора образцов.

2. Для диагностики почвенных горизонтов, выявления ряда генетических особенностей почв; для выявления литологического строения почвообразующих пород, закономерностей их пространственной

дифференциации и седиментации, что в целом отражает ландшафтную организацию конкретной территории.

3. Информация о горизонтально-вертикальной неоднородности свойств почв позволит по-новому взглянуть на ряд процессов в почвенном теле (толще); оценить условия образования и трансформации неоднородной почвенной структуры; выявить пространственные закономерности неоднородности механических и других физических свойств почв на различных иерархических уровнях.

4. Наконец, знание этих особенностей почв позволит выявить условия формирования основных путей миграции и мест накопления/уменьшения запасов веществ. Это даст возможность количественно оценить закономерности неоднородности физических свойств и процессов как обязательных элементов устойчивого функционирования почв в биосфере.

Цель и задачи исследования

Целью данной работы является изучение пространственной изменчивости некоторых почвенных свойств при их разнонаправленном и разномасштабном определении.

Задачи:

- исследовать внутригоризонтную и внутрипрофильную неоднородность свойств почв:
 - изучить в полевых условиях горизонтально-вертикальную неоднородность физических свойств почв: полевой влажности, плотности сложения, электрического сопротивления;
 - изучить в лабораторных условиях неоднородность некоторых свойств почв: электрического сопротивления почвенной пасты, плотности твердой фазы, содержания углерода, ила, физической глины на образцах, отобранных с разной горизонтально-вертикальной ориентацией специальным параллелепипедным пробоотборником;

- исследовать горизонтально-вертикальную неоднородность свойств почв на катенно-ландшафтном уровне с помощью электрофизического метода вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ).
- изучить связь электрического сопротивления с базовыми свойствами почв для обоснованного использования электрофизических методов оценки горизонтально-вертикальной неоднородности на катенно-ландшафтном уровне.
- разработать показатели для оценки горизонтально-вертикальной неоднородности свойств почв на горизонтном и профильном уровнях организации почв.

Научная новизна

- Установлено, что большинство исследованных почвенных свойств в той или иной степени обладают горизонтально-вертикальной неоднородностью.
- Для оценки горизонтально-вертикальной неоднородности свойств почв на *катенном-ландшафтном иерархическом уровне* предлагается использовать электрические методы, в частности, вертикальное электрическое зондирование. На *профильном уровне* - коэффициент корреляции между профильными распределениями того или иного признака, определенного при горизонтальном и вертикальном направлениях образцов. Для оценки горизонтально-вертикальной неоднородности свойств почв на *уровне горизонта* предложен коэффициент отношения значения свойства, определенного по горизонтали к значению свойства по вертикали – $k = \frac{P_{гор}}{P_{верт}}$, где P – признак.
- Выявлено, что полевая влажность, плотность почвы и порозность – самые различающиеся по горизонтально-вертикальным направлениям свойства.. Причем, если первые два свойства могут иметь разнонаправленные изменения по величине, то порозность почвы по горизонтали в преобразованной почвообразованием толще по сравнению с породой, практически, всегда выше, чем по вертикали.

- Величины электрического сопротивления и органического углерода, как показали наши исследования, всегда однородны по разным направлениям, т.е. их значения практически одинаковы при горизонтальном и вертикальном отборе образцов для их определения. По-видимому, это обусловлено большим количеством свойств почв на них влияющих, и часто разнонаправленных процессов формирования их величин.

Практическая ценность работы заключается в выработке методических подходов по отбору образцов для определения базовых свойств почв с учетом их разнонаправленной изменчивости. Знание горизонтально-вертикальной неоднородности так же поможет более объективно оценить распределение влаги, тепла и, следовательно, энергии, в пределах почвенного горизонта. Такие особенности важны для оценки естественных и окультуренных (пахотных) почв, но, по-видимому, важны будут и при конструировании почв. В отношении электрических свойств эта оценка позволит дать более объективную и обоснованную интерпретацию данных ВЭЗ.

Апробация работы

Основные положения работы докладывались на X Международной научной конференции, посвященной 450-летию Астрахани: «Эколого-биологические проблемы бассейна Каспийского моря и водоемов внутреннего стока Евразии» (Астрахань, 2008), на V Всероссийском съезде почвоведов (Ростов-на-Дону, 2008), а также на заседаниях кафедры физики и мелиорации почв.

Публикации

По теме диссертации опубликованы 2 статьи в журналах списка ВАК и тезисы к научным конференциям в Астрахани 2008 г. и V-му съезду ВОП в Ростове-на-Дону 2008 г.

Структура и объем работы

Работа изложена на 121 страницах машинописного текста, содержит 30 рисунков, 7 таблиц. Состоит из введения, 3 глав, выводов и списка

литературы, включающего 137 наименований из них 25 на иностранных языках.

Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность за оказание помощи в подготовке диссертации доцентам А.В.Русакову, А.П.Шварову, профессору Е.В.Шеину, доктору биологических наук А.Б.Умаровой, а также всем сотрудникам кафедры физики и мелиорации почв.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение

Во введении обоснована актуальность диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, описана научная новизна и практическая ценность работы.

