

## АНИЗОТРОПИЯ СВОЙСТВ ЦЕЛИННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ И ТЕМНО-СЕРОЙ ПОЧВЫ ЯМСКОЙ СТЕПИ

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Россия

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Россия

Выявлено, что большинство исследованных почвенных свойств в той или иной степени обладают горизонтально-вертикальной неоднородностью. Установлено, 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 исследования, всегда однородны по разным направлениям, т.е. их значения практически одинаковы при горизонтальном и вертикальном отборе образцов для их определения. Повидимому, это обусловлено большим количеством свойств почв, на них влияющих и разнонаправленных процессов их формирования.

*Ключевые слова:* анизотропия, черноземы, темно-серые почвы, полевая влажность, плотность, порозность, электрическое сопротивление, органический углерод.

А. В. Русаков<sup>1</sup>, А. И. Поздняков<sup>2</sup>, С. М. Шалагинова<sup>2</sup>, А. Д. Позднякова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургський державний університет, Росія

<sup>2</sup>Московський державний університет ім. М. В. Ломоносова, Росія

## АНИЗОТРОПИЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЦІЛИННИХ ЧОРНОЗЕМІВ ТА ТЕМНО-СІРОГО ҐРУНТУ ЯМСЬКОГО СТЕПУ

Выявлено, що більшість досліджених ґрунтових властивостей в тому чи іншому ступені характеризуються горизонтально-вертикальною неоднорідністю. Встановлено, що польова вологість, щільність ґрунту та пористість – властивості, які найбільше розрізняються за горизонтально-вертикальним напрямом. Причому, якщо перші дві властивості можуть мати різноспрямовані зміни за величиною, то пористість ґрунту за горизонталлю в перетвореній ґрунтоутворенням товщі порівняно з породою, практично, завжди вище, ніж за вертикаллю.

Величини електричного опору та органічного вуглецю, як показали дослідження, завжди однорідні за різними напрямом, тобто їх значення практично однакові при горизонтальному та вертикальному відборі зразків для їх визначення. Мабуть, це обумовлено більшою кількістю властивостей ґрунтів, які на них впливають та різноспрямованих процесів їх формування.

*Ключові слова:* анизотропія, чорноземи, темно-сірі ґрунти, польова вологість, щільність, пористість, електричний опір, органічний вуглець.

A. V. Rusakov<sup>1</sup>, A. I. Pozdnyakov<sup>2</sup>, S. M. Shalaginova<sup>2</sup>, A. D. Pozdnyakova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State University, Russia

<sup>2</sup>M. V. Lomonosov Moscow State University, Russia

## ANISOTROPY OF VIRGIN CHERNOZEMS AND DARK-GREY SOILS PROPERTIES OF YAMSKAYA STEPPE

The horizontal-vertical dissimilarity with different degree of manifestation was revealed in the majority of investigated soil properties. It was ascertained, that field moisture content, a soil density and porosity are the most dissimilar properties in horizontal-vertical directions. And, if first two properties can have different directional alterations, then for a soil thickness, transformed in a comparison with a rock by a soil formation processes, porosity in a horizontal direction is practically always higher than in a vertical line.

Electrical resistivity values and organic carbon content in investigations were always similar in different directions, i.e. these properties are virtually equal under both horizontal and vertical taking of a sample for their measurement. Apparently, it is caused by an ample quantity of soil properties affecting on them, and by a multiplicity of ways of their formation.

*Key words:* anisotropy, chernozems, dark-grey soils, field moisture content, density, porosity, electrical resistivity, organic carbon.

Почва – неоднородное природное образование, характеризующееся как временной, так и пространственной изменчивостью. Высокая пространственная неоднородность свойств почв является неотъемлемой особенностью почвенного покрова.

До настоящего времени мало обращалось внимания на закономерности изменения физических свойств в зависимости от направления в пространстве внутри одного и того же горизонта в непосредственной близости (анизотропию). Исследования неоднородности почвенных свойств были, в основном, связаны с изучением почв и качественным объяснением характера переходов между горизонтами в почвенном профиле, качественным объяснением форм границ горизонтов.

Важно обратить внимание на следующие моменты:

1. Вследствие большей протяженности горизонтальной составляющей почв 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).

2. 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, например, правильных приемов отбора образцов.

2. С почвенно-генетической изучение горизонтально-вертикальной неоднородности важно для диагностики почвенных горизонтов, выявления ряда генетических особенностей почв.

3. Такие знания могут быть важными и информативными при выявлении литологического строения поверхностей, закономерностей пространственной дифференциации и седиментации пород, что в целом отражает ландшафтную организацию конкретной территории.

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.

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

Поэтому, для определения неоднородности свойств почв в локальном месте наблюдения в данной работе предложено использовать понятие анизотропия, которое во многих науках уже определено.

Целью данной работы является изучение пространственной изменчивости свойств некоторых почв при их разнонаправленном почвообразовании:

– 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 специального параллелепипедного пробоотборника;

– разработать показатели для оценки горизонтально-вертикальной неоднородности свойств почв на горизонтном и профилном уровнях организации почв.

## ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследования были выбраны целинные черноземы и темно-серая почвы, расположенные в пределах участка «Ямская степь» заповедника «Белогорье». Необходимо особо отметить, что Ямская степь является единственным в мире сохранившимся участком южного варианта луговых степей на мощных черноземах в сочетании с дубравами.

