

К вопросу о диагностике и защите почв от дефляции в Ставропольском крае

В. П. Белобров¹, В. К. Дридигер^{2✉}, С. А. Юдин¹, Н. Р. Ермолаев¹

¹ Почвенный институт имени В. В. Докучаева, Москва, Россия

² Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

✉ E-mail: dridiger.victor@gmail.com

Аннотация. Цель исследования заключается в оценке степени дефляции при сравнении традиционной технологии возделывания сельскохозяйственных культур, применяющей обработки почв, и прямого посева (no-till). **Объект исследования** расположен на территории Ипатовского района Ставропольского края, где на примере двух хозяйств, использующих разные технологии, апробирован метод оценки дефляции обыкновенных черноземов по морфометрическим показателям и свойствам почвенного профиля. **Методы.** Использован морфометрический метод оценки дефляции, основанный на измерении мощности гумусового горизонта почв по данным ручного бурения скважин, фиксированных по GPS в 5-кратной повторности. **Результаты и практическая значимость.** Полученные данные выявили снижение мощности гумусового горизонта в обрабатываемых почвах, (в среднем на 19–21 см) по сравнению с почвами хозяйства, использующего в течение последних 13 лет технологию no-till. Лесополоса служит буферной зоной, в ней аккумулируется выносимый при дефляции пылеватый материал черноземов мощностью до 40–50 см. Дефляция пахотных почв обусловлена обработками и использованием в севооборотах чистого пара (каждый третий год). Она приводит к трансформации почвенного профиля в целом, меняя видовой состав черноземов на одну градацию со среднемощного и карбонатного (no-till) на маломощный и высококарбонатный (традиционная технология). Снижение/прекращение дефляции черноземов в технологии no-till связано с ее противодефляционной особенностью – распределением по поверхности почв растительных остатков, отказом от использования чистого пара, что в совокупности приводит к восстановлению деградированных свойств черноземов. **Научная новизна** заключается в апробации полевого морфометрического метода оценки дефляции во времени и пространстве, который можно использовать при проведении мониторинга почвенного покрова (картографирования почв, агрохимического обследования и др.) или целевых исследований. **Ключевые слова:** традиционная технология, прямой посев, морфометрические параметры, ветровой режим.

Для цитирования: Белобров В. П., Дридигер В. К., Юдин С. А., Ермолаев Н. Р. К вопросу о диагностике и защите почв от дефляции в Ставропольском крае // Аграрный вестник Урала. 2021. № 2 (205). С. 12–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-205-02-12-25.

Дата поступления статьи: 22.06.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Физико-географические особенности Ставропольского края, расположенного в предгорной зоне Кавказских гор, являются одной из главных причин резкой смены климатических параметров (температура, увлажнение, направление и скорость ветра, инсоляция и др.). Вместе с неоднородностью почвообразующих пород и их минералогическим составом эти факторы обуславливают большое разнообразие черноземов на сравнительно ограниченной территории края по сравнению с Центрально-черноземными областями Восточно-Европейской равнины России. На территории края, кроме названных особенностей, одним из основных лимитирующих факторов возделывания сельскохозяйственных культур является эрозия [1, с. 58] – водная, в значительной степени связанная с расчлененным рельефом Ставропольской возвышенности [2, с. 68], [3, с. 32], и дефляция, которая опосредованно через деградацию свойств почв приводит к снижению их плодородия и урожайности культур [4, с. 28], [5, с. 10].

Пыльные бури в крае характеризуются циклической повторяемостью в течение года, от 3 до 6 дней в месяц, кроме лета, значительно чаще и преимущественно в январе – апреле, в период основных подготовительных работ почв к посеву. Установлено, что пыльные бури развиваются при накоплении в слое 0–5 см свыше 50 % агрегатов размером < 1 мм и скорости ветра на высоте 0,5 м более 9–10 м/с [6, с. 83]. Ветры иссушают и разрушают агрегаты деградированной из-за обработок почв, осаждают и перераспределяют наиболее тонкие фракции на территории полей и/или выносят их за пределы на многие десятки километров, что приводит к невосполнимым потерям плодородия земель Ставропольского края [7, с. 16]. Так, в 1969 г. большие площади озимых зерновых культур были уничтожены пыльными бурями, которые унесли от 4 до 10 см пахотного слоя черноземов [8, с. 20].

Для защиты почв от дефляции в крае создана и много лет функционирует система лесных полос, расположенных поперек господствующих ветров, вместо отвальных

применяются безотвальные и минимальные системы обработки почвы с оставлением стерни на поверхности полей, а также проводится комплекс организационно-хозяйственных мероприятий по накоплению, сохранению и экономному расходованию влаги атмосферных осадков. Тем не менее проводимые мероприятия не обеспечивают надежную защиту почв от ветровой эрозии, так как агросистемы менее устойчивы к ее проявлению, поскольку культурная растительность создает лишь временный и краткосрочный в течение года защитный растительный слой.

Потери от дефляции трудно оценить, поскольку они имеют опосредованный характер и проявляются в снижении урожая возделываемых культур через деградацию водно-физических и агрохимических свойств почв [9, с. 1506]. В силу этого сложно диагностировать и оценить степень влияния дефляции в снижении плодородия почв вследствие комплекса причин, связанных с традиционной технологией (ТТ) возделывания полевых культур, обязательными и периодическими обработками почв и использованием для накопления влаги на полях чистого пара, разрушающими структуру почв [10, с. 7], приводящими к дегумификации [11, с. 168].

Методы диагностики дефляции обычно включают визуальные полевые наблюдения, морфометрические измерения, характеризующие плодородие почв. Одними из наиболее надежных являются показатели постоянных реперов, фиксирующих потери (в см) гумусового горизонта почвы за счет выноса почвенных частиц с участка поля, характеризующего определенную часть рельефа и/или агроландшафта. Недостаток этого метода заключается в том, что им сложно охватить все пространственное разнообразие условий почвообразования, локальные особенности почв и ветрового режима.

В исследованиях по оценке воздействия технологии прямого посева (ПП) на восстановление свойств черноземов и урожайность культур [12, с. 39], противоэрозионное влияние ПП занимает свою экологическую нишу за счет распределения на поверхности почв растительных остатков. Известно, что противодефляционная эффективность мульчи, особенно крупнотельных пропашных культур (кукурузы, подсолнечника, сорго), определяется их количеством на единицу площади [8, с. 20]. Поэтому в диагностике и защите почв от дефляции при использовании в земледелии ПП придается большое значение оптимальному количеству и равномерному распределению растительных остатков на поверхности почв [13, с. 63].

В полевых научно-производственных исследованиях, при крупномасштабном и детальном картографировании почв, агрохимическом обследовании и т. д. в дополнение к аналитическим методам мы ориентируемся на доступные морфометрические измерения, фиксирующие наиболее устойчивые во времени параметры и свойства почв. При этом в качестве основного используется мощность гумусового горизонта как классификационный диагностический показатель, определяющий вид черноземов [14, с. 268].

За прошедшее постсоветское время свойства почв изменились в силу вариабельности климатических показателей и агротехнологий, что требует проведения новых

мониторинговых исследований почвенного покрова [15, с. 10], [16, с. 8]. Для оценки влияния дефляции в этих исследованиях целесообразно использование метода морфометрических измерений в 5-кратной повторности. При ручном или механическом бурении скважин, имеющих постоянные координаты по GPS, фиксируется мощность гумусового горизонта. Во временном цикле дефляция оценивается при сравнении мощности гумусового горизонта по данным одних и тех же буровых скважин, а в пространстве – при сравнении между ними на всей площади обследования.