Глава 1. Неоднородность почв и ее исследование полевыми электрофизическими методами (литературный обзор)

Глава 1 включает две части:

- Обзор работ по неоднородности и структуре почвенного покрова
- Обзор работ по неоднородности и анизотропии почвенных свойств

В этой главе показано, что в условиях интенсивной антропогенной нагрузки все почвы в той или иной степени подвержены физической и технологической деградации, которая проявляется на различных уровнях структурной организации (Сапожников П.М., 1994.).

Пространственная вариация агрохимических свойств почв обусловлена как природными факторами, так и характером антропогенного воздействия. Неоднородность свойств почв в пространстве осложняется наложением временной динамики (Басевич В.Ф., 1996).

Анализ пространственной изменчивости почвенных свойств позволяет получить комплексную информацию о генезисе почв, агрономическом и экологическом состоянии, а так же прогнозировать возможные пути эволюции почвенного покрова.

Отмечается, что применение электрофизических методов совместно с классическими методами при почвенных, почвенно-мелиоративных и экологических обследованиях почв позволяют проводить их на новом научно-техническом и технологическом уровне (Поздняков А.И. в соавторстве, 2004). Это значительно (в несколько раз) сокращает затраты на такие обследования и позволяет получать более объективную и репрезентативную информацию по сравнению с обследованиями, выполненными только на основе классических методов, разрабатывать новые подходы и технологии для этих целей (Поздняков А. И. в соавторстве, 2002).

В данной главе изучено состояние проблемы. Раскрыты понятия, приведены подходы для изучения неоднородности свойств почв. Рассмотрены, в том числе и полевые электрофизические методы.

Глава 2. Объекты и методы исследования

2.1. Объекты исследования

В гумидной зоне объектами исследования были дерново-подзолистые почвы Московской области.

Исследованы почвы катены на Клинско-Дмитровской гряде:

- Агрозем светлый типичный глубокопахотный супесчаный на озерно-ледниковых супесях, подстилаемых озерно-ледниковыми глинами. Московская область, Дмитровский район, Клинско-Дмитровская гряда (разрез 9М-07);
- Агрозем текстурно-дифференцированный типичный глубокопахотный глубоко оглеенный легкосуглинистый на пылеватых бескарбонатных (покровных) слоистых суглинках. Московская область, Дмитровский район, Клинско-Дмитровская гряда (разрез 10М-07);
- Агрдерново-глубокоподзолистая глубокопахотная легкосуглинистая почва на пылеватых бескарбонатных (покровных) суглинках. Московская область, Дмитровский район, Клинско-Дмитровская гряда (разрез 11М-08);

Разрез 9М-07 приурочен к I ярусу катены, на IV ярусе был заложен разрез 10М-07, на V ярусе – разрез 11М-08 (рис. 1).

Исследованная агрокатена Клинско-Дмитровской гряды имеет протяженность 8 км, пересекает поверхности позднплейстоценовых террас и террасовидных уровней. Агрокатена склона северной экспозиции Клинско-Дмитровской гряды отражает четкую ярусность рельефа, где сформированы поверхности с абс. отм. 130–140 м (I ярус рельефа), 145–160 м (II ярус), 165–170 м (III ярус), 175–180 м (IV ярус) и 190–230 м (V ярус, водораздельные пространства гряды). Поверхности указанных геоморфологических уровней отделены друг от друга четко выраженными в рельефе уступами. I ярус отделен от древнеозерного расширения долины Яхромы уступом в 5–7 м.



Рис. 1. Литолого-геоморфологический профиль склона северной экспозиции Клинско-Дмитровской гряды, сопряженный с Верхне-Волжской низиной (Реконструкция Русакова А.В. и др., 2007 г.). Цифрами в пределах профиля обозначены абсолютные отметки поверхности, м. Условные обозначения: 1 – пылеватые бескарбонатные (покровные) суглинки; 2 – пылеватые бескарбонатные (покровные) слоистые суглинки; 3 – озерно-ледниковые пески и супеси; 4 – озерно-ледниковые глины; 5 – низинные торфяники; 6 – опорные почвенные разрезы, заложенные в пределах агрокатены и их номера

Изученная территория, охватывающая дренированные позиции рельефа в пределах гряды, издавна подвержена интенсивному антропогенному воздействию: история пашенного земледелия насчитывает здесь около 1000 лет (Русаков А.В., Поздняков А.И., Позднякова А.Д., 2006).

Согласно почвенному районированию центрального экономического района СССР (География почв..., 1972) данная территория входит в состав северной части Можайско-Загорского района Смоленско-Московского округа с абсолютным доминированием чехла покровных суглинков в строении верхней толщи четвертичных отложений. Данный почвенный округ является западной окраиной моренно-равнинного возвышенного (выше абс. отм. 200 м) почвенного округа.