Обследованная заповедная территория расположена в зоне лесостепи в юго-юго-западной части Среднерусской возвышенности, в 10 км к юго-востоку от г. Губкина. Участок луговой степи площадью 5,66 км<sup>2</sup> приурочен к водоразделу небольших рек Чуфички и Дубенки, принадлежащих бассейну р. Оскол. В целом рассматриваемая территория Ямской степи относится к региону эрозионно-денудационных пластово-моноклиналиных возвышенностей и аккумулятивных низменностей Воронежской антиклизы. Абсолютные высоты водоразделов составляют от 150 до 200–250 м и более.

Как показали наши исследования (Русаков, 2010) доминирующими компонентами почвенного покрова Ямской степи являются почвы, входящие в отделы гумусово-аккумулятивных и текстурно-дифференцированных почв (около 89 % от общей площади участка) в соответствии с «Классификацией и диагностикой почв России» (2004). Среди указанных отделов резко преобладают черноземы и темно-серые почвы (70,3 и 11,7 % соответственно от общей площади).

В качестве объектов исследования для выявления анизотропии свойств были выбраны почвы, принадлежащие к этим двум типам, что позволяет получить общее представление о закономерностях проявления «почвенно-физической» анизотропии горизонтов и всего профиля целинных почв не только применительно к Ямской степи, но в целом и к лесостепной зоне южной части Среднерусской возвышенности. Ниже приводится классификационное положение почв, их положение в рельефе и характер растительности.

1. Чернозем миграционно-мицелярный тяжелосуглинистый среднemocный глубоко карбонатный на карбонатном лессовидном суглинке (разр. 62Я-06). II квартал. Верхняя часть очень пологого ( $\approx 1^\circ$ ) склона восточной экспозиции. Режим ежегодного сенокоса. Разнотравно-злаковая степь с доминированием костреца берегового и горошка тонколистного и участием вейника наземного, пырея среднего, овсяницы, овсеца пушистого, мятлика узколистного, тысячелистника щетинистого, ясенника розоватого, астрагала датского, крупки сибирской, лабазника обыкновенного, земляники зеленой, подмаренника, эспарцета песчаного, зопника клубненосного, шалфея лугового и др. Проективное покрытие – около 80 %.

2. Чернозем миграционно-мицелярный тяжелосуглинистый mocный глубоко карбонатный на карбонатных лессовидных суглинках (разр. 155Я-07). VI квартал. Верхняя часть пологого склона юго-восточной экспозиции. Встречаются небольшие микроповышения – муравейники земляных муравьев, выбросы слепыша, обилие куртин злаков. Отличительной особенностью поверхности участка является хорошо и повсеместно выраженный mocный (3–7, местами до 10 см) степной войлок (опад) состоящий, в основном, из отмерших стеблей злаков. Западный («А») участок некосимой степи. Горошково-злаковая (горошково-вейниково-кострецовая) степь с доминированием вейника наземного, костреца безостого, мятлика узколистного, пырея промежуточного, овсяницы, горошка тонколистного, земляники зеленой, резака, крупки, ириса, подмаренника северного. Общее проективное покрытие – около 60 %.

3. Темно-серая тяжелосуглинистая среднemocная глубоко карбонатная на карбонатных лессовидных суглинках (разр. 143Я-07). VII квартал. Средняя часть пологого ( $\approx 2^\circ$ ) склона юго-западной экспозиции. Микрорельеф представлен приствольными повышениями. Растительность: дубняк бересклетовый разнотравно-снытевый. Древесный ярус: 9Д 1Г, общая сомкнутость 0,5. Кустарниковый ярус

(проективное покрытие 40 %): клен татарский, бересклет бородавчатый, бересклет европейский, терн, жимолость. Травянистый ярус (проективное покрытие 65 %): сныть обыкновенная, гравилат городской, подмаренник, релейник, крапива, фиалка удивительная, горошек гороховидный, купырь лесной, первоцвет, зверобой продырявленный, купена неопалимая, молочай, ломонос, зопник.

Как видно из вышесказанного, выбранные в качестве объектов исследования черноземы принадлежат к одному подтипу (черноземы миграционно-мицелярные), различающиеся на уровне вида по мощности гумусово-аккумулятивных и переходных (AB) горизонтов. Черноземы отличаются также по характеру землепользования в условиях заповедника (косимый и некосимый участки). Немаловажным обстоятельством при анализе изменения профильных величин энтропии является сходство, как для черноземов, так и для темно-серой почвы, гранулометрического состава (тяжелый суглинок) и почвообразующей породы (карбонатный лессовидный суглинок).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Краткая морфологическая характеристика почвенных разрезов и некоторые генетические характеристики почв

Профиль чернозема миграционно-мицелярного тяжелосуглинистого среднемошного глубококарбонатного на карбонатном лессовидном суглинке (разр. 62Я-06, косимая степь) имеет строение: Очес-AU1-AU2-AB-BCA1mc-BCA2mc-Cca. Суммарная мощность темногумусовых горизонтов чернозема составляет 52 см, а прогумусированной части профиля (включая гор. AB) – 72 см. Горизонты AU уплотнены, по сравнению с переходным горизонтом, отличаются мелко-комковатой и зернисто-комковатой структурой, для них характерны включения отбеленных кварцевых зерен. Аккумулятивно-карбонатные горизонты в срединной части профиля (72–181 см) отличаются буровато-палевой окраской, призматической структурой, обилием карбонатного псевдомицелия и мучнистым карбонатным налетом по граням педов. Горизонты плотные, пористые. Нижележащий гор. Cca (181–210 см) заметно менее уплотненный, пористый, непрочно-призматический, встречается единичный карбонатный псевдомицелий.