Для выявления противодефляционной роли прямого посева, в котором не применяются обработки, а растительные остатки оказываются на поверхности почв, единовременная диагностика дефляции затруднена. Сложность заключается в выборе сопряженных участков обследования, однородных по почвенно-геоморфологическим признакам, но различающихся по технологиям земледелия.

Цель работы – на примере обыкновенных черноземов Ипатовского района Ставропольского края, используя сопряженные морфометрические измерения профиля и морфологические свойства почв в однородных почвенно-геоморфологических условиях, диагностировать проявление процесса дефляции, обусловленного обработками почв при использовании традиционной технологии (ТТ), и защите почв от дефляции с помощью технологии прямого посева (ПП), в которой почва не обрабатывается и все растительные остатки возделываемых культур распределяются по поверхности полей.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились на территории Ставропольского края на обыкновенных и южных черноземах (Haplic Chernozems) [14, с. 142–146], [17, с. 103]. Основным объектом служили обыкновенные черноземы бывшего совхоза «Краснополянский», на полях которого много лет применялась система земледелия с ежегодной отвальной обработкой почвы. В 1999 г. совхоз был реорганизован – создано ООО СХП «Урожайное» с площадью пашни 4068 га, часть земель была передана в пользование фермерам. С 2002 г. ООО СХП «Урожайное» перешло на безотвальную обработку почвы с оставлением на поверхности стерни, особенно в паровых полях. С 2007 г. хозяйство работает по технологии прямого посева без чистых паров, используется шестипольный полевой плодосменный севооборот со средней площадью поля 678 га: горох, озимый рапс, гречиха, лен масличный (с разной площадью посева по годам) – озимая пшеница – кукуруза – озимая пшеница – подсолнечник – озимая пшеница. За 12 лет прошло 2 ротации севооборота. Следовательно, в течение 19 лет ООО СХП «Урожайное» возделывает свои поля по почвозащитной технологии, особенно с переходом на прямой посев в 2007 г.

Все эти годы фермеры применяют отвальную систему обработки почвы в севообороте с чистым паром (чистый пар – озимая пшеница – подсолнечник). Пропашное и особенно паровое поле подвержены воздействию дефляции. За последние 13 лет прошло 4 ротации севооборота, и за эти годы чистые пары были на всех полях три раза (каждый третий год). Ежегодно одну треть площади фермер-

ской пашни занимали чистые пары, на такой же площади выращивалась пропашная эрозийно неустойчивая культура – подсолнечник.

ООО СХП «Урожайное» расположено в засушливой зоне северной периферии Ставропольской возвышенности, на значительном удалении от Армавирского ветрового коридора. Ветровой режим в целом типичен для Ставрополья, более сильные по скорости ветры характерны для холодного периода года с ноября по апрель. Региональные отличия проявляются в более жестких и неустойчивых по годам и сезонам условиях по увлажнению и температуре. За период с 2007 по 2019 гг. выпало в среднем 506 мм атмосферных осадков, причем в 2007, 2008, 2012, 2014 и 2019 гг. их количество было меньше среднееголетнего, с минимумом в 2008 г. – 352 мм (тогда за лето выпало всего 58 мм осадков). При этом в 2008, 2010, 2014, 2015 гг. в августе на фоне температурного годового максимума осадков практически не наблюдалось.

В качестве дополнительных объектов были привлечены обыкновенные черноземы Шпаковского района (многолетний опыт в Северо-Кавказском ФНАЦ в г. Михайловске), а также южные черноземы и темно-каштановые почвы СПК «Архангельский» и рядом расположенных фермерских хозяйств Буденновского района (рис. 1).



Рис. 1. Объекты исследования в Ставропольском крае

На территории соседствующих через лесополосу полей фермера и ООО СХП «Урожайное» Ипатовского района 3 октября 2017 г. на водораздельных склонах с уклоном $< 1^\circ$ были выбраны два участка. Участок 1 с координатами $45^\circ 49' 03,7''$ с. ш., $42^\circ 03' 28,9''$ в. д. и участок 2 с координатами $45^\circ 50' 54,7''$ с. ш., $42^\circ 02' 42,4''$ в. д. Почвы фермерских полей 1А и 2А подвергались обработкам по традиционной технологии (ТТ), рекомендованной в крае. На почвах полей 1Б и 2Б ООО СХП «Урожайное» 13 лет используется технология прямого посева (ПП). Фермерские поля и поля ООО СХП «Урожайное» разделены лесополосой и расположены параллельно в 200 м друг от друга, чем достигается репрезентативность участков для достоверного сравнения морфометрических показателей черноземов (рис. 2).

Методически работа состояла из ручного бурения и описания морфологических свойств почв 4 опорных буровых скважин на каждом из полей до глубины, характеризующей горизонт черноземов с новообразованиями карбонатов в виде белоглазки ($\sim 1,5\text{--}2,0$ м). Морфологические описания скважин включали характеристику мощности гумусового горизонта и прогумусированной толщи в целом, глубины вскипания от 10 % HCL, гранулометрического состава, структуры, увлажнения и других свойств почв.



Fig. 1. Research objects in the Stavropol territory



Рис. 2. Схема буровых скважин и отбора проб на полях участка 1



Fig. 2. Scheme of drilling wells and sampling in the fields of section 1

В четырех точках, расположенных по странам света в радиусе 5 м от буровой скважины [18, с. 187], были отобраны образцы почв с глубины 0–25 см весом 4–5 кг каждый, в которых методом сухого и мокрого просеивания были определены макро- и микроагрегатный состав почв. В этих точках лопатой и/или бурением были определены мощность гумусового горизонта и глубина вскипания, что характеризует 5-кратную повторность морфометрических измерений (см. рис. 2).

В каждой из лесополос на участках 1 и 2 было заложено по одной буровой скважине для сравнения морфометрических показателей с данными, полученными на полях. Статистический анализ морфометрических параметров черноземов, относящихся к разным системам возделывания сельскохозяйственных культур, проведен при использовании непараметрических критериев [19, с. 254].

Результаты (Results)

Диагностика дефляции основана на данных, полученных при описании морфологических свойств обыкновенных черноземов, на полях с разными технологиями возделывания сельскохозяйственных культур.

Участок 1 (рис. 3). Буровая XVII-2017, координаты: 45°49'05,3" с. ш., 42°03'32,1" в. д. Фермерское поле 1А используется с применением традиционной технологии (ТТ). Посеяна озимая пшеница (таблица 1).

Участок 1 (рис. 4). Буровая XX-2017, координаты: 45°49'04,8" с. ш., 42°03'25,2" в. д. Поле 1Б ООО СХП «Урожайное», используется постоянно в течение 13 лет по технологии ПП. На поверхности почв пожнивные остатки кукурузы, убранной на зерно, покрывающие почву на 100 %. Предшественник – озимая пшеница (таблица 2).

Участок 2. Буровая XXV-2017, координаты: 45°50'54,9" с. ш., 42°02'45,4" в. д. Фермерское поле 2А, используется с применением традиционной технологии. После уборки озимой пшеницы подготовлено к посеву подсолнечника весной следующего года (таблица 3).

Участок 2. Буровая XXVI-2017, координаты: 45°50'54,5" с. ш., 42°02'30,4" в. д. Поле 2Б ООО СХП «Урожайное». На поверхности почв пожнивные остатки пшеницы и растительные остатки предшественника – подсолнечника, которые покрывают почву на ~90 %.