Кроме почв катены на Клинско-Дмитровской гряде были исследованы следующие почвы гумидной зоны:

- Агродерново-глубокоподзолистая среднепахотная легкосуглинистая почва на пылеватых бескарбонатных (покровных) суглинках. Московская область, Солнечногорский район, Клинско-Дмитровская гряда (разрез 6Ч);
- Агродерново-мелкоподзолистая среднепахотная легкосуглинистая почва на пылеватых бескарбонатных (покровных) и карбонатных суглинках, подстилаемых древнеозерными озерно-ледниковыми суглинками и глинами. Ярославская область, Ростовский район, Борисоглебская возвышенность (разрез 3-08П, Пужбол).

Разрез 6Ч заложен в УОПЭЦ «Чашниково», в пределах водораздельной поверхности Клинско-Дмитровской гряды, находится значительно юго-западнее относительно агрокатены. Агродерново-глубокоподзолистая почва сформирована на пылеватых бескарбонатных (покровных) суглинках.

Разрез 3-08П (Пужбол) приурочен к I ярусу Борисоглебской возвышенности, ограниченной котловиной оз. Неро (Ростовский р-н

Ярославской обл.). Важной морфолого-литологической особенностью разреза, которая предположительно могла бы сказаться на анизотропию, является то, что верхняя часть разреза (до глубины 1,4 м) сформирована на пылеватых бескарбонатных суглинках (в частности горизонты, являющиеся объектом данного исследования – Р, ВЕL, ВТ1), а средняя часть (1,4–1,8 м) – в пределах пылеватых карбонатных суглинков.

2.2. Методы изучения пространственной изменчивости свойств почв

Для оценки горизонтально-вертикальной неоднородности свойств почв на уровне горизонта почв были изготовлены специальные параллелепипедные пробоотборники размерами 7,5*2,5*2,5 см, что дало возможность изучить ряд свойств, в т.ч. плотность сложения почв в разных направлениях в пределах горизонтов.

По профилю различных почв были отобраны образцы объемом около 40 см³ с горизонтальной и вертикальной ориентацией пробоотборника в 3-кратной повторности для каждого положения. Почвенные образцы отбирали из основных генетических горизонтов почвенных профилей (более 500 образцов), что позволило выявить внутривертикальную дифференциацию величин измеряемых параметров.

До отбора образцов в тех же местах измерялось электрическое сопротивление по вертикали и горизонтали профиля почвы с помощью датчиков с фиксированными полуразносами АМNB и расстоянием между ними в 2.5 см прибором LandMapper-02 (рис.2).

Для определения физических и химических свойств почв были использованы классические методы и приборы (Полевые и лабораторные методы..., 2001; Теории и методы физики почв, 2007).

В лаборатории определены: полевая влажность термостатно-весовым методом; плотность почвы весовым методом; содержание углерода при помощи экспресс-анализатора АН-7529М (Когут Б.М., Большаков В.А. и др., 1993); плотность твердой фазы с помощью пикнометров (Физико-химические методы

исследования почв, 1980), рассчитана порозность; гранулометрический состав методом лазерной дифрактометрии на приборе «Analysette-22».

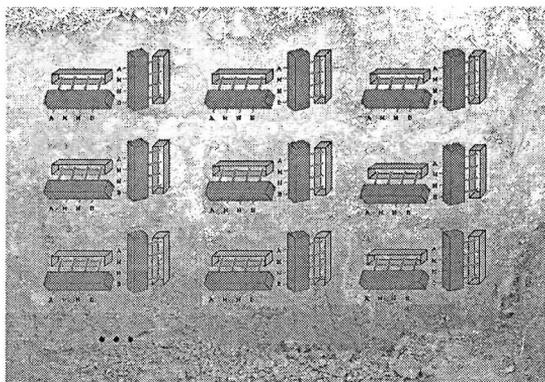


Рис 2. Схема отбора образцов для изучения пространственно-разнонаправленной изменчивости свойств почв

Для оценки горизонтально-вертикальной неоднородности почв на иерархическом уровне «выше» почвенного профиля (педона) был использован метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), которым при измерениях охватываются объемы почв от 0,3 м³ до 3 и более м³ (Поздняков А.И., 2001).

Электрическое сопротивление в лаборатории и полевых условиях измерялось четырехэлектродными датчиками AMNB прибором Landmapper-02.

2.3. Подходы и методы оценки анизотропии свойств почв

Одной из задач исследований являлась разработка методов и способов оценки горизонтально-вертикальной неоднородности.

Для оценки горизонтально-вертикальной неоднородности на разных иерархических уровнях были использованы следующие показатели.

1) На катенно-ландшафтном уровне – коэффициент анизотропии « λ », определенный с использованием метода ВЭЗ.