Чернозем миграционно-мицелярный тяжелосуглинистый мощный глубококарбонатный на карбонатных лессовидных суглинках (разр. 155Я-07, некосимая степь) характеризуется следующим строением профиля, во многом сходным с выше охарактеризованным целинным черноземом: степной войлок-AU1-AU2-AB-BCA1mc-BCA2mc-BCmc. Мощность темногумусовых горизонтов, как и в первом разрезе, составляет 72 см, суммарная прогумусирования мощность (нижняя граница гор. AB) составляет 85(93 см). Гумусово-аккумулятивные горизонты отличаются темно-серой (почти черной) окраской, мелко-комковато-зернистой структурой, меняющейся в нижней части гор. AU2 мелкоореховато-комковатой, уплотненностью. В гор. AB видны прямые и обратные слепышины. Срединные аккумулятивно-карбонатные горизонты (85(93)–129 см) отличаются желтовато-палевой окраской, призматически-плитчатой структурой, обилием карбонатных новообразований в виде псевдомицелия, пористостью. Нижележащий гор. BCmc (129–140 см) характеризуется палевой окраской, повышенной плотностью, пористостью, карбонатного псевдомицелия заметно меньше по сравнению со срединной толщиной разреза.

Темно-серая тяжелосуглинистая среднемошная глубококарбонатная на карбонатных лессовидных суглинках (разр. 143Я-07) имеет следующее строение: подстилка-AU1-AU2-AU3-BELhi-BT-BCmc-Cca. Суммарная мощность темногумусовых горизонтов составляет 67(70) см, структура меняется от мелко-комковатой в верхнем AU1 горизонте до мелкопризматически-ореховато-плитчатой и мелкоореховато-плитчатой в нижних гумусово-аккумулятивных горизонтах. В пределах описанной верхней толщи наблюдаются включения отбеленных зерен кварца, местами в виде скоплений, что проявляется в наличии осветленных (светло-серых) зон. В верхней части текстурной толщи почвы (67(70)–78(80) см) сформирован субэлювиальный гор. BELhi, отличающийся плотным сложением, мелкопризматически-ореховатой структурой,

пористостью. Горизонт характеризуется неоднородной окраской: на общем сером и буровато-сером фоне – отчетливая гумусово-глинистая лакировка по граням педов, поверх кутан (фрагментарно) – скопления отбеленных зерен кварца. Внутрипедная масса (ВПМ) – темно-бурая с сероватым оттенком.

Текстурный гор. ВТ (78(80)–98(101) см) отличается наибольшей плотностью в профиле, заметной пористостью, призматически-плитчатой структурой, распадающейся на ореховато-плитчатые отдельности. Окраска педов буровато-серая с желтовато-бурым оттенком, ВПМ – желтовато-бурая, по граням структурных отдельностей (по всем стенкам) – обильные темно-серые гумусово-глинистые кутаны.

Нижележащий гор. ВСмс (98(101)–115 см) – буровато-светло-палевый, призматический, менее плотный по сравнению с иллювиальным горизонтом, достаточно пластичный, пористый. Новообразования карбонатов представлены в виде псевдомицелия. По вертикальным граням педов фрагментарно встречаются очень тонкие буроватые глинистые пленки. Почвообразующая порода (гор. Сса (115–130 см) отличается буровато-палевой окраской, уплотненный, пористый, педогенные карбонаты представлены белесоватой пропиткой.

Таким образом, сравнительный морфолого-генетический анализ исследованных почв показал, что черноземы характеризуются весьма сходной профильной организацией, наличием полного и хорошо выраженного набора типодиагностических горизонтов; темно-серая почва также характеризуется наличием всего спектра горизонтов, характерных для текстурно-дифференцированных почв.

Рассмотрим внутригоризонтную и внутрипрофильную горизонтально-вертикальную неоднородность (анизотропию) базовых свойств изученных почв. При интерпретации полученных результатов, полученных для черноземов и темно-серой почвы, будем сравнивать эти величины с закономерностями изменения энтропии, полученных нами ранее для антропогенно-преобразованных почв подзолистого типа (Поздняков, 2009). Необходимо отметить общность методологических и методических подходов, положенных в основу горизонтально-вертикальной неоднородности почв, применительно к почвам южной тайги и лесостепной зоны, что позволит корректно провести анализ полученных результатов.

Даже простой визуальный сравнительный анализ распределения величин выбранных параметров по профилю показывает, что их поведение при определении горизонтально и вертикально ориентированных образцов чаще всего различно. Зачастую эти различия существенны как для разных свойств, так и для почвенных профилей в целом (рис. 1, 2).

Полевая влажность является одним из важных параметров, который характеризует распределение ряда почвенных свойств в полевых условиях и тесно связан с другими параметрами почвы. Влажность в черноземах по всему профилю изменяется в пределах 12–29 %, в темно-серой почве – 22–45 %, поскольку образцы отбирались после 1–2 дней интенсивных осадков.

Анализ анизотропии полевой влажности показывает как в черноземах, так и в темно-серой почве, заметно большую величину влажности при вертикальном отборе образцов параллелепипедным пробоотборником. Об этом свидетельствует и соотношение  $k$  (меньше единицы) (рис. 1, 2), в отличие от дерново-подзолистых почв, где  $k$  почти всегда больше 1 (Поздняков, 2009). Заметим, что различия в величинах влажности, определенной в горизонтальном и вертикальном направлениях, существенно выше в черноземе косимой степи (разр. 62Я-06), т.е. анизотропия здесь более ярко выражена, о чем свидетельствуют также коэффициенты корреляции между влажностью, определенной в горизонтально расположенном образце к вертикально расположенному. Коэффициенты корреляции свидетельствуют о тесноте связей влажности в профиле. Напомним, что чем ближе величина коэффициента к единице, тем профиль почвы более изотропен по отдельным горизонтам, но не по профильной организации.