Таблица 1
Описание почвенного разреза чернозема обыкновенного среднесуглинистого высококарбонатного маломощного

Горизонт	Мощность горизонта, см	Описание горизонта
A1ca	$\frac{0-32}{32}$	Темно-серый, среднесуглинистый, сухой, пылеватый и мелкокомковатый, на поверхности редкие растительные остатки, рыхлый с поверхности и слабо уплотненный в нижней части горизонта, вскипает от 10 % HCL с поверхности, переход в АВ ясный по цвету и гранулометрическому составу
AB ca	$\frac{32-62}{30}$	Светлее предыдущего с оттенком бурого цвета, неоднородный, средне-тяжелосуглинистый, холодит, переход четкий по цвету и гранулометрическому составу
B1ca	$\frac{62-135}{73}$	Бурый, тяжелосуглинистый, мицеллярные выделения карбонатов начинаются со 100 см, переход ясный по цвету (осветление) и гранулометрическому составу
B2ca	135+	Светло-бурый, средне-тяжелосуглинистый, со 147 см четко выделяется белоглазка

Table 1
Description of the soil profile of ordinary medium-loam high-carbon low-power chernozem

Horizon	Power horizon, cm	Description of the horizon
A1ca	$\frac{0-32}{32}$	Dark gray, medium loam, dry, powdery and small-lumpy, on the surface rare plant remains, loose from the surface and slightly compacted in the lower part of the horizon, boils from 10 % HCL from the surface, the transition to AB is clear, in color and granulometric composition
AB ca	$\frac{32-62}{30}$	Lighter than the previous one with a shade of brown, non-uniform, medium-heavy loam, cold, the transition is clear in color and granulometric composition
B1ca	$\frac{62-135}{73}$	Brown, heavy-loam, micellar carbonates begin at 100 cm, the transition is clear in color (lightening) and granulometric composition
B2ca	135+	Light brown, medium-heavy loam, with 147 cm clearly distinguished white-eye

Таблица 2

Описание почвенного разреза чернозема обыкновенного среднесуглинистого карбонатного среднемощного

Горизонт	Мощность горизонта, см	Описание горизонта
A1	$\frac{0-52}{52}$	Темно-серый, среднесуглинистый, сухой, комковатый, легко распадается на агрегаты разного размера при сжатии, слабо уплотнен с поверхности, вскипает от 10 % HCL с 42 см, в нижней части горизонта мицеллярные выделения карбонатов, переход в АВ постепенный по цвету и гранулометрическому составу
AB	$\frac{52-92}{40}$	Светлее предыдущего с оттенком бурого цвета, неоднородный, средне-тяжелосуглинистый, холодит, мицеллярные выделения карбонатов, переход ясный по осветлению и гранулометрическому составу
B1	$\frac{92-140}{48}$	Бурый, тяжелосуглинистый, слабо увлажнен, мицеллярные выделения карбонатов, переход ясный по осветлению профиля
B2	140+	Светло-бурый, средне-тяжелосуглинистый, слабо увлажнен, но сильнее, чем в B1ca, новообразования в форме белоглазки выделяются со 145 см

Table 2

Description of the soil profile of ordinary medium-loamy medium-carbon chernozem

Horizon	Power horizon, cm	Description of the horizon
A1	$\frac{0-52}{52}$	Dark gray, medium-loamy, dry, lumpy, easily decomposes into aggregates of different sizes when compressed, weakly compacted from the surface, boils from 10 % HCL with 42 cm, in the lower part of the horizon micellar carbonates, the transition to AB is gradual, in color and granulometric composition
AB	$\frac{52-92}{40}$	Lighter than the previous one with a shade of brown, non-uniform, medium-heavy loam, cold, micellar carbonates, the transition is clear in terms of clarification and granulometric composition
B1	$\frac{92-140}{48}$	Brown, heavy-loam, poorly moistened, micellar carbonates, clear transition to lightening the profile
B2	140+	Light-brown, medium-heavy loam, slightly moistened, but stronger than in B1ca, neoplasms in the form of white-eye are allocated from 145 cm

Сравнительная характеристика морфологических свойств черноземов при разных системах земледелия показала, что почвы, расположенные в одинаковых условиях по рельефу в 200 м друг от друга, существенно различаются по глубине вскипания, мощности гумусового горизонта и другим морфологическим свойствам. На таксономическом уровне по карбонатному и гумусовому профилю они характеризуются как два разных вида обыкновенных черноземов [14, с. 269–270], как высококарбонатные маломощные (традиционная технология) и среднекарбонатные среднемощные (прямой посев). Почвенно-генетические свойства разных видов обыкновенных черноземов определяют различия в их продуктивности, ресурсах в настоящем и прогнозном будущем.

Следует особо отметить разницу в глубине вскипания и мощности гумусового горизонта. Оба параметра характеризуют подтиповой таксономический уровень чернозема. Там, где применяется ПП, почвы соответствуют обыкновенному чернозему с несколько укороченным гумусовым горизонтом со средней мощностью 52–56 см (таблица 5), что, по нашему мнению, связано с длительным использованием почв в традиционной технологии, которая предшествовала современному 13-летнему периоду прямого посева. Для фациального подтипа предкавказских обыкновенных

черноземов типичен более мощный гумусовый профиль [14, с. 144], который при крупномасштабном картировании почв многолетнего опыта Северо-Кавказского ФНАЦ в 2019 г., составил в среднем 69 (A1) и 120 (A1+AB) см, при глубине вскипания 53 см.

В пахотных черноземах фермерских полей маломощный гумусовый горизонт (в среднем 33–35 см) и вскипание с поверхности от 10 % HCL, указывают на их трансформацию за время использования отвальной системы земледелия. Приведенные в таблице морфометрические признаки и описанные морфологические свойства почв с точки зрения классификации в большей степени характерны для подтипа южных черноземов, тогда как для региональных обыкновенных черноземов они характеризуют высокую степень их деградации. Выявленная разница в мощности гумусовых горизонтов на фермерских полях и полях ООО СХП «Урожайное» в 19–21 см объясняется процессами дефляции. С учетом резкого и сильного иссушения гумусового горизонта обыкновенных черноземов в поздневесенний и летний сезоны [20, с. 296–297], дефляционные процессы в регионе, расположенном в засушливой зоне, усиливаются.

Таблица 3
Описание почвенного разреза чернозема обыкновенного среднесуглинистого высококарбонатного маломощного

Горизонт	Мощность горизонта, см	Описание горизонта
A1ca	$\frac{0-35}{35}$	Темно-серый, среднесуглинистый, сухой, пылеватый и мелкокомковатый, на поверхности редкие растительные остатки, рыхлый, слабо уплотнен в нижней части горизонта, вскипает от 10 % HCL с поверхности, переход в АВ ясный по цвету и гранулометрическому составу
ABca	$\frac{35-80}{55}$	Светлее предыдущего с оттенком бурого цвета, неоднородный, средне-тяжелосуглинистый, мицелий хорошо выражен по всему горизонту, переход четкий по цвету и гранулометрическому составу
B1ca	$\frac{80-151}{71}$	Бурый, более плотный, чем ABca, тяжелосуглинистый, мицеллярные выделения карбонатов начинаются с 80 см, переход ясный по цвету (осветление) и гранулометрическому составу
B2ca	151+	Светло-бурый, средне-тяжелосуглинистый, новообразования карбонатов в форме белоглазки

Table 3
Description of the soil profile of ordinary mean-loamy high-carbon low-power chernozem

Horizon	Power horizon, cm	Description of the horizon
A1ca	$\frac{0-35}{35}$	Dark gray, medium loam, dry, powdery and small-lumpy, on the surface rare plant remains, loose, slightly compacted in the lower part of the horizon, boils from 10 % HCL from the surface, the transition to AB is clear, in color and granulometric composition
ABca	$\frac{35-80}{55}$	Lighter than the previous one with a shade of brown, non-uniform, medium-heavy loam, mycelium is well expressed throughout the horizon, the transition is clear in color and granulometric composition
B1ca	$\frac{80-151}{71}$	Brown, denser than ABca, heavy loam, micellar carbonates begin at 80 cm, the transition is clear in color (clarification) and granulometric composition
B2ca	151+	Light brown, medium-heavy loam, new formations of carbonates in the form of white-eye

За 13 лет использования прямого посева в ООО СХП «Урожайное» можно увеличить мощность гумусового горизонта за счет ежегодной оставляемой на поле биомассы в лучшем случае на несколько см, но не на 20 см, а вот потерять вследствие дефляции, даже в отсутствие пыльных бурь, как показывают данные, вполне реально. Следует также учесть, что на эти годы пришлось 5 засухливых лет. За зимний период в течение 13 лет выпало 20 % среднегодовой нормы осадков, что снижает влагозапасы, иссушает почвы и является катализатором дефляционных процессов, особенно во время обработок почв. За вегетационный период с мая по август в 2007–2010, 2013–2015, 2017–2018 гг. выпало всего 37 % осадков от среднегодовой нормы, а в 2008, 2010, 2015 и 2018 гг. их было только 26 %.