В этом случае были использованы понятия продольной проводимости (S_k) и поперечного сопротивления (T_k). Расчет проводили по формулам, широко используемым в электрогеофизике (Дахнов, 1959).

$$T_k = r * \rho_k, \quad S_k = \frac{r}{\rho_k},$$

где r – полуразнос В/2; ρ_k – кажущееся удельное электрическое сопротивление на том же полуразносе электродов АВ;

Для слоя с эффективной глубиной зондирования были рассчитаны дифференциальное продольное (ρ_{Δ}^S) и поперечное сопротивление (ρ_{Δ}^T) и коэффициент анизотропии (λ) слоя почвы, охваченного зондированием на соседних по размерам разносах.

$$\rho_{\Delta}^T = \frac{\Delta T_k}{\Delta r}, \quad \rho_{\Delta}^S = \frac{\Delta r}{\Delta S_k}, \quad \lambda = \sqrt{\frac{\rho_{\Delta}^T}{\rho_{\Delta}^S}}, \quad \lambda = \sqrt{\frac{\Delta T_k * \Delta S_k}{\Delta r^2}}$$

Отметим, что чем ближе коэффициент анизотропии « λ » к единице, тем однороднее среда по электрическому сопротивлению, которое зависит от свойств породы: гранулометрического и минералогического состава, содержания гумуса, ППК, концентрации почвенного раствора.

2) На профильном уровне использовался коэффициент корреляции (r) между профильными распределениями величин того или иного признака, определенного при горизонтальном и вертикальном их направлении. Этот показатель характеризует, насколько тождественны или не тождественны профильные ряды значений признаков, определенные при горизонтальной и вертикальной ориентациях отбора образцов. Такая оценка оказалась наилучшей из всех испытанных параметров этой взаимосвязи – коэффициента наклона кривой « b » и тесноты связи «альфа». Оценка посредством коэффициента корреляции возможна также потому, что изменение свойств при вертикальном

и горизонтальном отборе образцов не обнаруживают кратности изменений в пространстве.

3) На горизонтном уровне применялось отношение между выраженностью признака по горизонтали к признаку по вертикали $k = \text{Пгор./Пверт.}$. Этот коэффициент для каждого горизонта может быть больше или меньше единицы, в зависимости от того, по какому направлению признак более выражен.

Глава 3. Оценка анизотропии свойств почв зонального ряда

3.1. Внутригоризонтная и внутрипрофильная и горизонтально-вертикальная неоднородность (анизотропия) базовых свойств дерново-подзолистых почв

Полевая влажность

Свойство, которое в первую очередь определяется при характеристике распределения свойств в полевых условиях и зависит от многих факторов: метеорологических условий, уровня грунтовых вод, механического состава почвы, характера растительности и т. д. – полевая влажность. Поэтому следовало бы ожидать, что это свойство будет проявлять анизотропность в большей степени, но в целом, для почв северной части Клинско-Дмитровской гряды можно отметить лишь не на много большую величину влажности при горизонтальном отборе образцов, чем при вертикальном. Об этом свидетельствует соотношение коэффициента k . Коэффициенты корреляции между влажностью, определенной в горизонтально расположенных образцах и влажностью, определенной в вертикально расположенных образцах, высоки – 0,8–1,0, т.е. почвы в этом отношении однородны (изотропны).

В тоже время влажность почв разрезов 6Ч (Чашниково) и 3-08П (Пужбол) имела коэффициенты корреляции горизонтально-вертикальной неоднородности 0,493 и 0,441, что свидетельствует о большой неоднородности величины этого параметра (табл. 1). Обусловлено это тем, что образцы для исследований были отобраны в разных условиях увлажнения – на Клинско-

Дмитровской гряде обычно сразу из свежеврытого разреза, а в почвах разрезов 6Ч (Чашниково) и 3-08П (Пужбол) по истечении некоторого времени (1–2 дня) после вскрытия разреза.

Плотность сложения почвы

Значения этого свойства неоднородны во всех почвах Клинско-Дмитровской гряды независимо от литологических особенностей поверхностей, на которых сформированы почвы. Коэффициенты корреляции плотности по профилю этих почв в целом не превышают 0,5–0,6, а коэффициенты соотношений свойства отдельных горизонтов, измеренного по горизонтали к определенному по вертикали для того же горизонта, большей частью больше единицы. Для разрезов №6 (Чашниково) и Пужбол 3-08 анизотропия плотности почвы - коэффициент корреляции равен 0,675 и 0,864.

Плотность твердой фазы почти всех исследованных почв мало подвержена изменениям по направлениям, как для горизонтов по отдельности, так и почвенных профилей в целом. В зависимости от направления коэффициенты тождественности профильных распределений плотности твердой фазы всех исследованных почв очень близки к единице (0,9–1,0), т.е. почвы по этому свойству однородны.

Порозность (расчетная) – практически единственное свойство, обладающее достаточно устойчивой горизонтально-вертикальной неоднородностью, как в самих горизонтах, так и их закономерных сочетаниях – почвенных профилях. Хотя отличия в горизонтах могут быть в сторону увеличения порозности как в горизонтальном, так и вертикальном направлениях, но общая тенденция такова - порозность в горизонтальном направлении значительно выше, чем в вертикальном. Установлено, что это практически устойчивая закономерность, с высокой степенью достоверности. Заметим, что общий для профилей коэффициент корреляции признака, определенного по горизонтали и вертикали для порозности, очень сильно

отличается от плотности твердой фазы и определяется, по-видимому, горизонтально-вертикальной неоднородностью общей плотности почвы.