При меньшей полевой влажности по профилю (12–26 %) почва разреза 62Я-06 имеет коэффициент корреляции этого признака, имеющей величину 0,264, тогда как почва разреза 155Я-07, где влажность выше (16–29 %), анизотропия влажности

уменьшается – коэффициент корреляции имеет величину 0,909. Для темно-серой почвы коэффициент корреляции имеет величину 0,893, т.е. близкую к чернозему на некосимом участке. Как видим, влажность в черноземах проявляет анизотропию, так же, как и в дерново-подзолистых почвах; ее градиент зависит от величины влажности.

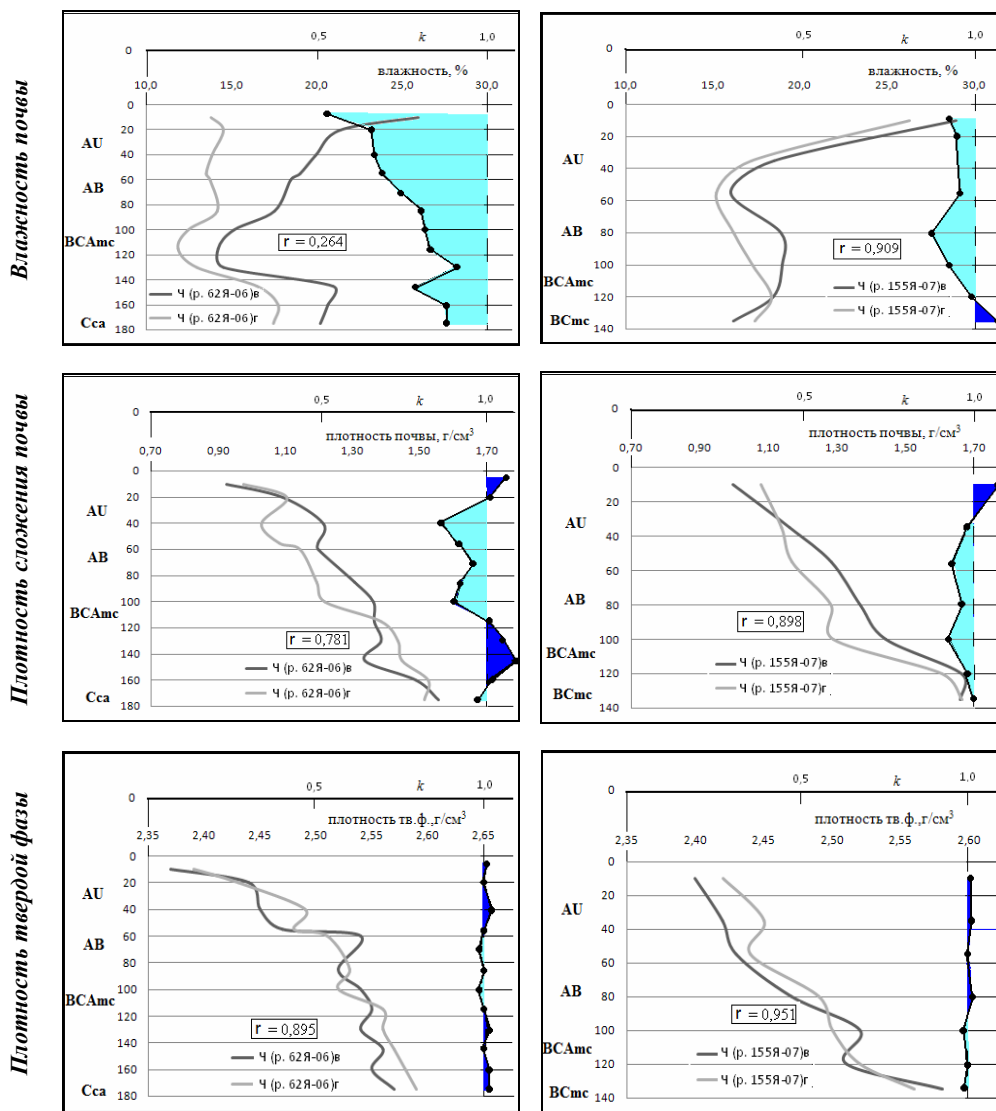


Рис. 1. Коэффициент соотношений ( $k$ ) свойств почв определенных по вертикали и по горизонтали для влажности, плотности сложения почвы и плотности твердой фазы и коэффициент корреляции ( $r$ ) для почв: чернозем миграционно-мицеллярный среднетощный глубококарбонатный на карбонатных лессовидных суглинках. Заповедник «Белогорье». Ямская косиная степь (разрез 62Я-06) чернозем миграционно-мицеллярный тяжелосуглинистый мощный глубококарбонатный на карбонатных лессовидных суглинках. Заповедник «Белогорье». Ямская некосимая степь (разрез 155Я-07)

Плотность сложения почвы. Величины плотности сложения в черноземах увеличиваются с глубиной (0,9–1,7 г/см<sup>3</sup>), при этом разр. 62Я-06 характеризуется меньшим варьированием величины этого параметра по профилю (рис. 1, 2). Темно-серая почва характеризуется в целом более плотным сложением профиля (1,1–1,7 г/см<sup>3</sup>).

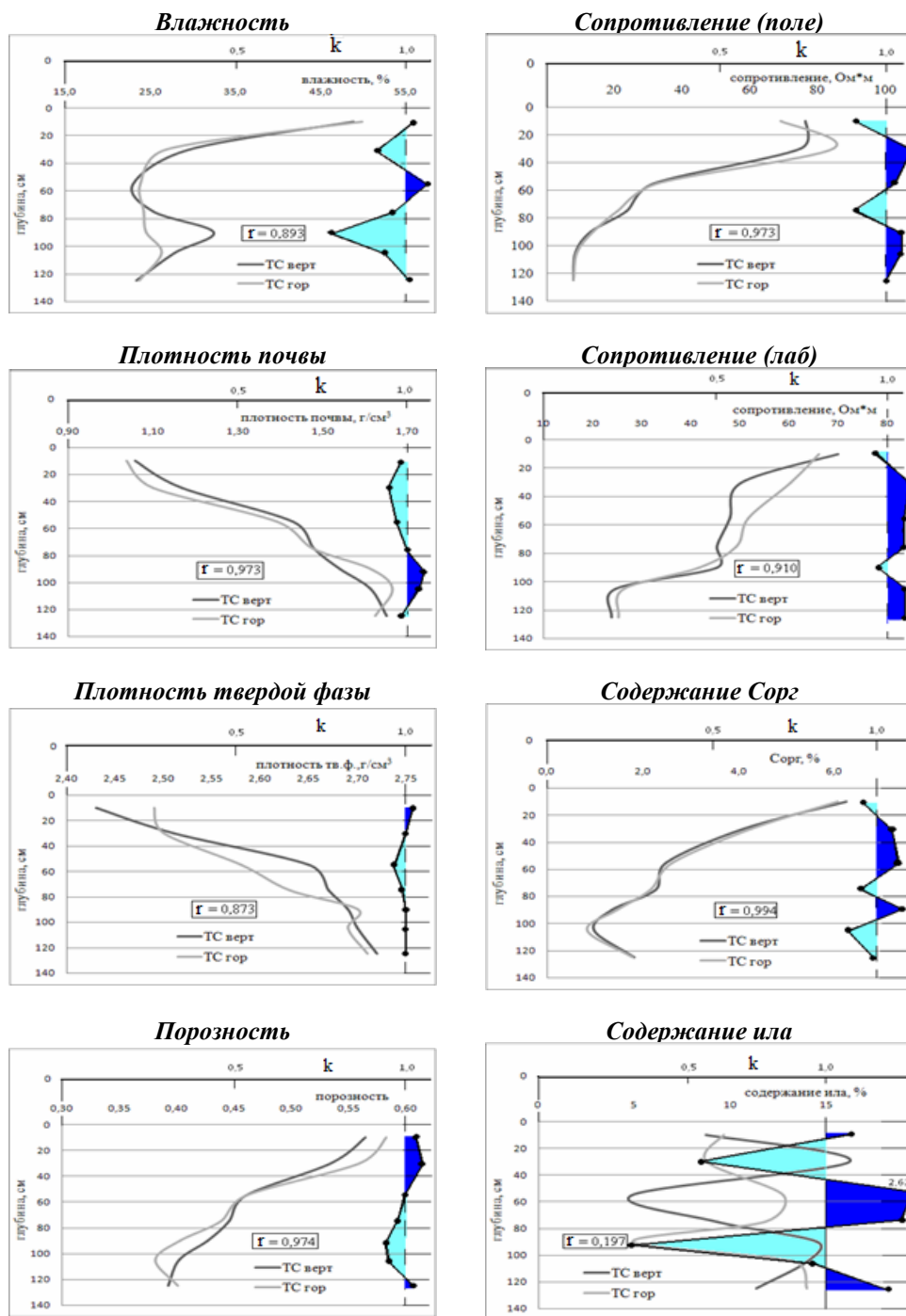


Рис. 2. Коэффициент соотношений свойств (k) по вертикали и горизонтали и коэффициент корреляции (r) для темно-серой среднесуглинистой почвы на карбонатных лессовидных суглинках (р. 143Я-07)

Коэффициенты анизотропии плотности профиля черноземов на косимом и некосимом участке составляют соответственно 0,781 и 0,898 (рис. 1, 2), темно-серой почвы – 0,973. Полученные данные позволяют констатировать наличие анизотропии данного свойства в черноземах, что раньше нами было выявлено для дерново-

подзолистых почв (Поздняков, 2009), а коэффициенты соотношений плотности сложения отдельных горизонтов, полученные в результате измерения по горизонтали и по вертикали, в большинстве случаев меньше единицы (рис. 1, 2). На этом фоне анизотропия плотности сложения для темно-серой почвы выбивается из ряда текстурно-дифференцированных почв: профиль почвы по этому параметру весьма изотропен.

Плотность твердой фазы почвы. Для исследованных черноземов величина плотности почвы по профилю варьирует в пределах 2,37–2,57 г/см<sup>3</sup>), для темно-серой почвы величины этого параметра заметно выше (2,42–2,72 г/см<sup>3</sup>). Плотность твердой фазы черноземов – мало подверженное анизотропическим изменениям свойство (рис. 1, 2). Коэффициенты корреляции почв очень близки к единице (0,895 и 0,951), т.е. почвы по этому свойству изотропны. Коэффициенты соотношений свойства по горизонтали к свойству по вертикали почти всегда больше единицы.

Коэффициент корреляции плотности твердой фазы для темно-серой почвы, составляющий 0,873, близок к исследованным черноземам. Величины соотношений этого параметра для отдельных горизонтов, измеренного по горизонтали к определенному по вертикали для того же горизонта для темно-серой почвы, в большинстве случаев меньше единицы. Полученные закономерности в отношении анизотропии плотности твердой фазы почвы, выявленные для целинных лесостепных почв, такие же, как ранее установленные для дерново-подзолистых почв, т.е. все исследованные почвы, имеющие существенные генетические различия, весьма изотропны по этому показателю.

Порозность почвы. Варьирование величины этого параметра практически одинаково в пределах профилей изученных лесостепных почв (0,60–0,35 см<sup>3</sup>/см<sup>3</sup>). Выявлено, что анизотропия порозности в черноземах – свойство, проявляющееся как в самих горизонтах, так и их сочетаниях – почвенных профилях. Порозность в горизонтальном направлении значительно выше, чем в вертикальном, т.е. можно говорить о практически устойчивой закономерности проявления анизотропии в отношении этого параметра (рис. 2, 3).

Коэффициенты анизотропии порозности черноземов составляют 0,708 и 0,871, для косимого и некосимого участков, соответственно. Для профиля темно-серой почвы данное свойство в целом не проявило анизотропии, коэффициент корреляции равен 0,974. Порозность верхних горизонтов в горизонтальном направлении здесь выше (как и в черноземах), чем в вертикальном.

Электрическое сопротивление является важным интегральным физическим свойством почвы, которое зависит от достаточно большого количества различных почвенных свойств (Поздняков, 2001). По данным этих исследований, наблюдается резкая дифференциация распределения величин кажущегося сопротивления (измеренного в поле) по профилю черноземов (рис. 2, 3). В гумусово-аккумулятивных и переходном АВ горизонтах чернозема на косимом участке (разр. 62Я-06) электрическое сопротивление резко уменьшается от 450 до 50 Ом·м (в пределах верхней 80 см толще) до 50–10 Ом·м в нижней части профиля. Причиной подобного явления, по всей видимости, является рыхлое сложение почвы в верхней части профиля, определяющее столь высокие величины сопротивления. Подобное профильное распределение величин кажущегося электрического сопротивления характерно также для чернозема на некосимом участке (разр. 155Я-07), но здесь наблюдаются значительно меньшие величины этого параметра в верхней и средней частях профиля (80–20 Ом·м). Величины истинного электрического сопротивления (измеренные в лаборатории при равновесной влажности) по профилю черноземов различаются мало (47–35 Ом·м в верхней и средней частях профиля до 20 Ом·м – в нижних).

Для темно-серой почвы (разр. 143Я-07) величины профильного распределения кажущегося сопротивления сходны с таковыми для чернозема на косимом участке (рис. 2). В то же время, величины изменения по профилю истинного сопротивления оказались заметно выше по сравнению с черноземами (70–45 Ом·м в гумусово-аккумулятивных горизонтах и текстурной толще до 35–20 Ом·м – в нижней части профиля).



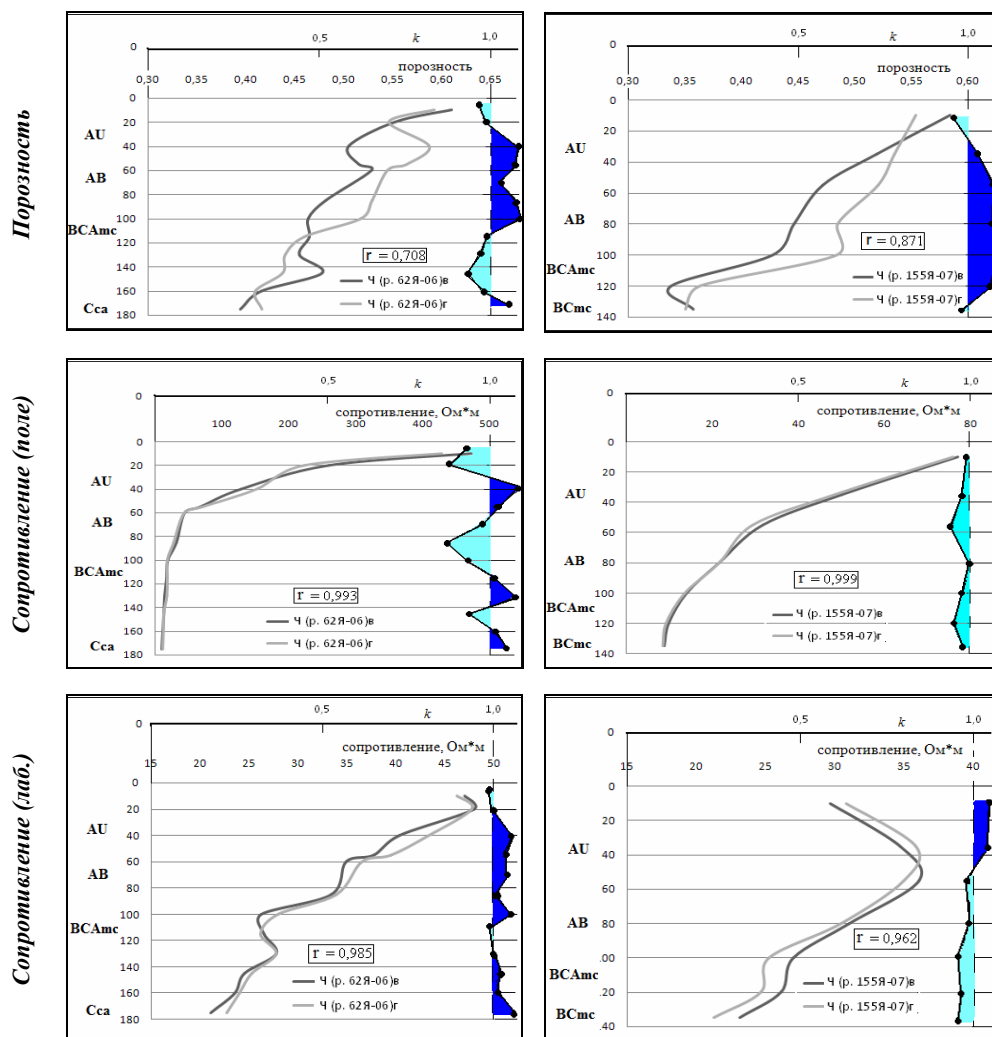


Рис. 3. Коэффициенты соотношений свойств почв по вертикали и горизонтали (порозности, сопротивления, определенного в поле и в лаборатории)  $k$  и коэффициент корреляции  $r$  для почв:

чернозем миграционно-мицеллярный тяжелосуглинистый мощный глубококарбонатный на карбонатных лессовидных суглинках. Заповедник «Белогорье».

Ямская некосимая степь (разрез 155Я-07).

чернозем миграционно-мицеллярный среднемощный глубококарбонатный на карбонатных лессовидных суглинках. Заповедник «Белогорье».

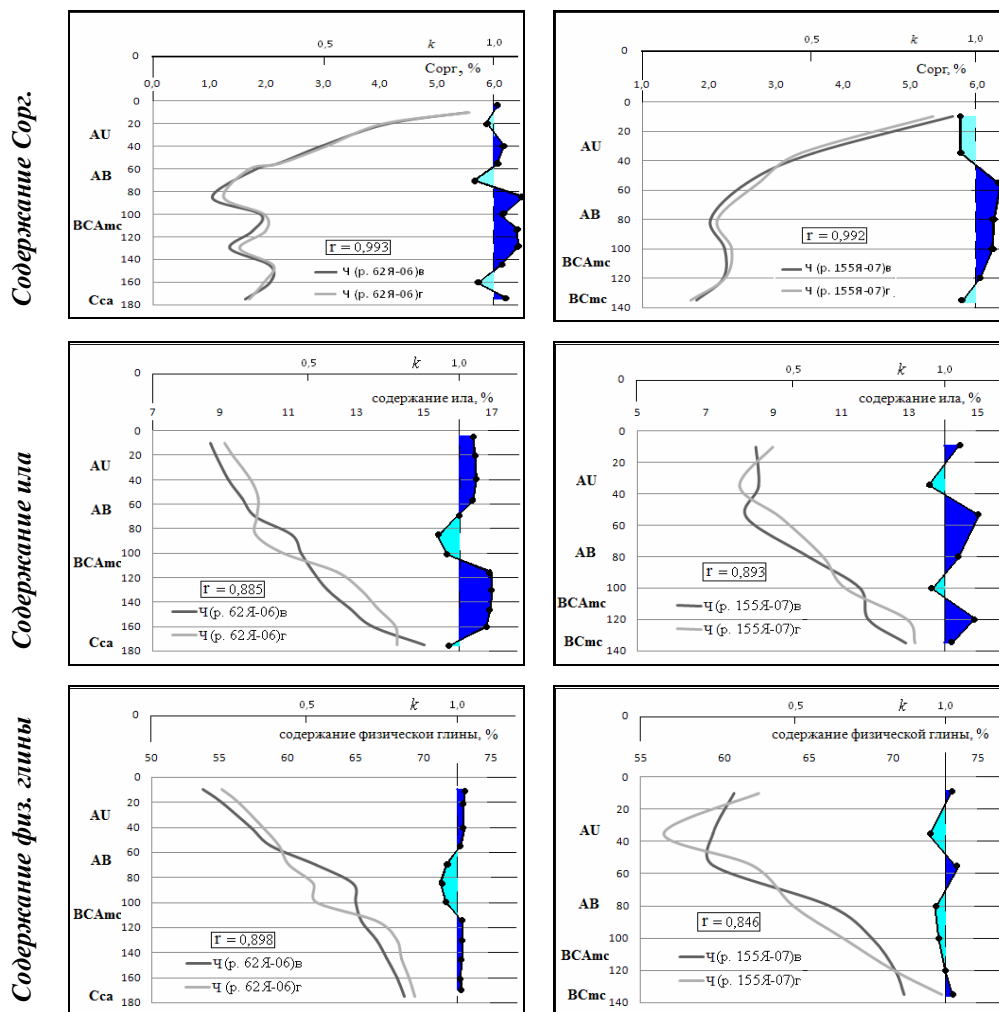
Ямская косимая степь (разрез 62Я-06)

Электрическое сопротивление как в черноземах, так и темно-серой почве, не проявили анизотропии, коэффициенты корреляции близки к единице (рис. 2, 3). Подобная закономерность ранее выявлена нами также и для дерново-подзолистых почв (Поздняков, 2009). Коэффициенты корреляции сопротивления, измеренного в поле, для черноземов составляют 0,993 и 0,999, темно-серой почвы – 0,973. Коэффициенты корреляции сопротивления, измеренного в лаборатории, составляют соответственно 0,985, 0,962, 0,910. Коэффициент соотношения этого параметра, определенного по горизонтали к свойству, определенному по вертикали для разреза 62Я-06, а также темно-серой лесной почвы больше единицы, а для разреза 155Я-07 – меньше единицы.

Таким образом, отсутствие электрической анизотропии в пределах почвенных профилей лесостепных почв не выявлено, что можно объяснить зависимостью

электрического сопротивления от свойств почв, для которых анизотропия разнонаправлена.

Содержание органического углерода. Исследования показали, что содержание углерода как в черноземах, так и в темно-серой почве высокое и очень высокое в верхних гумусово-аккумулятивных горизонтах (5,5–6,0 %), которое постепенно уменьшается до 1–2 % в нижней части профиля. Анизотропия содержания органического углерода в черноземах и темно-серой почве отсутствует (рис. 2, 4). Следовательно, почвы изотропны как по отдельным горизонтам, так и по профилям в целом. Коэффициенты корреляции корреляции черноземов составляют 0,993 и 0,992, темно-серой почвы – 0,994. Коэффициент соотношения свойства, определенного по горизонтали к свойству, определенному по вертикали, для обоих разрезов почти всегда больше единицы.



**Рис. 4. Коэффициент соотношений свойств почв по вертикали и горизонтали (содержания органического углерода, ила и физической глины)  $k$  и коэффициент корреляции  $r$  для почв:**

**чернозем миграционно-мицеллярный тяжелосуглинистый мощный глубококарбонатный на карбонатных лессовидных суглинках. Заповедник «Белогоры».**

**Ямская некосимая степь (разрез 155Я-07).**

**чернозем миграционно-мицеллярный среднемощный глубококарбонатный на карбонатных лессовидных суглинках. Заповедник «Белогоры».**

**Ямская косимая степь (разрез 62Я-06)**

Содержание ила и физической глины по профилям исследованных почв варьирует в пределах 5–15 % (ил) и 55–70 % (физическая глина, этот параметр был определен только для черноземов). Выявлено, что содержание ила и физической глины подвержено изменениям как для горизонтов по отдельности, так и почвенных профилей в целом (рис. 2, 4). Коэффициенты тождественности профильных распределений исследованных почв составляют 0,8–0,9, коэффициент  $k$  также варьирует неоднозначно, т.е. почвы по этому свойству анизотропны.

По профилю темно-серой почвы ил распределен неравномерно, соответственно, коэффициент корреляции снижается до 0,197. Наблюдается чередование горизонтов с коэффициентом соотношения свойства, определенного по горизонтали к свойству по вертикали (соответственно больше или меньше единицы).

Таким образом, проведенные исследования показали, что свойства как черноземов, так и темно-серой почвы имеют разные уровни анизотропии (табл. 1, 2). Особенно высока анизотропия таких свойств, как плотность сложения и порозность, содержание ила и физической глины. Для чернозема, приуроченного к косимому участку (разр. 62Я-06) темно-серой почвы (разр. 143Я-07) свойственна также анизотропия влажности и плотности твердой фазы.

Таблица 1

**Коэффициенты, характеризующие анизотропию некоторых свойств черноземов и темно-серой почвы**

Свойство \ Разрез	Разрез 155Я-07		Разрез 62Я-06		Разрез 143Я-07 (темно-серая)	
	г	к	г	к	г	к
Влажность, %	0,91	0,95	0,26	0,77	0,89	0,94
Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	0,90	0,97	0,78	0,97	0,97	0,99
Плотность тв. фазы, г/см <sup>3</sup>	0,95	1,01	0,89	1,01	0,87	0,99
Порозность (расчетн.)	0,87	1,05	0,71	1,03	0,97	0,99
Сопротивление (поле), Ом*м	1,00	0,97	0,99	0,99	0,97	1,01
Сопротивление (лаб), Ом*м	0,96	0,97	0,98	1,03	0,91	1,05
Содержание С орг., %	0,99	1,00	0,99	1,03	0,99	0,99
Содержание ила, %	0,89	1,03	0,89	1,02	0,20	1,15
Содержание физ. глины, %	0,86	1,00	0,90	1,00	0,50	1,07

Таблица 2

**Горизонтально-вертикальная неоднородность свойств черноземов и темно-серой почвы**

Свойство \ Разрез	62Я-06	155Я-07	Темно-серая лесная почва, 143Я-07
1	2	3	4
1. Полевая влажность	+*	–	±
2. Плотность	±	±	–
3. Плотность тв. фазы	±	–	±
4. Порозность	± (0,708)	± (0,871)	– (0,974)
5. Электрическое сопротивление (поле)	–	–	–
6. Электрическое сопротивление (лаб.)	–	–	–

1	2	3	4
7. Углерод, %	–	–	–
8. Содержание ила, %	±	±	+
9. Содержание физ. глины, %	±	±	+

\* Степень выраженности горизонтально-вертикальной неоднородности: «–» – слабая ( $r > 0,9$ ); «±» – средняя ( $r = 0,6-0,9$ ); «+» – сильная ( $r < 0,6$ )

### ВЫВОДЫ

1. В исследованных целинных миграционно-мицелярных черноземах Ямской степи наивысшей анизотропией обладают такие почвенные параметры, как плотность сложения почв, порозность, содержание ила и физической глины. Как и в случае дерново-подзолистых почв (Поздняков, 2009), данные свойства могут иногда иметь разнонаправленные изменения (градиенты). Выявлено, что общая порозность, измеренная по горизонтали в горизонтах в пределах почвенного профиля, всегда выше, чем по вертикали. Вероятно, анизотропию в отношении этого параметра следует относить к фундаментальным почвенным свойствам и требует дальнейшего изучения.

2. В темно-серой почве большей анизотропией обладают полевая влажность, плотность твердой фазы, содержание ила и физической глины.

3. Показано, что электрическое сопротивление, углерод органического вещества всегда изотропны, т.е. их значения практически одинаковы при горизонтальном и вертикальном их определении.

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

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

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Классификация** и диагностика почв России. – Смоленск : Ойкумена, 2004. – 242 с.
- Поздняков А. И.** Полевая электрофизика почв / А. И. Поздняков. – М. : Наука, 2001. – 188 с.
- Поздняков А. И.** Анизотропия свойств некоторых антропогенно-преобразованных почв подзолистого типа / А. И. Поздняков, А. В. Русаков, С. М. Шалагинова и др. // Почвоведение. – 2009. – № 11. – С. 27-38.
- Русаков А. В.** Новые данные по характеристике почвенного покрова охраняемых участков заповедника «Белогорье» (Белгородская область) / А. В. Русаков, Н. О. Бакунович, Н. Ю. Городилова и др. // Материалы IV Международной научной конференции «Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах». – Белгород : КОНСТАНТА, 2010. – С. 153-158.

*Надійшла до редколегії 27.07.11*