Приведенные выше потери почв от пыльных бурь в Ставропольском крае явление катастрофическое, но довольно редкое, фиксируемое разными методами, главным образом по снижению урожайности и/или гибели посевов. Дефляция в виде шлейфа пыли за почвенными агрегатами и тракторами, практически не регистрируется, она протекает незаметно ежемесячно, ежегодно, десятилетиями, постепенно накапливая отрицательный баланс в мощности гумусового горизонта почв. Фермеру некогда заниматься

замерами мощности гумусового горизонта, определяющими потенциальное плодородие почв, надо провести обработки в срок и внести удобрения, которые в получаемом урожае маскируют потери на дефляцию.

Кроме воздействия дефляции, не следует исключать и влияние водной эрозии даже на полях с небольшим уклоном в плакорных условиях рельефа. По наблюдениям авторов на паровых полях фермеров во время нередких ливневых осадков наблюдается ручейковая водная эрозия, так как обработанная почва с пылеватой структурой в результате многократных обработок не способна впитать выпадающие ливневые осадки. После дождя культиваторами канавки выравнивают, но потери почвы за счет водной эрозии могут быть ощутимы, по крайней мере на участках ее проявления.

При описании обыкновенных черноземов с использованием ПП и отборе проб, отмечена хорошая агрегированность всего гумусового горизонта, тогда как гумусовый горизонт регулярно обрабатываемых почв агрегирован слабо, пылеватый и только в нижней части приобретает мелкокомковатую структуру. Кроме того, было установлено, что при ПП почвы уплотнены сильнее с поверхности, а при ТТ имеют только уплотненный подпахотный слой (плужную подошву). Эти различия в уплотнении гумусо-

вого горизонта в слое 0–20 (25) см составляют по данным обыкновенных черноземов стационара «Северо-Кавказский» ФНАЦ в среднем около 0,1–0,15 г/см³ [21, с. 54], [22, с. 883], что не является критическим и не выходит за рамки оптимальной равновесной плотности для данного подтипа агрочерноземов равной 1,25 г/см³ [23, с. 797].

Статистически анализ на нуль-гипотезу (см. таблицу 5) выявил значимые различия в мощности гумусового горизонта А1 черноземов между традиционной системой земледелия и прямым посевом. Различия в морфологии профилей почв связываются нами с процессами обработки почв и их длительностью, а также интенсивностью ветрового режима и розой ветров в регионе, которые в свою очередь являются катализаторами дефляции. Причем в состоянии чистого пара почва постоянно в течение года подвержена дефляции.

Расположенные рядом лесополосы играют роль «барьеров-аккумуляторов» пылеватой фракции черноземов, выносимой ветром с полей. Она накапливается в лесополосах (по данным бурения в виде сухого бесструктурного пылеватого чехла мощностью 40–50 см),

существенно увеличивая мощность гумусового горизонта черноземов под лесополосой до 70–90 см по сравнению с окружающими полями. Из-за аккумуляции выносимого с полей материала поверхность обследованных лесополос в ООО СХП «Урожайное» даже визуально имеет превышение над окружающей территорией на 30–50 см. В зависимости от степени региональной дефляции мощность пылеватого чехла в лесополосах варьирует. В СПК «Архангельский» (см. рис. 1), где основным фактором деградации почв является водная эрозия, накопление пылеватого дефляционного чехла в лесополосах составляет не более 10 см, что было установлено при взятии проб на структурный анализ.

Защита почв от дефляции. Нарушение естественных экосистем и использование почв в земледелии Ставропольского края является одновременно как неизбежным, так и главным фактором дефляции. Негативная роль обработок почв, провоцирующая развитие дефляционных процессов, в противовес должна иметь в земледелии эффективную альтернативу. Такая альтернатива существует в технологии прямого посева, которая все шире используется в практике хозяйств края [24, с. 767].

Таблица 4

Описание почвенного разреза чернозема обыкновенного среднесуглинистого карбонатного среднемощного

Горизонт	Мощность горизонта, см	Описание горизонта
A1	$\frac{0-55}{55}$	Темно-серый, среднесуглинистый, сухой, комковатый, хорошо агрегирован, в крупных макроагрегатах видны ходы червей, слабо уплотнен с поверхности, вскипает от 10 % HCL с 50 см, в нижней части горизонта мицеллярные выделения карбонатов, переход ровный
AB	$\frac{55-117}{62}$	Светлее предыдущего с оттенком бурого цвета, среднесуглинистый, слабо увлажнен в нижней части горизонта, мицеллярные выделения и новообразования карбонатов в форме белоглазки хорошо выражены по всему горизонту, переход ясный по осветлению и гранулометрическому составу
B1	$\frac{117-166}{49}$	Бурый, тяжелосуглинистый, очень слабо увлажнен, мицеллярные выделения карбонатов и новообразования в форме белоглазки, переход ясный по осветлению профиля
B2	166+	Светло-бурый, тяжелосуглинистый, слабо увлажнен, многочисленные новообразования карбонатов в форме белоглазки

Table 4

Description of the soil profile of ordinary mean-loamy carbon mean-power chernozem

Horizon	Power horizon, cm	Description of the horizon
A1	$\frac{0-55}{55}$	Dark gray, medium loam, dry, lumpy, well aggregated, in large macroaggregates visible worm passages, poorly compacted from the surface, boils from 10 % HCL with 50 cm, in the lower part of the horizon micellar carbonates, smooth transition
AB	$\frac{55-117}{62}$	Lighter than the previous one with a shade of brown, medium loam, slightly moistened in the lower part of the horizon, micellar discharge and new formations of carbonates in the form of white-eye are well expressed throughout the horizon, the transition is clear in terms of lightening and granulometric composition
B1	$\frac{117-166}{49}$	Brown, heavy-loam, very poorly moistened, micellar carbonates and neoplasms in the form of a white-eye, the transition is clear by the lightening of the profile
B2	166+	Light brown, heavy loam, poorly moistened, numerous new formations of carbonates in the form of white-eye

Таблица 5

Морфологические показатели обыкновенных черноземов при возделывании культур по традиционной технологии и прямом посеве

Показатель	Поле 1А	Поле 1Б	Поле 2А	Поле 2Б
	Традиционная технология	Прямой посев	Традиционная технология	Прямой посев
Мощность горизонта А1 (см)	32, 30, 33, 36, 34	52, 55, 54, 50, 49	35, 36, 31, 37, 36	55, 57, 58, 54, 56
Средняя	33	52	35	56
Непараметрический критерий Х (Ван дер Вардена)	Выборки по мощности А1 различаются при уровне вероятности для $\alpha = 0,05$		Выборки по мощности А1 различаются при уровне вероятности для $\alpha = 0,05$	
Глубина вскипания от 10 % НСЛ	С поверхности почв	42, 44, 48, 39, 37	С поверхности почв	50, 52, 48, 49, 51
Средняя	С поверхности почв	42	С поверхности почв	50