Несмотря на то, что порозность – расчетная величина и зависит от плотности почвы и плотности твердой фазы, говорить о горизонтально-вертикальной неоднородности ее можно, так как статистически это подтверждено.

Горизонтально-вертикальная неоднородность *содержания органического углерода*, как основного признака, выражающего гумусовое состояние почвы, практически отсутствует. В этом отношении все исследованные почвы однородны, как по отдельным горизонтам, так и по профилям в целом.

Электрическое сопротивление как свойство, зависящее от достаточно большого числа различных свойств почв, оказывается однородным при изучении в разных направлениях. Заметим, что только горизонтально-вертикальную неоднородность (анизотропию) электрического сопротивления можно изучить идеально с методической точки зрения, так как сопротивление в профиле можно измерить в одной и той же точке, не прибегая к ее нарушению. Коэффициенты тождественности изменения электрического сопротивления, измеренного по профилю почти всех почв при горизонтальном и вертикальном расположении датчика для сопротивления близки к единице.

Содержание ила и физической глины в некоторых почвах показывает ярко выраженную горизонтально-вертикальную неоднородность. Это разрезы 10М-07, 11М-08 агрокатены Клинско-Дмитровской гряды, разрез 6Ч (Чашниково), разрез 3-08П (Пужбол).

Результаты по оценке анизотропии базовых свойств почв представлены в таблице 1.

Горизонтально-вертикальная неоднородность свойства дерново-подзолистых антропогенно-преобразованных почв

Разрез Свойство	11М-08	10М-07	9М-07	Р-3 6 ч	Р.3-08 П
1. Полевая влажность	±	-	-	+	+
2. Плотность	±	±	+	±	±
3. Плотность тв. фазы	-	-	-	-	-
4. Порожность	+	±	+	±	±
	(0.282)	(0.840)	(0.151)	(0.618)	(0.827)
5. Электрическое сопротивление (поле)	-	+	-	-	-
6. Электрическое сопротивление (лаборатория)	-	±	-	-	-
7. Углерод, %	-	-	-	-	-
8. Содержание ила %	+	±	-	±	±
9. Содержание физ. глины %	+	+	-	±	±

Степень выраженности горизонтально-вертикальной неоднородности

- слабая	± средняя	+ сильная
$r > 0.9$	$r = 0.6-0.9$	$r < 0.6$

Итак, исследованные почвенные свойства антропогенно-преобразованных почв подзолистого типа имеют разные уровни горизонтально-вертикальной неоднородности. Обнаружена неоднородность таких свойств, как полевая влажность при средних и малых ее величинах, содержание ила и физической глины. Высокие значения горизонтально-вертикальной неоднородности принадлежат плотности этих почв и порозности. Проявление горизонтально-вертикальной неоднородности этих свойств почв объясняется, по-видимому, тем, что почвы изначально сформированы на литологически неоднородных породах с последующим усилением этой неоднородности за счет почвообразовательных процессов.

Аналогичные данные были получены для антропогенно-преобразованных черноземов Ямской степи, темно-серой почвы Белгородской области, бурой полупустынной почвы и солончака Астраханской области.

3.2. Использование геофизических методов при оценке горизонтально-вертикальной неоднородности на катенно-ландшафтном иерархическом уровне

Высокая пространственная неоднородность физических свойств почв и пород агроландшафтов диктует необходимость новых подходов и методов пространственного обследования территории.

Важной особенностью электрофизических методов является то, что можно проводить исследования без нарушения почвенного покрова, выполняя измерения с поверхности почвы, получать информацию с любой интересующей глубины. Такими особенностями, насколько нам известно, не обладает практически ни один из применяемых сейчас в почвоведении методов и подходов (Поздняков А.И. и др., 2002).

Электрические методы находят все более широкое применение в почвенной, экологической, мелиоративной и земледельческой практике. Измерения этими методами очень просты и, благодаря современным портативным электроизмерительным приборам, выполняются быстро без существенных затрат времени и труда.

Эти методы можно широко использовать для экспрессной оценки профильной организации почв, детального и крупномасштабного картирования и оценки неоднородности почвенного покрова, мониторинговых наблюдений за некоторыми свойствами почв, в частности, оценки засоления, влажности и других. Полезно их применять и при наблюдениях за протеканием разных процессов в почвах, например, при движении воды, процессов промерзания – оттаивания; наблюдениях за глубиной залегания грунтовых вод, зоны и глубины иссушения почв, оценки различных загрязнений, в том числе и нефтяных (Поздняков А.И. и др., 2004).

На рис.3 представлены данные по электрическому сопротивлению почв Катены Клинско-Дмитровской гряды. Электрическое сопротивление было определено методом ВЭЗ, с помощью прибора Landmapper-02 по профилю почвы и в лаборатории в пастах. В результате показано, что высокое сопротивление 100–500 и более Ом*м соответствует I и II ярусам, которые сложены с поверхности озерно-ледниковыми песками и супесями. А низкое <50 Ом*м – III, IV ярусам, сложенным пылеватыми бескарбонатными слоистыми и неслоистыми суглинками.

Оценка вертикально-горизонтальной неоднородности почв и пород методом ВЭЗ изучена в пределах 3-х пахотных массивов (варьирование площадей массивов составляет 20–40 га), каждый из которых приурочен к ярусам Клинско-Дмитровской гряды, на которых заложены опорные разрезы: 9М-07, 10М-07, 11М-08.

При анализе и сравнительной характеристике ВЭЗов агродерново-подзолистых почв было замечено следующее. Агропочвы, сформированные на разных ярусах, обладают очень различным сопротивлением, что определяется прежде всего литологическим строением пород.

Клинско-Дмитровская гряда в районе исследования в целом представлена чередованием относительно однородных суглинистых пород (IV и V ярусы рельефа) и песчано-слоистых озерно-ледниковых отложений, подстилаемых озерно-ледниковыми глинами (I и II ярусы). Выявлено, что почвообразующая порода – пылеватый бескарбонатный (покровный) суглинок (IV и V ярусы) сам по себе тоже весьма неоднороден. Хотя верхняя его часть достаточно однородна – коэффициент горизонтально-вертикальной неоднородности на полуразносах АВ на глубине около 2 м близок к единице. С глубиной коэффициент горизонтально-вертикальной неоднородности резко увеличивается, достигая двух и даже трех единиц. Это свидетельствует о том, что под суглинком залегают очень неоднородные породы, по-видимому,

моренные суглинки и песчано-слоистые флювиогляциальные отложения (рис. 4).

Легко прослеживается, что наибольшей горизонтально-вертикальной неоднородностью обладают породы на I и II ярусах исследованной катены, где сопротивление наиболее резко меняется от низких 40-60 ом*м до весьма высоких значений в несколько тысяч Омм. Почвообразующими породами на I ярусе, как было показано, являются озерно-ледниковые пески и супеси, подстилаемые озерными глинами.

Таким образом, на катенно-ландшафтном иерархическом уровне для оценки горизонтально-вертикальной неоднородности почвенной толщи использованный метод вертикального электрического зондирования показал хорошие результаты. Величины коэффициентов анизотропии «лямбда» для Клинско-Дмитровской гряды варьируют в широких пределах (0,5 до 4,5): I ярус – 0,5–9,0; II ярус – 0,5–8,5; III ярус – 0,5–4,5; IV ярус – 0,5–3,5; V ярус – 0,5–3,0. Другими словами, наибольшая анизотропия электрического сопротивления (на глубину до 2 м) выявлена для агропочв и пород, сформированных в пределах двух низких (абс. отм. 130–160 м) ярусов рельефа.

Причем бóльшие величины анизотропии выявлены для резко контрастных двучленов, представленных древнеозерными крупнопылеватомелкопесчаными супесями, подстилаемыми на глубине 1,0–1,5 м древнеозерными песчано-иловатыми глинами (I ярус) и иловато-крупнопылеватыми тяжелыми суглинками, также имеющими озерно-ледниковый генезис.

Резкое уменьшение варьирования величин коэффициентов анизотропии выявлено для почв и пород, сформированных в пределах террасовидной поверхности III яруса, что достаточно четко диагностирует менее контрастные двучлены: пылеватые супеси мощностью до 0,5 м, сменяющиеся пылеватыми (покровными) суглинками.