Table 5

Morphological indicators of ordinary chernozem soil in the cultivation of crops according to traditional methods and no-till

Parameter	Field 1A	Field 1B	Field 2A	Field 2B
	Traditional tillage	No-till	Traditional tillage	No-till
Power horizon A1 (cm)	32, 30, 33, 36, 34	52, 55, 54, 50, 49	35, 36, 31, 37, 36	55, 57, 58, 54, 56
Mean	33	52	35	56
A nonparametric test X (Van der warden)	The power samples A1 differ at the probability level for $\alpha = 0.05$		The power samples A1 differ at the probability level for $\alpha = 0.05$	
Boiling depth from 10 % HCL	From the soil surface	42, 44, 48, 39, 37	From the soil surface	50, 52, 48, 49, 51
Mean	From the soil surface	42	From the soil surface	50

Пример ООО СХП «Урожайное» в качестве наиболее длительного использования ПП в Ипатовском районе убедительно свидетельствует об эффективности выбранной технологии в решении проблем с дефляцией почв. Можно привести много других фактов эффективности использования прямого посева в жизни хозяйства, но одно то, что не применяется чистый пар, а после жатвы пожнивные остатки остаются на поверхности почв, является главным фактором, предотвращающим или сдерживающим дефляцию. Разница в 19 и 21 см в мощности гумусового горизонта черноземов разных систем ведения земледелия (см. таблицу 5) тому свидетельство, подтверждающее снижение и/или прекращение дефляции на полях прямого посева. В добавление к этому по экономическим показателям, включая урожайность, ООО СХП «Урожайное» превосходит другие сельскохозяйственные предприятия Ипатовского района [25, с. 60].

В Буденновском районе на примере почвенно-геоморфологического профиля пересекающего поля с разной системой земледелия и лесополосу между ними были проведены детальные исследования южных черноземов, аналогично проведенным в Ипатовском районе. Разница между мощностью гумусового горизонта на фермерском поле (рис. 5) и на поле СПК «Архангельский», использующем в

течение 7 лет прямой посев (рис. 6), составила в среднем около 10 см, при варьировании 42–50 см и 55–58 см соответственно.

Результаты макроструктурного анализа показали, что по содержанию агрономически ценных агрегатов черноземы ТТ (43,8 %) и ПП (39,6 %) не различаются и находятся в критическом состоянии, тогда как в почвах лесополосы этот показатель равен 60,8 % и близок к оптимальному уровню [26, с. 144]. По агрохимическим показателям почвы разных систем земледелия практически не различаются, так как период в 7 лет использования прямого посева на этих почвах недостаточно продолжительный для восстановления деградированных свойств, тогда как защитная функция растительных остатков на поверхности почв хорошо видна по разности мощности гумусового горизонта (таблица 6).

Учитывая, что в Буденновском районе доминирует водная эрозия, такие различия не являются достоверным показателем только дефляционных процессов, скорее совмещенной водной и ветровой эрозии. Вместе с тем выявленная тенденция отражает, с одной стороны, эффективность противозерозионной защиты почв при прямом посеве, с другой – усиление деградации почв при использовании ТТ. Фермерские хозяйства района, соседствующие с СПК



Рис. 3. Традиционная технология
Fig. 3. Traditional tillage



Рис. 4. Прямой посев
Fig. 4. No-till



Рис. 5. Фермерское поле (традиционная технология),
границающее через лесополосу с полем в СПК «Архангельский»
Fig. 5. Farmer's field (traditional technology) bordering through a
forest belt with a field in the agricultural production cooperative
"Arkhangel'skiy"



Рис. 6. Поле в СПК «Архангельский» (прямой посев)
Fig. 6. Field in the agricultural production cooperative
"Arkhangel'skiy" (no-till)

«Архангельский», переходят на новую технологию, обеспечивая экономию ресурсов и постепенно снижая процессы эрозии, включая дефляцию, путем распределения на поверхности почв растительных остатков возделываемых культур и отказываясь от использования чистого пара.

Выбор метода защиты почв от дефляции остается за хозяйствующим субъектом, однако оценка дефляции на примере представленных материалов, методически не сложная в применении, дает возможность решить этот вопрос, не прибегая к сложным полевым исследованиям, лабораторным анализам и расчетам. Черноземы как глав-

ный сельскохозяйственный ресурс края при использовании технологии ПП постепенно восстанавливают свои утраченные агрофизические свойства. Результаты анализа образцов, взятых в точках вокруг опорных скважин XVII-2017 и XX-2017, подтвердили эту тенденцию [27, с. 16]. При соблюдении технологии прямого посева на обыкновенных черноземах не наблюдается переуплотнения почв, она восстанавливается до исходного уровня за 4–6 лет. Кроме того, существенно повышается водоустойчивость агрегатов, что объясняется количественным увеличением поступления растительных остатков [22, с. 888].

Таблица 6

Агрохимические показатели почв фермерского поля (ТТ) и СПК «Архангельский» (ПП)

Номер скважины	Слой почвы, см	pH водный	pH солевой	C неорганический	Гумус, %	Технология
1-435	0–10	8,34	7,10	0,26	3,24	Прямой посев
1-435	10–20	8,36	7,28	0,36	2,31	
12-438	0–10	8,44	7,23	0,29	2,36	
12-438	10–20	8,47	7,34	0,26	2,43	
6-436	0–10	8,49	7,48	0,34	2,47	Традиционная технология
6-436	10–20	8,50	7,42	0,34	2,47	
25-451	0–10	8,38	7,37	0,31	2,51	
25-451	10–20	8,54	7,29	0,34	2,53	

Table 6

Agrochemical indicators of soils of the farmer's field (TT) and the agricultural production cooperative "Arkhangel'skiy" (PP)

Well number	Soil layer, cm	pH water	pH salt	C inorganic	Humus, %	Technology
1-435	0–10	8.34	7.10	0.26	3.24	No-till
1-435	10–20	8.36	7.28	0.36	2.31	
12-438	0–10	8.44	7.23	0.29	2.36	
12-438	10–20	8.47	7.34	0.26	2.43	
6-436	0–10	8.49	7.48	0.34	2.47	Traditional tillage
6-436	10–20	8.50	7.42	0.34	2.47	
25-451	0–10	8.38	7.37	0.31	2.51	
25-451	10–20	8.54	7.29	0.34	2.53	

Восстановление деградированных агрофизических свойств почв в результате смены традиционной технологии на прямой посев отмечается в разной степени также в типичных и южных подтипах черноземов [28, с. 1098]. На примере воздействия дефляции в условиях эродированного почвенного покрова этот тренд проявляется наиболее рельефно.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Пример ООО СХП «Урожайное», которое занимается прямым посевом уже 13 лет, демонстрирует возможность решения дефляционной проблемы и деградации почв на уровне района и Ставропольского края в целом. Использование традиционной технологии, применяющей обработки почв, усиливает дефляционные процессы особенно в зонах наибольшего проявления ветрового режима. В условиях возделывания сельскохозяйственных культур по технологии прямого посева, почва практически весь год перекрыта с поверхности пожнивными остатками, создающими эффект депонирования почв, препятствуя таким образом развитию ветровой эрозии.

Лесополосы в определенной степени защищают почвы от дефляции, что хорошо видно в проявлении аккумулярующего эффекта пылевой фракции черноземов в лесополосе. Вместе с тем лесополосы не в состоянии радикально ослабить воздействие дефляции в условиях проявления жесткого ветрового режима. Нужны другие методы, одним из которых является замена традиционной технологии земледелия на прямой посев.

Отсюда очевидна важность мониторинга почвенного покрова и диагностика дефляции по данным морфометрических показателей и морфологических свойств черноземов, вовлеченных в длительный по времени агрогенез. Эти параметры имеют свою информативную нишу и вместе с аналитическими данными характеризуют общую картину процесса деградации/восстановления плодородия черноземов Ставрополья.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 19-16-00053.