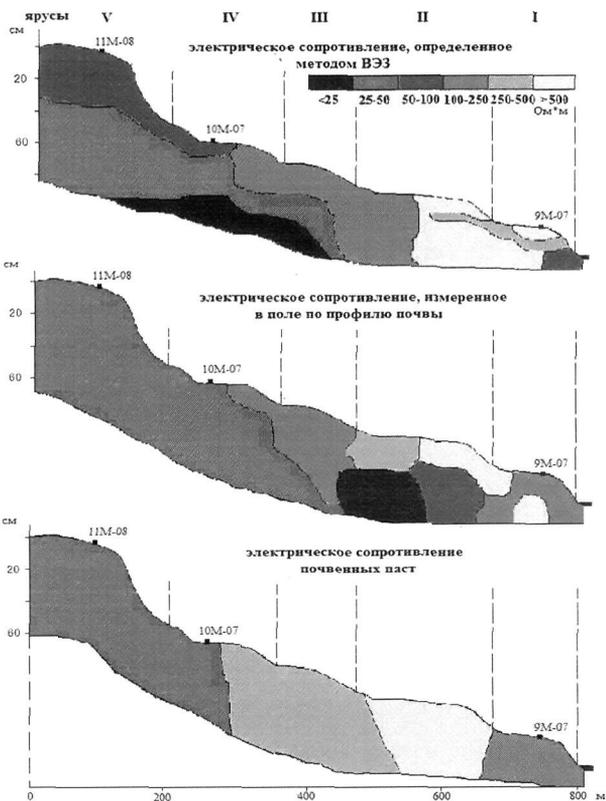


Рис. 3. Электрическое сопротивление почв Клинско-Дмитровская гряды

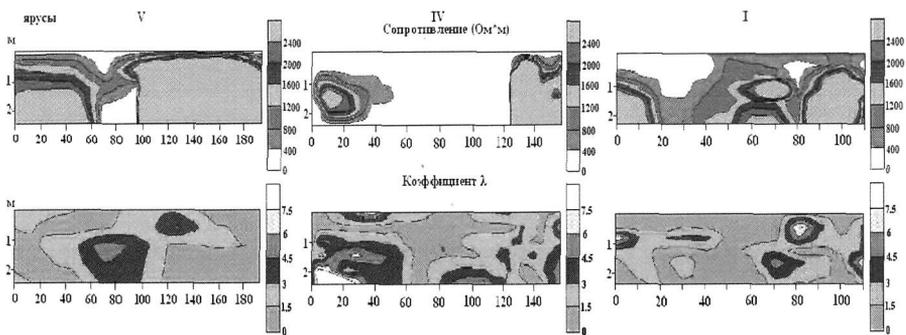


Рис.4. Картина распределения электрического сопротивления и коэффициента его анизотропии почв и пород Клинско-Дмитровской гряды

Для более высокого гипсометрического уровня рельефа (V ярус) установлено заметно меньший размах варьирования величин анизотропии, что в целом отражает литологическое строение поверхности: пылеватые бескарбонатные (покровные) суглинки, на которых развиты агродерново-подзолистые почвы.

Наконец, установленный для почв и пород водораздельных поверхностей Клинско-Дмитровской гряды (V ярус) наименьший размах варьирования анизотропии, отражает доминирование относительно однородной толщи пылеватых бескарбонатных (покровных) суглинков.

В целом, выявленные на основе съемок ВЭЗ закономерности на катенно-ландшафтном уровне - резкое уменьшение величин анизотропии, характерное для относительно однородных суглинистых отложений высоких геоморфологических уровней (IV и V ярусы, абс. отм. >175 м) по сравнению с контрастными, особенно в пределах низких уровнях (I и II ярусы), двучленными наносами, свидетельствует в пользу существования подпрудных приледниковых озер, существовавших в пределах перигляциальной зоны Русской равнины в период максимума валдайского криохрона (18–20 тыс.л.н.). Макросклон Клинско-Дмитровской гряды являлся бортом этих озер, а выклинивающиеся супеси (тонкий кроющийся слой двучленов) и пылеватые слоистые наносы на поверхностях с абс. отм. до 175 – 180 м являются прямыми реперами высокого стояния уровня приледниковых озер в межледниковье, что согласуется с ранее высказанными гипотезами (Русаков и др., 2009).

3.3 Связь электрического сопротивления с базовыми свойствами почв

Так как почва представляет собой дисперсную среду с большим количеством пор и капилляров, заполненных растворами электролитов, высокой сорбционной способностью к катионам, то она обладает в основном ионной проводимостью. От концентрации и подвижности ионов в почвенном растворе и ионов в сорбированном состоянии во многом зависит величина электросопротивления.

Удельное электрическое сопротивление почв зависит от многих факторов, среди которых следует отметить следующие: минералогический и механический состав, пористость, влажность, концентрация солей в почвенных растворах, температура (рис.5).

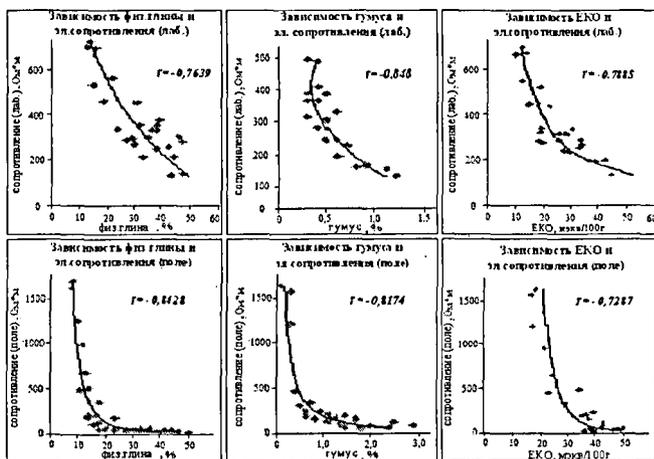


Рис. 5. Зависимости электрического сопротивления от базовых свойств почв

Нашими исследованиями установлено, что коэффициенты корреляции между величинами удельного электрического сопротивления, определенные в почвенном профиле без нарушения сложения почвы при достаточно высокой влажности (20-60% ППВ), когда влияние ее малозначимо, а также между величинами сопротивления почвенных паст, приготовленных в соотношении почва-раствор 1:1, и «базовыми» свойствами: физической глиной, емкостью кationного обмена, гумусом находятся в пределах от -0,73 до -0,85.

Таким образом, электрическое сопротивление можно рассматривать как обобщенную характеристику этих свойств почв и оценку их анизотропии.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Установлено, что большинство свойств исследованных автоморфных почв при разномасштабных уровнях апробации и разнонаправленном определении неоднородны, то есть обладают анизотропией.

2. Показано, что высокой горизонтально-вертикальной неоднородностью (анизотропией) на горизонтном и профильном уровнях обладают: *плотность сложения почвы* ($k=0,9-1,1$, $r=0,5-0,6$); *полевая влажность* ($k=1,0-1,3$, $r=0,4-0,5$); *порозность* ($k=0,9-1,2$, $r=0,2-0,6$). Причем, если первые два свойства могут иметь разнонаправленные изменения (градиенты) в пространстве, то порозность, определенная по горизонтали, как правило, всегда выше, чем порозность, определенная по вертикали. Это свидетельствует, по-видимому, о высокой интенсивности боковых потоков влаги в этих почвах на склонах. Величины r для *электрического сопротивления* почв ($k=1,0$, $r=0,9-1,0$) и *содержания органического углерода* ($k=1,0$; $r=0,9-1,0$) практически одинаковы при горизонтальном и вертикальном определении, так как их изменения зависят от большого числа свойств почв и часто разнонаправленных процессов.

3. Для оценки горизонтально-вертикальной неоднородности на разных иерархических уровнях предлагается использовать следующие показатели:

а) на уровне *горизонта* удобно использовать коэффициент соотношений значений свойств (k), определенных по горизонтали к значениям этих же свойств, определенных по вертикали - $k = \Pi_{гор} / \Pi_{верт}$, Π -признак.

б) на уровне *почвенного профиля* для оценки горизонтально-вертикальной неоднородности предложено использовать коэффициент корреляции между профильными распределениями того или иного признака, при горизонтальном и вертикальном их определении.

в) на *катенно-ландшафтном* иерархическом уровне почвенной и грунтовой толщи наиболее целесообразно применять электрические методы, в

частности, вертикальное электрическое зондирование. При этом следует использовать коэффициент анизотропии « λ », представляющий собой соотношение поперечного и продольного сопротивления.

4. Для почв агрокатены на Клинско-Дмитровской гряде характерны коэффициенты « λ » от 0,5 до 9,5. Так для I яруса с песчаными почвами « λ » - 0,5 - 9,0; для II яруса с супесчаными и легкосуглиннистами - 0,5 - 8,5; для III - V ярусов с суглинистыми почвами « λ » - 0,5 - 4,5.

5. Получена корреляционная экспоненциальная зависимость электрического сопротивления с «базовыми» свойствами почв: физическая глина - сопротивление паст $r=-0,76$; физическая глина - сопротивление (поле) $r=-0,84$; гумус - сопротивление паст $r=-0,69$; гумус - сопротивление (поле) $r=-0,62$; ЕКО - сопротивление паст $r=-0,79$; ЕКО - сопротивление (поле) $r=-0,73$. Эти зависимости можно успешно использовать для предварительной оценки неоднородности «базовых» свойств почв, оценки их анизотропии.

6. Анизотропность почвы в значительной мере зависит от почвообразующей породы и перераспределения веществ по профилю в процессе почвообразования.

7. Анизотропию необходимо учитывать при методических разработках и оценке характера распределения физических свойств почв, процессов формирования и трансформации почвенного покрова.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. А. И. Поздняков, А.Ю. Радиокина, А. Д. Позднякова, С.М. Шалагинова. Выявление и оценка неоднородности и анизотропии почв лесных биогеоценозов полевыми экспресс-методами электрического сопротивления // Лесоведение. Москва: МАИК «НАУКА/ИНТЕРПЕРИОДИКА», 2008, №1, с. 60-66;
2. А. И. Поздняков, А.В. Русаков, С.М. Шалагинова, А.Д. Позднякова. Анизотропия свойств некоторых антропогенно-преобразованных почв подзолистого типа // Почвоведение, 2009, № 11, с. 27-38
3. А. И. Поздняков, С.М. Шалагинова, А.В. Русаков. Анизотропия некоторых почв зонального ряда // Материалы V Всероссийского съезда почвоведов, Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2008, с. 502;
4. А. И. Поздняков, А.П. Шваров, С.М. Шалагинова. Анизотропия некоторых физических свойств засоленных бурых полупустынных почв и солончаков // Материалы X Международной научной конференции, посвященной 450-летию Астрахани: «Эколого-биологические проблемы бассейна Каспийского моря и водоемов внутреннего стока Евразии». Астрахань, Издательский дом «Астраханский университет», 2008, с. 188-190.

Подписано в печать: 28.03.2011

Заказ № 5226 Тираж - 100 экз.

Печать трафаретная.

Типография «11-й ФОРМАТ»

ИНН 7726330900

115230, Москва, Варшавское ш., 36

(499) 788-78-56

www.autoreferat.ru