Библиографический список

- Есаулко А. Н., Коростылев С. А., Сигида М. С., Голосной Е. В. Динамика показателей плодородия при возделывании сельскохозяйственных культур по технологии no-till в условиях Ставропольского края // Агрохимический вестник. 2018. № 4. С. 58–62. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10030.
- Антонов С. А., Есаулко А. Н., Сигида М. С., Голосной Е. В. Оценка развития процессов водной эрозии на территории агроландшафтов Ставропольского края и их влияние на продуктивность // Вестник АПК Ставрополья. 2018. № 1 (29). С. 67–72.

3. Антонов С. А. Анализ влияния особенностей рельефа на развитие процессов линейной водной эрозии на пашне Ставропольского края // Известия Оренбургского ГАУ. 2019. № 3 (77). С. 30–33.
4. Масютенко Н. П., Кузнецов А. В., Масютенко М. Н., Припутнева М. А. Связь показателей гумусного состояния чернозема типичного с урожайностью озимой пшеницы // Земледелие. 2019. № 8. С. 26–29. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10806.
5. Ситников В. Н., Егоров В. П., Есаулко А. Н., Бурлай А. В. Мониторинг плодородия почв Ставропольского края: динамика агрохимических показателей с учётом зональных особенностей почв // Агрохимический вестник. 2018. № 4. С. 8–13. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10019.
6. Извеков А. С. Защита почв от эрозии и воспроизводство их плодородия в южных степных и лесостепных районах России // Бюллетень Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. 2012. Вып. 70. С. 79–93.
7. Бурлай А. В., Фурсов А. Д. Оценка агрохимического и эколого-токсикологического состояния земель сельскохозяйственного назначения в западной части Ставропольского края // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 4. С. 16–19. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10404.
8. Измайлов А. Ю., Спирин А. П., Жук А. Ф., Сизов О. А., Извеков А. С. Почвозащитные технологии и комплекс машин для возделывания сельскохозяйственных культур в зоне Армавирского ветрового коридора // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 6. С. 19–22.
9. Мальцев К. А., Ермолаев О. П. Потенциальные эрозионные потери почвы на пахотных землях европейской территории России // Почвоведение. 2019. № 12. С. 1502–1512.
10. Дорожко Г. Р., Власова О. И., Шабалдас О. Г., Зеленская Т. Г. Влияние длительного применения прямого посева на основные агрофизические факторы плодородия почвы и урожайность озимой пшеницы в условиях засушливой зоны // Земледелие. 2017. № 7. С. 7–10.
11. Когут Б. М., Артемьева З. С., Кириллова Н. П., Яшин М. А., Сошникова Е. И. Компонентный состав органического вещества воздушно-сухих и водоустойчивых макроагрегатов 2–1 мм типичного чернозема в условиях контрастного землепользования // Почвоведение. 2019. № 2. С. 161–170. DOI: 10.1134/S0032180X19020084.
12. Дридигер В. К., Кулинцев В. В., Стукалов Р. С., Гаджиумаров Р. Г. Влияние технологии возделывания полевых культур на водно-физические свойства чернозема обыкновенного в первой ротации полевого севооборота зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (66) С. 39–43.
13. Дридигер В. К. Влияние растительных остатков на противозерозионную устойчивость почвы // Эрозия почв: проблемы и пути повышения эффективности растениеводства в адаптивно-ландшафтной системе земледелия: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию противозерозионного комплекса ФГУП «Новокинулинское». Ульяновск: УлГТУ, 2018. С. 59–64.
14. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
15. Годунова Е. И., Шаповалова И. Н., Кулинцев В. В., Хрипунов А. И., Шкабарда С. Н. Состояние плодородия почв Ставрополья и пути достижения их нуль-деградации в современных климатических условиях // Агрохимический вестник. 2017. № 5. С. 7–11.
16. Гречишкина Ю. И., Сычев В. Г. Мониторинг содержания микроэлементов в черноземных почвах Центрального Предкавказья // Земледелие. 2020. № 3. С. 8–10. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10301.
17. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps // FAO. World Soil Resources Reports. 2014. No. 106. 203 p.
18. Холодов В. А., Ярославцева Н. В., Фарходов Ю. Р., Белобров В. П., Юдин С. А., Айдиев А. Я., Лазарев В. И., Фрид А. С. Изменение соотношения фракций агрегатов в гумусовых горизонтах черноземов в различных условиях землепользования // Почвоведение. 2019. № 2. С. 184–193. DOI: 10.1134/S0032180X19020060.
19. Урбах В. Ю. Биометрические методы. Москва: Наука, 1964. 415 с.
20. Базыкина Г. С., Извеков А. С., Жданов С. Г. Водный режим и продуктивность предкавказских агрочерноземов обыкновенных в период аномальных погодных условий 2007–2013 гг. // Почвоведение. 2015. № 3. С. 296–307.
21. Дридигер В. К., Белобров В. В., Стукалов Р. С., Юдин С. А., Кутюева О. В., Гаджиумаров Р. Г. Результаты исследования технологии прямого посева в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Сельскохозяйственный журнал. 2019. № 5 (12). С. 51–59. DOI: 10.25930/0372-3054/008.5.12.2019.
22. Белобров В. П., Юдин С. А., Ярославцева Н. В., Юдина А. В., Дридигер В. К., Стукалов Р. С., Клюев Н. Н., Замотаев И. В., Ермолаев Н. Р., Иванов А. Л., Холодов В. А. Изменение физических свойств черноземов при прямом посеве // Почвоведение. 2020. № 7. С. 880–890. DOI: 10.31857/S0032180X20070023.
23. Kulintsev V. V., Dridiger V. K., Godunova E. I., Kovtun V. I., Zhukova M. P. Effect of No-till Technology on The Available Moisture Content and Soil Density in The Crop Rotation // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. No. 8 (6). Pp. 795–799.
24. Dridiger V. K., Godunova E. I., Eroshenko F. V., Stukalov R. S., Gadzhiumarov R. G. Effect of No-till Technology on erosion resistance, the population of earthworms and humus content in soil // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. No. 9 (2). Pp. 766–770.
25. Дридигер В. К. Практические рекомендации по освоению технологии возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы в засушливой зоне Ставропольского края. Саратов: Амирит, 2016. 82 с.
26. Фрид А. С., Кузнецова И. В., Королева И. Е., Бондарев А. Г., Когут Б. М., Уткаева В. Ф., Азовцева Н. А. Зональ-

но-провинциальные нормативы изменений агрохимических, физико-химических и физических показателей основных пахотных почв европейской территории России при антропогенных воздействиях. Москва: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2010. 176 с.

27. Петрова Л. Н., Дридигер В. К., Кашаев Е. А. Влияние технологий возделывания сельскохозяйственных культур на содержание продуктивной влаги и плотность почвы в севообороте // Земледелие. 2015. № 5. С. 16–18.

28. Холодов В. А., Ярославцева Н. В., Лазарев В. И., Фрид А. С. Интерпретация данных агрегатного состава типичных черноземов разного вида использования методами кластерного анализа и главных компонент // Почвоведение. 2016. № 9. С. 1093–1100.

Об авторах:

Виктор Петрович Белобров¹, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий межинститутским отделом по изучению черноземных почв, ORCID 0000-0001-6126-5676, AuthorID 90445; +7 903 219-15-15, belobrovvp@mail.ru

Виктор Корнеевич Дридигер², доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель научного направления, ORCID 0000-0002-0510-2220, AuthorID 314573; +7 962 400-65-77, dridiger.victor@gmail.com

Сергей Анатольевич Юдин¹, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник межинститутского отдела по изучению черноземных почв, ORCID 0000-0003-2199-8474, AuthorID 789455; +7 916 509-61-41, yudin_sa@esoil.ru

Никита Романович Ермолаев¹, аспирант межинститутского отдела по изучению черноземных почв, ORCID 0000-0001-6126-5676, AuthorID 1074902; +7 915 402-29-44, n.r.ermolaev94@gmail.com

¹ Почвенный институт имени В. В. Докучаева, Москва, Россия

² Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

To the question of diagnostics and protection of soils from deflation in Stavropol territory

V. P. Belobrov¹, V. K. Dridiger², S. A. Yudin¹, N. R. Ermolaev¹

¹ V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia

² North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia

✉ E-mail: dridiger.victor@gmail.com

Abstract. The research aim is to assess the degree of deflation when comparing traditional crop cultivation technology using soil treatment and no-till. **Object of research** is located on the territory of the Ipatovsky district of the Stavropol territory, where the method of evaluating the deflation of ordinary chernozems (WRB 2006 Voronic Chernozems Pachic) by morphometric indicators and properties of the soil profile has been tested on the example of 2 farms using different technologies. **Methods.** In this research, a morphometric method for estimating deflation was used, based on measuring the capacity of the humus horizon of soils based on data from manual drilling of wells fixed by GPS in 5-fold repetition. **Results and practical significance.** The obtained data revealed a decrease in the capacity of the humus horizon in the treated soils (on average by 19-21 cm) compared to the soils of the farm that has been using no-till technology for the past 13 years. The forest belt serves as a buffer zone, it accumulates the dusty material of chernozems carried out during deflation with a capacity of up to 40-50 cm. Deflation of arable soils is caused by cultivation and use of pure steam in crop rotations (every third year). It leads to the transformation of the soil profile as a whole, changing the species composition of chernozems by one gradation from medium and carbonate (no-till) to low-power and high-carbon (traditional technology). The reduction or cessation of deflation of chernozems in the no-till technology is associated with its anti-deflation feature – the distribution of crop residues on the soil surface, the refusal to use pure steam, which together leads to the restoration of degraded properties of chernozems. **Scientific innovation** consists in testing a field morphometric method for estimating deflation in time and space, which can be used for monitoring soil cover (soil mapping, agrochemical surveys, etc.) or targeted research.

Keywords: traditional technology, no-till, morphometric parameters, wind conditions.

For citation: Belobrov V. P., Dridiger V. K., Yudin S. A., Ermolaev N. R. K voprosu o diagnostike i zashchite pochv ot deflyatsii v Stavropol'skom krae [To the question of diagnostics and protection of soils from deflation in Stavropol territory] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 02 (205). Pp. 12–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-205-02-12-25. (In Russian.)

Paper submitted: 22.06.2020.

References

1. Esaulko A. N., Korostylev S. A., Sigida M. S., Golosnoy E. V. Dinamika pokazateley plodorodiya pri vozdeleyvanii sel'skokhozyaystvennykh kul'tur po tekhnologii no-till v usloviyakh Stavropol'skogo kraya [The dynamics of fertility indicators in the cultivation of crops using no-till technology in the Stavropol Territory] // Agrokhimicheskiy vestnik. 2018. No. 4. Pp. 58–62. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10030. (In Russian.)

2. Antonov S. A., Esaulko A. N., Sigida M. S., Golosnoy E. V. Otsenka razvitiya protsessov vodnoy erozii na territorii agrolandshaftov Stavropol'skogo kraya i ikh vliyaniye na produktivnost' [Assessment of the development of water erosion processes on the territory of agrolandscapes of the Stavropol Territory and their impact on productivity] // Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2018. No. 1 (29). Pp. 67–72. (In Russian.)
3. Antonov S. A. Analiz vliyaniya osobennostey rel'yefa na razvitiye protsessov lineynoy vodnoy erozii na pashne Stavropol'skogo kraya [Analysis of the influence of relief features on the development of linear water erosion processes on the arable land of the Stavropol Territory] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. No. 3 (77). Pp. 30–33. (In Russian.)
4. Masyutenko N. P., Kuznetsov A. V., Masyutenko M. N., Pripitneva M. A. Svyaz' pokazateley gumusnogo sostoyaniya chernozema tipichnogo s urozhaynost'yu ozimoy pshenitsy [The relationship between the indicators of the humus state of typical chernozem and winter wheat productivity] // Zemledelie. 2019. No. 8. Pp. 26–29. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10806. (In Russian.)
5. Sitnikov V. N., Egorov V. P., Esaulko A. N., Burlay A. V. Monitoring plodorodiya pochv Stavropol'skogo kraya: dinamika agrokhimicheskikh pokazateley s uchotom zonal'nykh osobennostey pochv [Soil fertility monitoring in the Stavropol Territory: dynamics of agrochemical indicators taking into account zonal features of soils] // Agrochemical Herald. 2018. No. 4. Pp. 8–13. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10019. (In Russian.)
6. Izvekov A. S. Zashchita pochv ot erozii i vosproizvodstvo ikh plodorodiya v yuzhnykh stepnykh i lesostepnykh rayonakh Rossii [Soil protection from erosion and reproduction of their fertility in the southern steppe and forest-steppe regions of Russia] // Dokuchaev Soil Bulletin. 2012. No. 70. Pp. 79–93. (In Russian.)
7. Burlay A. V., Fursov A. D. Otsenka agrokhimicheskogo i ekologo-toksikologicheskogo sostoyaniya zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya v zapadnoy chasti Stavropol'skogo kraya [Evaluation of the agrochemical and ecological-toxicological state of agricultural land in the western part of the Stavropol Territory] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2019. No. 4. Pp. 16–19. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10404. (In Russian.)
8. Izmaylov A. Yu., Spirin A. P., Zhuk A. F., Sizov O. A., Izvekov A. S. Pochvozashchitnyye tekhnologii i kompleks mashin dlya vozdel'yvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v zone Armavirskogo vetrovogo koridora [Soil-protective technologies and a set of machines for cultivating crops in the zone of the Armavir wind corridor] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2007. No. 6. Pp. 19–22. (In Russian.)
9. Mal'tsev K. A., Ermolayev O. P. Potentsial'nyye erozionnyye poteri pochvy na pakhotnykh zemlyakh yevropeyskoy territorii Rossii [Potential erosive soil losses on arable lands of the European territory of Russia] // Pochvovedeniye. 2019. No. 12. Pp. 1502–1512. (In Russian.)
10. Dorozhko G. R., Vlasova O. I., Shabalda O. G., Zelenskaya T. G. Vliyaniye dlitel'nogo primeneniya pryamogo poseva na osnovnyye agrofizicheskiye faktory plodorodiya pochvy i urozhaynost' ozimoy pshenitsy v usloviyakh zasushlivoy zony [The effect of prolonged use of direct sowing on the main agrophysical factors of soil fertility and yield of winter wheat in an arid zone] // Zemledelie. 2017. No. 7. Pp. 7–10. (In Russian.)
11. Kogut B. M., Artem'yeva Z. S., Kirillova N. P., Yashin M. A., Soshnikova E. I. Komponentnyy sostav organicheskogo veshchestva vozduшно-sukhikh i vodoustoychivyykh makroagregatov 2–1 mm tipichnogo chernozema v usloviyakh kontrastnogo zemlepol'zovaniya [The component composition of the organic matter of air-dry and water-resistant macroaggregates of 2–1 mm of typical chernozem under conditions of contrast land use] // Pochvovedeniye. 2019. No. 2. Pp. 161–170. DOI: 10.1134/S0032180X19020084. (In Russian.)
12. Dridiger V. K., Kulintsev V. V., Stukalov R. S., Gadzhumarov R. G. Vliyaniye tekhnologii vozdel'yvaniya polevykh kul'tur na vodno-fizicheskiye svoystva chernozema obyknovennogo v pervoy rotatsii polevogo sevooborota zony neustoychivogo uvlazhneniya Stavropol'skogo kraya [The influence of field crop cultivation technology on the water-physical properties of common chernozem in the first rotation of field crop rotation in the unstable humidification zone of the Stavropol Territory] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. No. 4 (66). Pp. 39–43. (In Russian.)
13. Dridiger V. K. Vliyaniye rastitel'nykh ostatkov na protiverozionnyuyu ustoychivost' pochvy [The influence of plant residues on the erosion resistance of soil] // Eroziya pochv: problemy i puti povysheniya effektivnosti rasteniyevodstva v adaptivno-landshaftnoy sisteme zemledeliya: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 50-letiyu protiverozionnogo kompleksa FGUP "Novonikulinskoe". Ul'yankovsk: UIGTU, 2018. Pp. 59–64. (In Russian.)
14. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii [Classification and diagnostics of Russian soils]. Smolensk, 2004. 342 p. (In Russian.)
15. Godunova E. I., Shapovalova I. N., Kulintsev V. V., Khripunov A. I., Shkabarda S. N. Sostoyaniye plodorodiya pochv Stavropol'ya i puti dostizheniya ikh nul'-degradatsii v sovremennykh klimaticheskikh usloviyakh [The soil fertility status in the Stavropol Territory and ways to achieve their zero degradation in modern climatic conditions] // Agrochemical Herald. 2017. No. 5. Pp. 7–11.
16. Grechishkina Yu. I., Syrov V. G. Monitoring soderzhaniya mikroelementov v chernozemnykh pochvakh Tsentral'nogo Predkavkaz'ya [Monitoring of trace elements in chernozem soils of the Central Caucasasia] // Zemledelie. 2020. No. 3. Pp. 8–10. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10301. (In Russian.)
17. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps // FAO. World Soil Resources Reports. 2014. No. 106. 203 p.
18. Kholodov V. A., Yaroslavl'tseva N. V., Farkhodov Yu. R., Belobrov V. P., Yudin S. A., Aydiyev A. Ya., Lazarev V. I., Frid A. S. Izmeneniye sootnosheniya fraktsiy agregatov v gumusovykh gorizontakh chernozemov v razlichnykh usloviyakh zemlepol'zovaniya [Change in the ratio of aggregate fractions in the humus horizons of chernozems in different land use conditions] // Pochvovedeniye. 2019. No. 2. Pp. 184–193. DOI: 10.1134/S0032180X19020060. (In Russian.)

19. Urbakh V. Yu. Biometricheskiye metody [Biometric methods]. Moscow: Nauka, 1964. 415 p. (In Russian.)
20. Bazykina G. S., Izvekov A. S., Zhdanov S. G. Vodnyy rezhim i produktivnost' predkavkazskikh agrochernozemov obyknovennykh v period anomal'nykh pogodnykh usloviy 2007–2013 gg. [Water regime and productivity of the Pre-Caucasian agrochernozems ordinary during abnormal weather conditions 2007–2013] // *Pochvovedeniye*. 2015. No. 3. Pp. 296–307. (In Russian.)
21. Dridiger V. K., Belobrov V. V., Stukalov R. S., Yudin S. A., Kutovaya O. V., Gadzhumarov R. G. Rezul'taty issledovaniya tekhnologii pryamogo poseva v zone neustoychivogo uvlazhneniya Stavropol'skogo kraya [Results of research on direct sowing technology in the unstable humidification zone of the Stavropol Territory] // *Agricultural journal*. 2019. No. 5 (12). Pp. 51–59. (In Russian.) DOI: 10.25930/0372-3054/008.5.12.2019.
22. Belobrov V. P., Yudin S. A., Yaroslavtseva N. V., Yudina A. V., Dridiger V. K., Stukalov R. S., Klyuyev N. N., Zamo-tayev I. V., Ermolayev N. R., Ivanov A. L., Kholodov V. A. Izmeneniye fizicheskikh svoystv chernozemov pri pryamom poseve [Change in the physical properties of chernozems in no-till] // *Pochvovedeniye*. 2020. No. 7. Pp. 880–890. DOI: 10.31857/S0032180X20070023. (In Russian.)
23. Kulintsev V. V., Dridiger V. K., Godunova E. I., Kovtun V. I., Zhukova M. P. Effekt of No-till Technology on The Available Moisture Content and Soil Density in The Crop Rotation // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2017. No. 8 (6). Pp. 795–799.
24. Dridiger V. K., Godunova E. I., Eroshenko F. V., Stukalov R. S., Gadzhumarov R. G. Effekt of No-till Technology on erosion resistance, the population of earthworms and humus content in soil // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. No. 9 (2). Pp. 766–770.
25. Dridiger V. K. Prakticheskiye rekomendatsii po osvoiniyu tekhnologii vozdeystviya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur bez obrabotki pochvy v zasushlivoy zone Stavropol'skogo kraya [Practical recommendations for mastering the technology of cultivation of agricultural crops without tillage in the arid zone of the Stavropol Territory]. Saratov: Amirit, 2016. 82 p. (In Russian.)
26. Frid A. S., Kuznetsova I. V., Koroleva I. E., Bondarev A. G., Kogut B. M., Utkayeva V. F., Azovtseva N. A. Zonal'no-provintsial'nyye normativy izmeneniy agrokhimicheskikh, fiziko-khimicheskikh i fizicheskikh pokazateley osnovnykh pakhotnykh pochv yevropeyskoy territorii Rossii pri antropogennykh vozdeystviyakh [Zonal-provincial standards for changes in agrochemical, physico-chemical and physical indicators of the main arable soils of the European territory of Russia under anthropogenic influences]. Moscow: V. V. Dokuchaev Soil science Institute, 2010. 176 p. (In Russian.)
27. Petrova L. N., Dridiger V. K., Kashchayev E. A. Vliyaniye tekhnologiy vozdeystviya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na sodержaniye produktivnoy vlagi i plotnost' pochvy v sevooborote [The influence of crop cultivation technologies on the content of productive moisture and soil density in crop rotation] // *Zemledelie*. 2015. No. 5. Pp. 16–18. (In Russian.)
28. Kholodov V. A., Yaroslavtseva N. V., Lazarev V. I., Frid A. S. Interpretatsiya dannykh agregatnogo sostava tipichnykh chernozemov raznogo vida ispol'zovaniya metodami klasternogo analiza i glavnykh component [Interpretation of the aggregate composition data of typical chernozems of different types of use by cluster analysis methods and main components] // *Pochvovedeniye*. 2016. No. 9. Pp. 1093–1100. (In Russian.)

Authors' information:

Viktor P. Belobrov¹, doctor of agricultural sciences, head of the inter-institutional department for the study of chernozem soils, ORCID 0000-0001-6126-5676, AuthorID 90445; +7 903 219-15-15, belobrovvp@mail.ru

Viktor K. Dridiger², doctor of agricultural sciences, professor, head of scientific direction, ORCID 0000-0002-0510-2220, AuthorID 314573; +7 962 400-65-77, dridiger.viktor@gmail.com

Sergey A. Yudin¹, candidate of biological sciences, leading researcher of the inter-institutional department for the study of chernozem soils, ORCID 0000-0003-2199-8474, AuthorID 789455; +7 916 509-61-41, yudin_sa@esoil.ru

Nikita R. Ermolaev¹, postgraduate of the inter-institutional department for the study of chernozem soils, ORCID 0000-0001-6126-5676, AuthorID 1074902; +7 915 402-29-44, n.r.ermolaev94@gmail.com

¹ V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia

² North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia