Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

Мичуринский государственный аграрный университет

На правах рукописи

Красина Татьяна Владимировна

АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, ПРОДУКТИВНОСТЬ И ДИАГНОСТИКА ЧЕРНОЗЕМОВИДНЫХ ОГЛЕЕННЫХ ПОЧВ ЮГА ТАМБОВСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Специальность – 06.01.03 – «Агрофизика»

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель: **Степанцова Людмила Валентиновна**

Москва 2014

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение	4
1.Состояние проблемы	6
1.1. История изучения переувлажненных почв юга Тамбовской низменности	6
1.2. Естественные и антропогенные причины роста площадей переувлажненных почв на территории юга Тамбовской равнины	8
1.3. Изменение свойств черноземов под влиянием переувлажнения	10
1.4. Причины солонцеватости черноземовидных почв юга Тамбовской низменности	11
1.5. Место черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонцов черноземовидных глееватых в различных классификациях	14
1.6. Полевые (морфологические) и аналитические (лабораторные) методы диагностики	16
1.7. Цели и задачи	19
2. Объекты исследований	20
3. Методы исследований	47
4. Гранулометрический состав	51
5. Агрофизические свойства	55
5.1. Плотность, плотность твердой фазы, порозность, гидрологические константы	55
5.2. Структурное состояние	59
6. Водный режим и продуктивность сельскохозяйственных культур	62
7. Диагностика степени гидроморфизма почв по морфологическим признакам, новообразованиям и химическим особенностям	73
7.1. Макроморфологические особенности	73
7.2. Новообразования	79
7.2.1. Неконкреционные формы карбонатных новообразований	79

7.2.2. Карбонатные конкреции 80
7.2.3. Химический состав карбонатных конкреций чернозема типичного и черноземовидных оглеенных почв юга Тамбовской равнины 86
7.2.4. Ортштейны 88
7.2.5. Химический состав ортштейнов черноземовидных оглеенных почв юга Тамбовской равнины 93
7.2.6. Диагностическое значение твердых конкреционных новообразований чернозема типичного и черноземовидных оглеенных почв юга Тамбовской равнины 99
7.2.7. Марганцевые и железистые вкрапления 104
7.2.8. Скелетаны, глинистые и гумусово-глинистые кутаны 106
7.3. Химические свойства почв 109
7.3.1. Валовой состав почвы 109
7.3.2. Кислотность, обменные основания, емкость катионного обмена, содержание солей 113
7.3.3. Фракционный состав органического вещества 117
7.3.4. Содержание различных соединений «несиликатного» железа 122
7.3.5. Содержание элементов питания 126
7.3.6. Фракционный состав фосфора 128
7.4. Количественные критерии диагностики 132
7.4.1. Критерий Швертманна. 132
7.4.2. Коэффициент степени гидроморфизма черноземовидных почв по соотношению оптической плотности различных вытяжек 133
Заключение 137
Выводы 144
Литература 147
Приложения 162

ВВЕДЕНИЕ

Составляя более половины пашни страны и давая свыше 80% ее растениеводческой продукции, чернозем всегда будет первоочередным объектом фундаментальных и прикладных почвенных исследований (Щербакова, Васенев, 1999). Уже в работах В.В. Докучаева, А.А. Измаильского затронуты вопросы снижения плодородия этих почв. В последние десятилетия по всей черноземной зоне России и ряда сопредельных стран кроме традиционных проблем дегумификации, эрозии и уплотнения (Бондарев и др., 2006; Кузнецова, 1990, 2004; Поздняк, 2004), активно обсуждается вопрос деградации черноземов под влиянием переувлажнения (Калиниченко и др., 1997; Хитров, Назаренко, 2000; Воробьева и др., 2002).

Вторично гидроморфные почвы, получившие ландшафтное название «мочары», появляются пятнами среди массивов автоморфных почв по замкнутым понижениям. Отмечается устойчивая тенденция к увеличению числа и размеров таких контуров. Черноземы в течение короткого времени (1-3 года) трансформируются в лугово-черноземные или черноземно-луговые почвы с признаками слитости, засоления и осолонцевания. Появление переувлажненных земель в агроландшафтах на водораздельных пространствах, где распаханные земли составляют почти 90% площади, усложняет структуру почвенного покрова, снижает агрономическую ценность пахотных земель и ведет к потере черноземов как уникальных, наиболее плодородных почв планеты (Зайдельман и др., 1998; Ачканов, Николаева, 1999).

На юге Тамбовской области широко распространены гидроморфные и полугидроморфные почвы черноземного ряда (Ахтырцев и др., 1981; Самойлова, 1981). Почвенное обследование ряда хозяйств области показало, что современные очаги переувлажненных почв значительно превышают площади, которые показаны на картах, составленных в 70-е, 80-е гг. XX в (Степанцова, Красин, 2011).

В настоящее время наблюдается интенсификация сельскохозяйственного производства, массовая распашка залежей, в том числе и заболоченных, замена старой техники, орошение. Использование полугидроморфных почв требует существенной корректировки по сравнению с традиционными рекомендациями,

ориентированными на черноземы. Однако в последние годы работы по исследованию водного режима продуктивности гидроморфных почв и уточнению их площадей не ведутся. До настоящего времени отсутствует система диагностики переувлажненных черноземных почв юга Тамбовской равнины с учетом возможности получения стабильных урожаев при различном сельскохозяйственном использовании.

В настоящей работе представлены новые сведения о морфологии, генезисе и свойствах черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных и солонцов черноземовидных юга Тамбовской равнины, урожайности сельскохозяйственных культур в годы различной влажности, рассмотрены вопросы полевой диагностики, предложен новый аналитический количественный критерий оценки их агроэкологического состояния. Изучены макро- и мезоморфологические особенности и химический состав карбонатных и марганцево-железистых конкреций, выявлено их диагностическое значение. Предложена система мероприятий по рациональному сельскохозяйственному использованию этих почв в естественном состоянии.

Автор сердечно благодарит профессора Ф.Р. Зайдельмана и профессора А.С. Никифорову за ценные советы и помощь в работе, зав. кафедрой профессора Е.В. Шеина и сотрудников кафедры физики и мелиорации почв МГУ им. М.В. Ломоносова за поддержку и замечания. Особую признательность автор выражает своему научному руководителю доценту д.б.н., профессору кафедры агрохимии и почвоведения Мичуринского государственного аграрного университета Л.В. Степанцовой, а также сотруднику кафедры к.б.н. В.Н. Красину и аспирантам П.И. Рыжкову и В.А. Королеву за помощь в полевых исследованиях.

1.СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

1.1. История изучения переувлажненных почв юга Тамбовской низменности

Подробно история изучения лугово-черноземных и черноземно-луговых почв Окско-Донской равнины представлена в монографии А.Б. Ахтырцева и др., (1981). Наличие в почвенном покрове Тамбовской равнины «небольших низинок среди сухих высоких степей» отмечали В.В. Докучаев в «Русском черноземе» (1883), А.А. Измаильский (1893) и В.Р. Вильямс (1939).

Однако длительное время о гидроморфных почвах черноземного ряда почти не упоминалось в литературе (Розов, 1939) и на почвенной карте Тамбовской области они выделены лишь на речных терассах и днищах увлажненных балок (Атлас почв Тамбовской области, 1981). Это связано с тем, что при мелкомасштабном картографировании закладываются неглубокие разрезы, а признаки оглеения появляются на глубине 2 и более метров (Иванова,1976).

Первые указания на значительное распространение лугово-черноземных почв на слабодренированных водоразделах Окско-Донской равнины появились в работах Н.И. Никаноровой (1953), Н.И. Розова и О.Л. Вадковской (1956), Б.П. Ахтырцева (1960, 1962). Е.Н. Иванова (1976) отмечает, что к югу от линии Липецк – Тамбов водораздельные пространства покрыты луговато- и лугово-черноземными почвами с пятнами черноземов, на наименее дренированных участках с многочисленными западинами господствуют луговые почвы, приречные и прибалочные полосы заняты черноземами выщелоченными, обыкновенными и типичными.

Детальное изучение почвенного покрова продолжили в 1970-1980 гг. XX века Б.П. Ахтырцев и Б.Т. Джегерис (1959), П.Г. Адерихин (1960), Б.П. Ахтырцев (1962, 1968, 1971, 1972), П.Г. Адерихин и Б.Т. Джегерис (1968), Е.М. Самойлова и Н.В. Якушевская (1969, 1970), В.К. Бугаевский (1972), А.Б. Ахтырцев (1974), А.Б. Ахтырцев, П.Г. Адерихин и Г.М. Кадер (1975). С этих времен лугово-черноземные и черноземно-луговые почвы стали выделятся при крупномасштабном картировании почв Тамбовской области. Было установлено, что в западинах и на прилегающей к ним пространствах южной части Окско-Донской равнины

под луговой растительностью в условиях постоянной связи с гидрокарбонатно-натрий-кальциевыми и гидрокарбонатно-магний-кальциевыми почвенно-грунтовыми водами (уровень их колеблется в среднем от 1,5 до 3 м) формируются черноземно-луговые карбонатные, солончаковые, солонцеватые почвы.

Значительный вклад в изучение луговых и лугово-черноземных почв Тамбовской равнины внесла Е.М. Самойлова (Самойлова, 1978, 1985; Самойлова, Якушевская, 1969, 1971; Самойлова, Дронова, 1979; Самойлова, Макеева, 1979.) Под ее руководством проводились многолетние наблюдения за водным режимом луговых содовых солонцов и луговой солоди под осиновыми кустами на стационаре в Токаревском районе Тамбовской области.

В 90-х гг. генетические и картографические исследования практически прекратились. Кроме работы А.В. Трубникова (2009) по почвам южной лесостепи Тамбовской равнины, других работ этого периода мы не обнаружили.

В последние десятилетия увеличилось количество экстремально сухих и влажных лет, наблюдается повсеместный рост площадей переувлажненных почв, происходит преобразование структуры АПК. На юге Тамбовской области основной причиной снижения урожайности зерновых культур является дефицит влаги. Черноземовидные оглеенные почвы лучше обеспечены влагой. На них можно получать дополнительную по сравнению с черноземами сельскохозяйственную продукцию. По данным П.Г. Адерихина и др. (1974) наивысшая урожайность зерновых культур отмечена в Токаревском, Ржакинском и Мордовском районах, что обусловлено преобладанием черноземно-луговых почв и высоким (выше 3 м) уровнем грунтовых вод на большей части территории (Трощий, 1970). При этом в период 1990-2010 гг. значительные площади переувлажненных черноземовидных почв не обрабатывались и заросли сорной растительностью.

В настоящей работе представлены данные о водном режиме черноземовидных оглеенных почв, урожайности зерновых и многолетних трав во влажный, средний и экстремально сухой по обеспеченности осадков годы и последующий период восстановления водного режима. Полученные данные позволили оценить

возможность рационального использования почв в естественном состоянии и целесообразность их мелиорации.

1.2. Естественные и антропогенные причины роста площадей переувлажненных почв на территории юга Тамбовской равнины

Проблема изучения переувлажненных почв после социально-политических преобразований начала 90-х годов приобрела новое звучание (Зайдельман, 2003). Рост их площадей в засушливых регионах на месте черноземов вызван строительством водохранилищ, бездренажным орошением, переуплотнением почв тяжелой техникой и другими причинами. Из-за вторичного заболачивания, засоления, сгорания, оподзоливания ежегодно из сельскохозяйственного оборота списываются миллионы гектаров лучших почв страны (Шоба, Зайдельман, Шеин, 2003). Наблюдается совпадение всех этих явлений с абсолютным увеличением среднегодовой нормы осадков в лесостепной и степной зонах (Кузнецов и др., 2004; Николаева и др., 2001). Так, Н.В. Гниненко и др. (1998) указывают, что в период за 1973-1993 гг. сумма атмосферных осадков в Харьковской области Украины увеличилась на 39,1 мм, по данным А.Я. Ачканова и С.А. Николаевой (1999) в Краснодарском крае эта цифра составила 100-120 мм. И.С. Орликова и С.А. Сычева (1996), отмечают, что на Среднерусской возвышенности, «за последние 39 лет средняя многолетняя годовая сумма осадков сохранилась в тех же размерах, что и в 1896-1955 гг., но изменилась повторяемость сухих, средних и влажных лет в сторону увеличения числа влажных». Г.С. Базыкина и О.С. Бойко (2008) указывают, что в период с 1973 по 2006 гг. имело место повышенное атмосферное увлажнение, при этом температурный режим, особенно в зимние месяцы, был теплее нормы. Следствием этого является усиление олуговения черноземов и увеличение случаев сквозного промачивания почв в осенне-зимне-весенний период.

В Тамбовской области проблема переувлажнения стоит достаточно остро. (Овечкин, Исаев 1989; Паракшин, Паракшина, Уваров 1997). В «Докладе о состоянии окружающей природной среды…» за 1996 г отмечено, что 132,3 тыс. га сельскохозяйственных угодий области находятся в условиях избыточного увлаж-

нения, 141,1 тыс. га - заболочены, 31,6 тыс. га сенокосов и пастбищ покрыты кочками. Это обусловлено целым рядом причин.

Тамбовская низменность занимает центральную часть Окско-Донской равнины и испытывает устойчивое опускание (Петропавловский, 1955), что всегда сопровождается усилением гидроморфизма территории и подъемом уровня грунтовых вод. По данным Т.А. Девятова и А.П. Щербакова (2005) в Каменной Степи подъем уровня грунтовых вод привел к трансформации черноземов в лугово-черноземные почвы не только в западинах, но и на плоских недренированных пространствах.

А.В. Трубников (2006) отмечает, что по данным Чакинской метеостанции со второй половины XX века годовая сумма осадков на юге Тамбовской области увеличилась на 85 мм по сравнению с первой его половиной и составила 503 мм за 1951-2000 гг. против 415 мм в период с 1914 по 1950 г. По данным Мичуринской метеостанции также наблюдается увеличение осадков на 80-90 мм. В период с 2000 по 2006 гг. в первой половине XX в. среднегодовое количество осадков составило 579 мм против 470 мм.

Не менее существенны и антропогенные факторы. Д.И. Щеглов (1999) как одну из причин гидроморфизма черноземов ЦЧЗ, указал переход почвы из целинного состояния в обрабатываемое. Сельскохозяйственное освоение ведет к гумидизации водного режима (Лебедева, 2004). Ежегодная положительная разница во влагообеспеченности освоенных и целинных черноземов составляет 13 мм, что в многолетнем цикле и приводит к «осырению» профиля. Резкое сокращение животноводства (численность голов КРС по сравнению с 70-80 гг. XX уменьшилась более чем в 10 раз) и площадей под многолетними травами, ведет к недорасходу почвенной влаги.

Переувлажненные почвы в большей степени, чем черноземы подвержены уплотнению сельскохозяйственной техникой. В результате весновспашки в понижения поступает дополнительное количество влаги. «Укатка» почв происходит равномерно по всей площади, поэтому отсутствует возможность сравнительной визуальной оценки ущерба, наносимого аграрному производству и экологическо-

му состоянию почв (Зайдельман, 2000). Негативное влияние могут оказывать и другие агротехнические приемы. Зяблевая вспашка под яровые в лесостепной зоне является основным приемом накопления дополнительного количества влаги в почве. Применение ее на полях с близкими грунтовыми водами ведет к тому, что пахотные горизонты освобождаются от гравитационной влаги только к середине июня (Зайдельман и др., 2008).

Мелиоративные мероприятия по борьбе с засухой проводившиеся в 50-60х гг. XX в. включали в себя создание прудов по балкам и оврагам. С.В. Зонн и Н.Б. Иванова (1997) считают, что подъем уровня грунтовых вод в Каменной Степи во второй половине XX в. связан с созданием прудов. На территории Тамбовской области почти все балки и лощины превращены в каскад водохранилищ.

Заболачивание ведет к изменению свойств черноземных почв, что проявляется по-разному в зависимости от климатических и гидрологических особенностей.

1.3. Изменение свойств черноземов под влиянием переувлажнения

Считается, что черноземы обладают высокой устойчивостью к внешним воздействиям. Однако многочисленные работы последних лет (Ачканов и др., 1997, 1999; Зайдельман, Давыдов, 1992; Луковская, 1979; Минкин и др., 1982; Полупан и др., 1983; Сувак, 1986; Черниченко, 1996; Черниченко, Суетов, 1997) наглядно свидетельствуют, что они быстро деградируют под влиянием повышенного увлажнения. Наименее устойчивыми при этом оказались свойства, характеризующие их физическое состояние, изменение которого влечет за собой нарушение сбалансированности не только водного и воздушного режимов, но и окислительно-восстановительного состояния почв, карбонатно-кальциевого равновесия, гумусного состояния и т.д. (Зайдельман и др., 1993, 1998; Николаева, Еремина, 2005).

Глееобразование является ведущим процессом, который определяет глубокие, кардинальные изменения черноземных почв при их систематическом переувлажнении (Зайдельман и др., 1998). Возрастание количества подвижных соедине-

ний железа во вторично-гидроморфных почвах ведет к растворению железистых пленок, снятию их с поверхности почвенных агрегатов, к разрушению структуры почвы и пептизации ее глинистой части (Ачканов, Николаева, 1999). В результате степные черноземы деградируют в мочаристые, происходит их слитизация, осолонцевание, подщелачивание, засоление.

В лесостепной зоне заболачивание в условиях застойно-промывного водного режима ведет к формированию черноземовидных оподзоленных почв с кислыми осветленными элювиальными горизонтами (Зайдельман и др., 2002, 2006, 2007).

Южная часть Тамбовской низменности, где проходили исследования, относится к типичной лесостепи. Здесь одновременно встречаются почвы с кислыми горизонтами и их солонцеватые разности. В теоретическом и практическом плане интересно рассмотреть причины образования в одних климатических условиях почв, существенно различающихся по своим свойствам и плодородию.

1.4. Причины солонцеватости черноземовидных почв юга Тамбовской низменности

Подробный анализ истории изучения солонцов представлен в статье Н.Б. Хитрова (2004). Остановимся на основных моментах.

В конце XIX века народный термин «солонец» означал то же, что и «солончак», то есть засоленную почву. По заключению В.В. Докучаева, «...солонцы - понятие собирательное, под которыми надо разуметь вообще почему-либо неплодородные земли данной местности» (Докучаев «Русский чернозем, с. 388, цит. по 1936).

Теоретические основы образования солонцов в 1912-1928 гг. были заложены К.К. Гедройцем (1955). Он впервые доказал, что солонцы представляют собой почвы, поглощающий комплекс которых обогащен натрием. Источник натрия - почвенные растворы, богатые хлоридами и сульфатами натрия. Солонцы образовались из засоленных почв в результате их рассоления. Эта точка зрения общепризнанна, она подтверждена практически всеми фундаментальными работами, посвященными данной проблеме (Антипов, 1953; Иванова, 1939; Ковда, 1937).

К.К. Глинка (1927) допускал возможность образования солонца при многократном повторении циклов засоления при поднятии минерализованных грунтовых вод или верховодки в одни сезоны года и последующего рассоления верхних горизонтов атмосферными осадками и (или) водами поверхностного притока в другие сезоны года.

Третий вариант формирования солонцов - засоление содовыми грунтовыми водами, не проходя стадии солончака (Базилевич, 1965; Ковда, 1946).

Четвертый вариант - гипотеза, выдвинутая В.Р. Вильямсом (1939). Считается, что степная и полупустынная растительность (полыни, солянки, кермек, камфоросма и др.) поглощает корневыми системами соли из глубоких слоев породы, перемещая их в надземные органы. При отмирании и минерализации растительных остатков они поступают на поверхность почвы и, промываясь вниз осадками, вызывают осолонцевание.

Пятый вариант - горизонтальное перераспределение солей в зоне аэрации между почвами солонцового комплекса, расположенными на разных элементах микрорельефа в автоморфных условиях без взаимодействия с грунтовыми водами. Его предложил В.В. Егоров (1967) и смоделировал В.П. Калиниченко (1986). Под микробугром возникает солевая аномалия, которая поддерживает саморегулирующий режим в верхних горизонтах солонца подобно тому, как описывал К.Д. Глинка (1927), но без участия грунтовых вод.

Н.П. Панов (1972) допускал возможность образования солонцов различными путями (теория полигенеза солонцов).

В связи с широким распространением почв с морфологическим профилем солонца, но сравнительно небольшим количеством обменного Na (менее 20%, а часто и менее 10% от емкости катионного обмена (ЕКО)) и значительной долей обменного Mg (40-60% от ЕКО) возникает проблема магниевой солонцеватости. Ряд авторов допускал и возможность влияния магния на образование солонцового горизонта (Гедройц, 1955; Kelly, 1951). Другие (Ковда, 1939; Михайличенко, 1979; Розов, 1932) показали, что эффект от обменного магния оказывается очень близким к эффекту от обменного кальция в противоположность обменному натрию, и

решили считать магниевые солонцы «остаточными». Позднее появились работы показывающие, что обменный магний усиливает пептизирующее действие натрия (Минкин, 1986; Панов, 1972).

Б.В. Андреевым (1955) была выдвинута гипотеза о гальмиролизе алюмосиликатов – разрушенных минералов в присутствии концентрированных солевых растворов, в результате которого образуются гидрофильные коллоиды, богатые кремнекислотой. При этом обменные натрий и магний рассматриваются не как причина, а как следствие солонцового процесса.

По данным Е.М. Самойловой (1981) в лесостепной части Окско-Донской равнины луговые солонцы широко распространены в плоских обширных понижениях площадью несколько десятков гектар. Источником соды и поглощенного натрия в ППК солонцов являются процессы выветривания и сульфатредукции в условиях чередования аэробных и анаэробных процессов, так как лессы и лессовидные породы Русской равнины содержат значительное количество (10-20% от веса породы) натриевых полевых шпатов (Кригер 1965). В развитии осолонцевания и поддержании солонцовых свойств черноземно-луговых почв велика роль постоянной связи почвенного профиля с гидрокарбонатно-натриевыми грунтовыми водами. Под солонцами уровень их колеблется в пределах 1-2,5 м. Отмечается периодическое поднятие и опускание уровня грунтовых вод, что способствует возникновению очагов засоления и осолонцевания почв при общем небольшом содержании солей в солонцовом горизонте. Современные черноземно-луговые солонцы, как правило, солончаковатые или высокосолончаковатые. По химизму засоления относятся к содовым, реже – сульфатно-содовым (Ахтырцев, Ахтырцев, 1997).

Солонцы и солонцеватые почвы имеют ряд особенностей, ограничивающих или препятствующих росту и развитию многих сельскохозяйственных культур: наличие легкорастворимых солей в средней и нижней частях почвенного профиля, текстурная дифференциация, контрастно изменяющиеся физические свойства при увлажнении и высушивании, щелочная реакция среды и др. Даже в тех случаях, когда долевое участие солонцов в почвенном покрове невелико, их влияние на

общую продуктивность территории значительно. Располагаясь пятнами среди зональных почв, имея разные сроки «поспевания» с последними, солонцы затрудняют обработку полей, приводят к пестроте урожая (Любимова и др., 1994). Поэтому в сельском хозяйстве солонцовые земли используют после их мелиорации. В 1990-х годах произошел спонтанный мозаичный вывод из активного сельскохозяйственного оборота миллионов земель пашни, в первую очередь тех участков, которые требовали больших материальных затрат (Хитров, Чевердин, 2009). В этой связи необходимо предусмотреть возможность использования малонатриевых солонцов и солонцеватых почв без дорогостоящей мелиорации.

1.5. Место черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонцов черноземовидных глееватых в различных классификациях

В «Классификации и диагностике почв СССР» (1977) основные таксоны черноземов и лугово-черноземных почв выделились на основе особенностей их водного режима. Морфологические показатели (глееватость, карбонатность) практически не использовались. Такая диагностика создает определенные трудности, так как УГВ и длительность поверхностного затопления изменяются по сезонам и в зависимости от влажности года.

Очень сложно определить место черноземов и гидроморфных почв черноземного ряда в новой «Классификации и диагностике почв России» (2004). Исследуемый чернозем типичный согласно новой номенклатуре относится к подтипу миграционно-мицелярных. Однако в работе мы использовали старое название «чернозем типичный», как более привычное специалистам сельского хозяйства. В «Классификации и диагностике почв СССР» (1977) гидроморфные почвы лесостепи выделялись в два самостоятельных типа - лугово-черноземных и луговых почв, в пределах которых выделялись еще и подтипы по степени увлажненности, в новой классификации все их многообразие заключено только в одном подтипе «чернозем гидрометаморфизованный».

Согласно новой субстантивно-генетической классификации из диагностических критериев выведены ландшафтные и режимные показатели, а разграничительные функции переданы генетическим горизонтам. Поэтому все луговые типы почв исключены, сохранены лишь те из них (обычно в ранге подтипа и под другим названием), в которых признаки гидроморфизма можно диагностировать по морфологическим особенностям строения почв.

Е.М. Самойловой в своей работе «Луговые почвы лесостепи» (1981) показала, что на всем протяжении развития русского почвоведения гидроморфные почвы отделились от черноземов на самом высоком таксономическом уровне. Еще В.В. Докучаев (1886) разделил почвы нормального и избыточного увлажнения на уровне класса. Такое же место за ними оставалось в классификациях Н.М. Сибирцева (1895), Г.Н. Высоцкого (1906) и С.С. Неуструева (1916). С.А. Захаров (1927) в лесостепной и степной зонах выделил тип луговых черноземов и влажных лесных почв. Е.Н. Иванова и Н.Н. Розов (1959) предложили три самостоятельные типа лугово-черноземные, луговые и лугово-болотные.

Термин «черноземовидные оглеенные почвы» впервые был предложен Ф.Р. Зайдельманом, для гидроморфных почв Рязанской лесостепи (Зайдельман и др., 2007), которые сходны с черноземами наличием гумусового горизонта зернистой структуры с высоким содержанием органического вещества, но отличающихся от них ярким проявлением оглеения. В своем профиле они имеют соответствующие диагностические горизонты. Термин «черноземовидные оглеенные почвы» мы используем в нашей работе в качестве общего названия для переувлажненных почв черноземного ряда. Солонцеватые, глееватые, оподзоленные, подзолистые и другие подтипы в пределах этого типа мы выделяли по наличию соответствующих диагностических горизонтов. Такой подход, по нашему мнению, соответствует принципам, на которых строится новая «Классификация и диагностика почв России» (2004).

Выделение переувлажненных почв лесостепи в самостоятельный тип «черноземовидные оглеенные» целесообразно еще и потому, что они отличаются от черноземов ухудшением свойств, пониженной даже в средние по увлажненности го-

ды продуктивностью и требуют совершенно иного подхода при их использовании и оценке.

1.6. Полевые (морфологические) и аналитические (лабораторные) методы диагностики

Согласно новой субстантивно-генетической классификации (2004) диагностика почв должна строиться только на появлении в профиле характерных диагностических горизонтов. Однако детально этот вопрос не рассмотрен.

В «Классификации и диагностике почв СССР» (1977) для характеристики степени гидроморфизма почв таежно-лесной зоны широко использовалось деление почв по степени оглеения: поверхностно-глееватые, поверхностно-глеевые, грунтово-глееватые, грунтово-глеевые. В лесостепной и степной зонах термин «луговатость», не имеет четкого морфологического наполнения. В основе разделения лугово-черноземных почв по степени гидроморфизма лежит уровень грунтовых вод или длительность срока поверхностного затопления, что подразумевает под собой режимные наблюдения. Е.М. Самойлова (1981) отмечает, что исследователи, работавшие в сухие и влажные годы на территории Окско-Донской равнины, определяли различное распространение черноземно-луговых почв. Так Г.М. Тутмин (1915, 1916) писал о часто замечаемых признаках былой луговатости черноземов. П.С. Денисов (1935), работавший во влажный период, отмечает высокий 2-5 м уровень грунтовых вод.

Подразделение луговых и лугово-черноземных почв на роды производилось с использованием морфологических и количественных критериев: обычные - вскипают в нижней части гумусового горизонта, не засолены, не солонцеваты; выщелоченные вскипают ниже гумусового горизонта, карбонатные - вскипают с поверхности, солонцеватые имеют солонцовый горизонт или содержат обменный натрий в количестве 5-15% от ЕКО.

Исследователи кроме характеристики лугово-черноземных почв Тамбовской области по луговатости давали им оценку и по степени оглеения. Так Е.М. Самойлова (1981) отмечает, что луговые и влажно-луговые почвы Окско-Донской

равнины имеют явные признаки оглеения, первые в подгумусовом, вторые - в гумусовом. В черноземно-луговых почвах яркие голубые прожилки, охристы и пятна, общая сизоватость появляются в той части профиля, которая на протяжении длительного времени служит водоносным горизонтом. Солонцовые почвы и луговые солонцы оглеены уже в подгумусовом горизонте. В лугово-черноземных и луговато-черноземных почвах яркие признаки оглеения могут отсутствовать или появляются на значительной глубине.

Однако до настоящего времени в литературе отсутствуют четкие морфологические критерии диагностики почв разной степени гидроморфизма. Перспективна разработка критериев полевой диагностики по новообразованиям (Зайдельман, Никифорова, 2001). Для черноземовидных оподзоленных оглеенных и черноземовидных оглеенных почв севера Тамбовской равнины была предложена система диагностики по ортштейнам (Зайдельман и др., 2009) и по карбонатным конкрециям (Красин, Степанцова, 2011). Черноземовидные оглеенные почвы Окско-Донской равнины содержат широкий спектр карбонатных и Mn-Fe конкреций (Ахтырцев и др., 1981, Самойлова, 1981). Однако нам не удалось обнаружить подробную макро- и мезоморфологическую характеристику этих новообразований. В настоящее время отсутствуют сведения об их химическом составе, не рассмотрено диагностическое значение для оценки водного режима почв и продуктивности сельскохозяйственных культур.

Следует, однако, отметить, что морфогенетический подход к диагностике вторично заболоченных почв недостаточен или непригоден вообще, так как не несет экологической нагрузки и не может служить обоснованием практических решений, поскольку не отражает свойства почвы как среды обитания естественной и культурной растительности (Зайдельман, 1981, 1974, 1998). Часто почвы, не несущие ясных морфохроматических признаков оглеения, по своему водному режиму могут быть непригодны для возделывания сельскохозяйственных культур, и, наоборот, при достаточно ярких признаках оглеения экология почв позволяет их использование в интенсивном земледелии. Оценка почв по степени заболоченности может быть проведена только после выявления зависимости между морфо-

логическими критериями и эколого-гидрологическими особенностями почв на основе режимных наблюдений в годы различной влажности. Степень заболоченности почв – понятие эколого-экономическое. Оно отражает устойчивость растений к переувлажнению и целесообразность мелиорации почв при их различном сельскохозяйственном использовании (Зайдельман, 1984, 2003, 2004).

Этот подход мы использовали в настоящей работе. Детальное изучение морфологических особенностей сочеталось с анализои их водного режима и продуктивностью почв.

Количественные аналитические критерии необходимы в производственной и мелиоративной практике для оценки площади переувлажненных почв. Для таежно-лесной зоны был разработан ряд количественных критериев. Одним из таких показателей является критерий Швертманна (Blume, Schwertmann,1961), который может характеризовать степень переувлажнения почв (Зайдельман, 1982, 2004; Зайдельман, Никифорова и др., 2001). Для почв с элювиально-иллювиальным профилем Ф.Р. Зайдельманом и А.К. Оглезневым (1971) был предложен коэффициент заболоченности почв по соотношению железа к марганцу, извлекаемых из ортштейнов горизонта Апах 1н сернокислой вытяжкой, и разработаны его значения для дерново-подзолистых почв различной степени гидроморфизма (Зайдельман, Никифорова, Санжаров 1979; Зайдельман, Санжаров, Полонская, 1982; Зайдельман, Никифорова, 1998).

Для черноземовидных оподзоленных и оглеенных почв севера Тамбовской равнины был предложен критерий степени гидроморфизма по соотношению оптической плотности щелочной и щелочной пирофосфатной вытяжек из гумусовых горизонтов (Зайдельман и др., 2012; Степанцова, Красин, 2011). Возможность использования этих критериев для условий юга Тамбовской равнины еще не рассматривалось.

1.7. Цели и задачи

Для того чтобы раскрыть особенности генезиса, свойств и режима почв юга Тамбовской равнины и научно обосновать их рациональное использование автором были предприняты исследования **цель** которых, **изучить агрофизические свойства, исследовать особенности основных элементов гидрологического режима обрабатываемых черноземов типичных, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонцов черноземовидных глееватых юга Тамбовской низменности, обосновать рациональное использование этих почв в естественном состоянии, и мероприятия по оптимизации их водного режима разработать способы их морфологической и аналитической диагностики.**

Задачи исследований:

1. Исследовать влияние заболачивания пресными поверхностными и гидрокарбонатно-натриевыми грунтовыми водами на агрофизические свойства, морфологические и химические особенности чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонцов черноземовидных глееватых;

2. Изучить основные элементы водного режима исследуемых почв в многолетнем цикле;

3. Оценить урожайность сельскохозяйственных культур в годы различной влажности и возможность рационального использования исследуемых почв в естественном состоянии;

4. Изучить морфологические особенности и химический состав карбонатных и Mn-Fe конкреций, оценить диагностическое значение этих новообразований;

5. Разработать систему мелиоративной диагностики чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонцов черноземовидных глееватых юга Тамбовской низменности по морфологическим особенностям;

6. Оценить возможность применения различных количественных показателей для диагностики степени гидроморфизма исследуемых почв.

2. Объекты исследований

Изучение морфологических особенностей, физических свойств, режима влажности и продуктивности чернозема типичного, черноземовидных оглеенных и черноземовидных солонцеватых оглеенных почв юга Тамбовской низменности проводилось на примере почв ООО «Уваровская Нива» юга-востока Тамбовской области. Хозяйство расположено на водоразделе р.р. Ворона и Савала. Современный эрозионно-аккумулятивный рельеф сформировался в верхнечетвертичную эпоху, в нем преобладают плакоры и водораздельно-западинные недренированные междуречья. Поверхность их слабо расчленена долинно-балочной сетью (Раскатов, 1969). Абсолютные высоты не превышают 160-180 м. Выровненность, не расчлененность рельефа в междуречьях повышает уровень почвенно-грунтовых вод (Измаильский, 1949). Специфическая форма мезорельефа – многочисленные степные блюдца. Они были всесторонне изучены Т.И. Поповым (1914) и Ф.Н. Мильковым (1956). Диаметр степных западин 20-50 м, иногда 100-200 м, глубина от 0,3-0,5 м до 1,5-2,0 м. Ф.Н. Мильков (1956) считал, что они имеют древнее аллювиальное происхождение. Эти понижения наследие прежних водотоков, связанных с оводнением Окско-Донской низменности в период таяния ледника (Максимов, 1966). Среди других причин их возникновения называют палеокриогенные, суффозионные, просадочные процессы (Зайдельман, Рыдкин, 2003; Бондарев, Кузнецова, 1987, 1988).

На данной территории почти нет озер, но насчитываются сотни прудов (Воскресенский, 1951), что играет большое значение в поддержании высокого уровня грунтовых вод на водоразделах (рис. 1).

Водоразделы сложены безвалунными лессовидными глинами и суглинками (Ахтырцев, 1972; Спиридонов, 1953). Характерными их чертами являются отсутствие слоистости и валунов, способность давать столбчатые отдельности, пористость, наличие углекислой извести. Содержание физической глины составляет 60-70%, илистых частиц - 30-45%, карбонатность варьирует от 2 до 20%, чаще 10-12%, иногда обнаруживается повышенная щелочность - $pH_{вод}$ 8,5-9 (Самойлова, 1981). На участке исследований мощность этих отложений составляет 4-5 м. Ни-

же залегает морена Днепровского оледенения мощностью 1,0-1,5 м, которая представляет собой тяжелый суглинок с многочисленными включениями халцедоновой гальки и обломков кварцита буровато-кирпичного цвета. Морена является водоупорной породой, на которой формируется верхний водоносный горизонт. Моренные отложения подстилаются глауконитовыми песками зеленоватого цвета. Геологический разрез представлен на рис. 5-б.

Рисунок 1. Спутниковый снимок участка работ: 1 – дренированный участок водораздела распространения чернозема типичного; 2 – слабодренированный повышенный участок водораздела распространения черноземовидных оглеенных и черноземовидных оподзоленных глееватых почв; 3 – пониженный недренированный участок водораздела распространения черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонцов черноземовидных глееватых.

Климат юга Тамбовской равнины более сухой и теплый, чем на севере территории. Средние температуры января - (-10) – (- 10,5)°С, июля – (+20) – (+20,5) °С, среднегодовое количество осадков - 450-475 мм, сумма среднесуточных температур выше 10°С составляет 2500-2600°С, коэффициент увлажненности за вегетационный период по Селянинову - 1,0 (Агроклиматический справочник, 1959).

Почвенный покров характеризуется по данным А.Б. Ахтырцева и др. (1981) «сложными пятнисто-кольцевыми депрессионными сочетаниями … фон выполняют лугово-черноземные почвы в сочетании с черноземно-луговыми. Первые занимают выровненные слабодренированные плоскоместья и слабые пологие скло-

ны. Вторые окружают различные депрессии и покрывают плосковогнутые участки водоразделов. Обязательными компонентами являются сложные западинные комплексы и микросочетания почв». Е.М. Самойлова (1981) отмечает «…в плоских обширных понижениях в несколько десятков гектар распространены луговые солонцы … в степных блюдцах - болотные почвы, солоди…. зональные автоморфные почвы - черноземы приурочены лишь к наиболее дренированным прибалочным участкам водораздела»

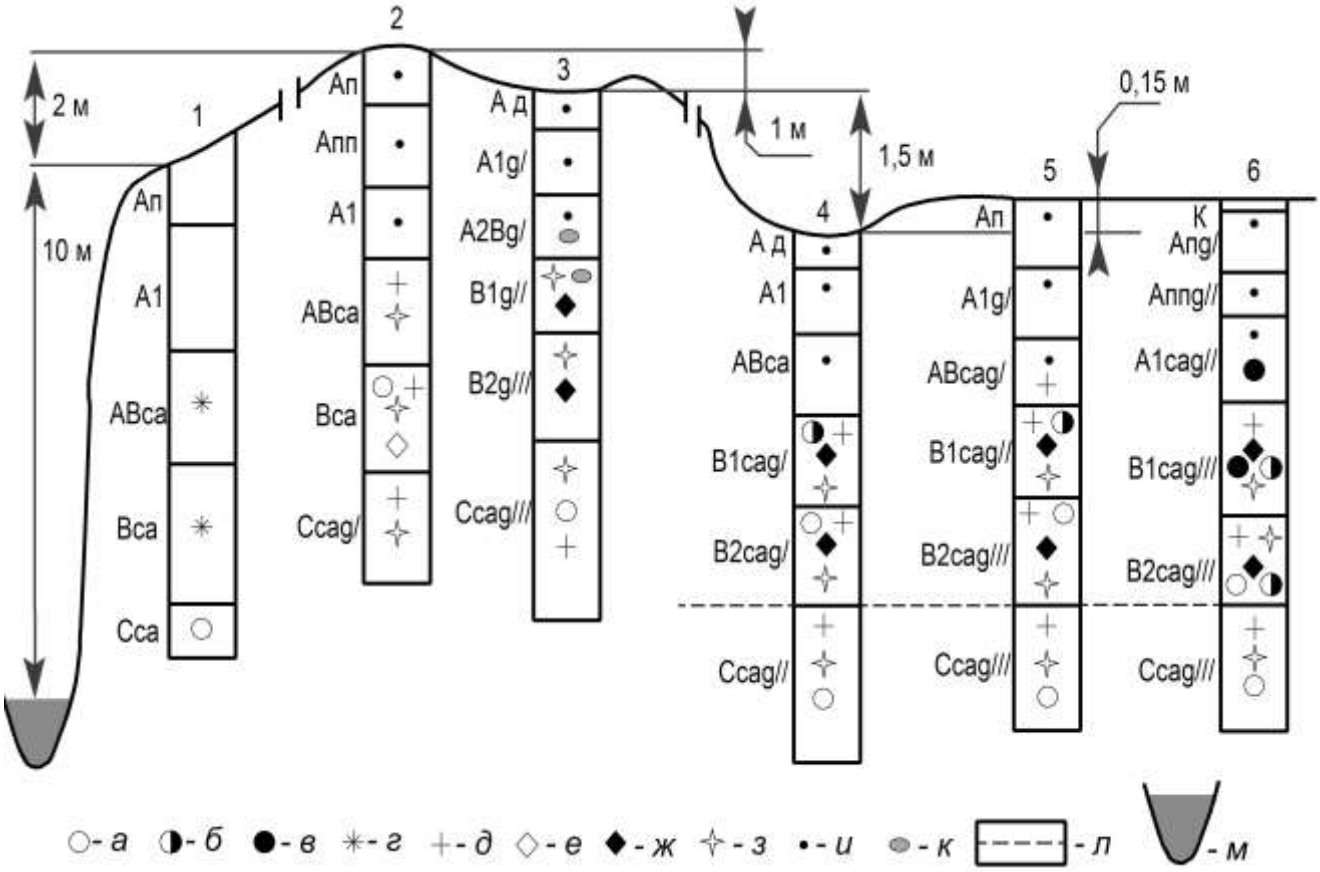

Рисунок 2. Общая схема расположения разрезов. Условные обозначения. Почвы: 1- чернозем типичный; 2- черноземовидная глубокооглеенная; 3- черноземовидная оподзоленная глееватая; 4- черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная; 5- черноземовидная сильносолонцеватая среднеооглеенная; 6- солонец черноземовидный глееватый. Новообразования: а - светлые карбонатные конкреции; б - серые карбонатные конкреции; в - темные карбонатные конкреции; г - карбонатный мицелий; д - карбонатные натеки и вкрапления; е - глинистые кутаны; ж - гумусовые кутаны; з - марганцевые вкрапления; и - ортштейны; к - скелетаны; л- уровень грунтовых вод в августе; м- врез балки.

Исследования проводились в 2008-2011гг. Первый год исследований (2008) был средним по влагообеспеченности за зимний период. Однако «сухими» оставались только участки, примыкающие к крупным балкам. Большая часть обрабатываемых полей на водоразделе была покрыта пятнами вымочек (рис. 8 а-в). Зна-

чительные площади из-за переувлажнения использовались только как пастбища и сенокосы. По состоянию растительности было выделено два типа переувлажненных участков (рис. 1, 2). Первый – приурочен к обширной депрессии с интенсивным развитием гидрофильной растительности (рис. 11) на повышенном слабодренированном участке водораздела. Ложбина замкнутая, неправильной формы, ее размеры 200х300 м, углы наклона менее 0,5°. Почвенный покров катены I – 1. чернозем типичный мощный среднегумусный возле глубокой балки; 2. черноземовидная глубокооглеенная мощная среднегумусная - фон почвенного покрова; 3. черноземовидная оподзоленная глееватая среднемощная малогумусная - центр депрессии (рис. 2). Грунтовые воды на участке распространения чернозема типичного залегают на глубине более 10 м, черноземовидной глубокооглеенной - 3-4 м, черноземовидной оподзоленной глееватой - 2,5 м. В черноземовидной глубокооглеенной почве на плужной подошве верховодка застаивается во влажные годы 2-3 недели, в черноземовидной оподзоленной глееватой - на плотных нижних горизонтах - во влажные годы до середины лета, в средние – до конца мая. Состав поверхностных вод гидрокарбонатно-кальциевый, минерализация 0,3-0,5 г/л (табл. 1).

Второй участок расположен на плоском недренированном участке водораздела с глубиной грунтовых вод 1,5-2 м. Поверхность ровная, амплитуда высот менее 20 см (рис. 4). Фон естественной растительности в первый год исследований представлен полынно-злаковыми ассоциациями (рис. 19а). Под микроповышениями (5-10 см) уровень грунтовых вод повышается, минерализация возрастает. На пашне формируются белесые пятна из растительных группировок выпадают злаки (рис. 20). Проективное покрытие 40-50%. В микропонижениях растительность злаковая (рис. 15).

Вторую катену образуют почвы - 4. черноземовидная слабосолонцеватая среднемощная среднегумусная в понижениях; 5. черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная среднемощная среднегумусная на выровненном участке; 6. солонец черноземовидный глееватый на микроповышении (рис. 2).

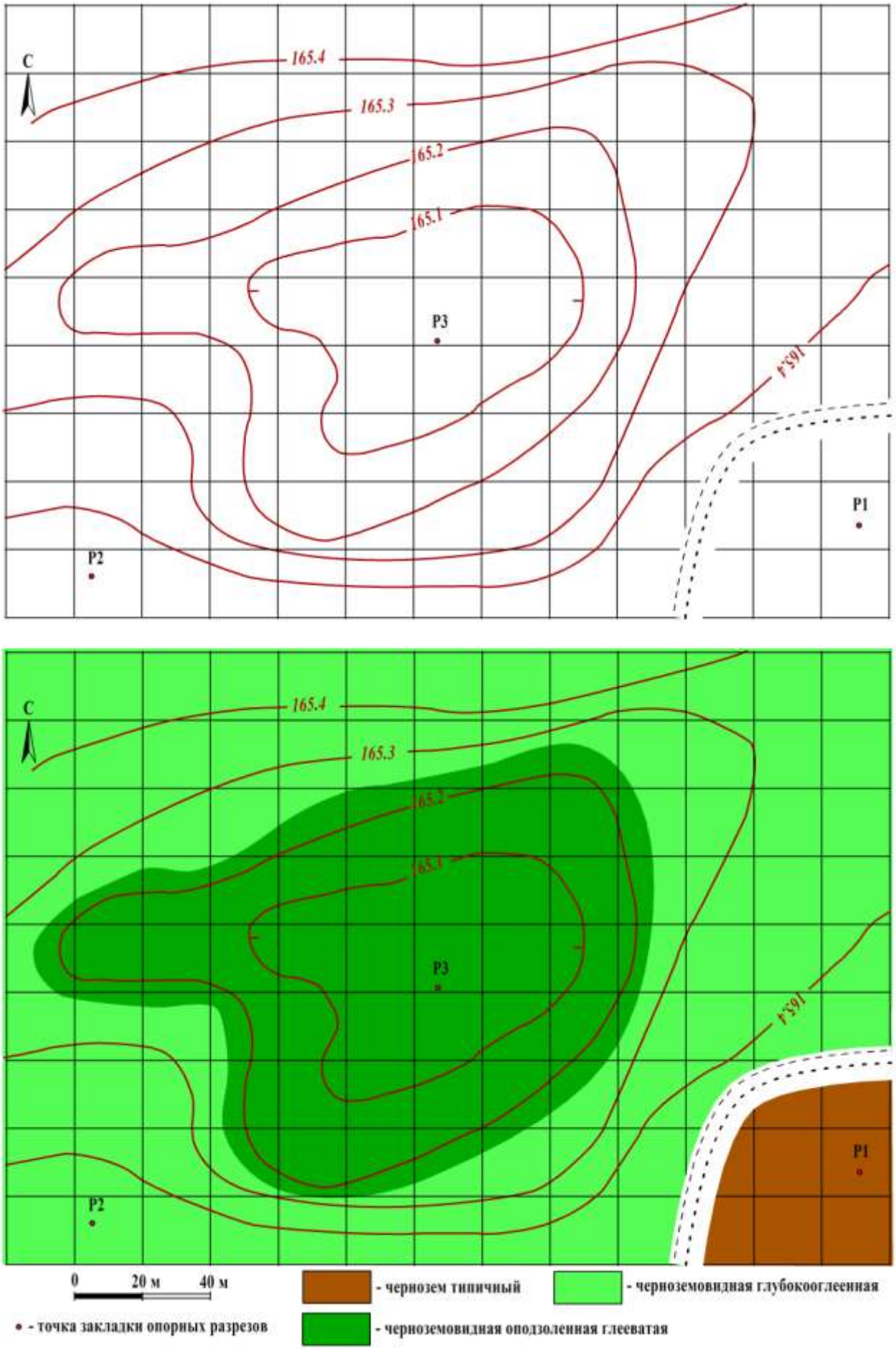

Рисунок 3. Участок катены I: а) топографическая карта; б) почвенная карта.

Грунтовые воды залегают на глубине 1,5-2 м, их минерализация 1,0-1,2 г/л, состав изменяется от гидрокарбонатно-натрий-кальциевого - в черноземовидной слабо-солонцеватой слабооглеенной почве до гидрокарбонатно-натриевого – в солонце черноземовидном глееватом. Различия между поверхностными водами катены I и грунтовыми водами катены II по общей минерализации и составу достоверны с 95%-м уровнем вероятности (Приложение 1). Пестрота химического состава грунтовых вод характерна для юга Тамбовской равнины и отмечалась многими авторами (Ахтырцев, Адерихин, Кадер, 1975; Гармонов, 1958). Почвообразующая порода для почв I и II катены - покровные лессовидные глины.

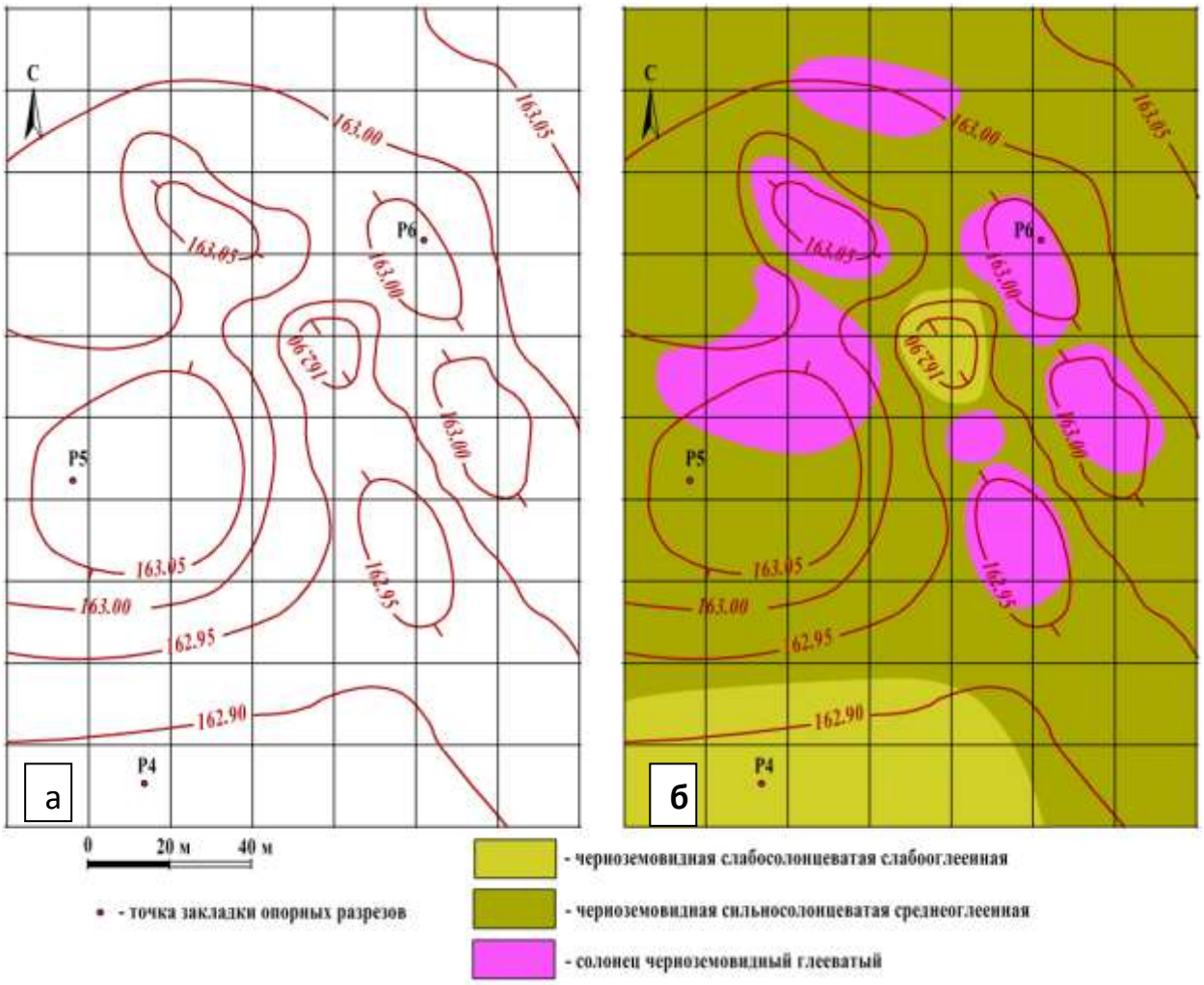

Рисунок 4. Участок почв II катены: а) топографическая карта; б) почвенная карта.

Ниже приведено описание исследуемых почв.

ПЕРВАЯ КАТЕНА - чернозем типичный и черноземовидные оглеенные почвы на повышенном слабодренированном участке водораздела (рис. 2).

Разрез 1. *Чернозем типичный мощный среднегумусный тяжелосуглинистый на карбонатной лессовидной глине* (рис. 7а). Разрез заложен возле запруженной балки, глубина вреза 12 м (рис. 5а). Пашня, посев озимой пшеницы (рис. 5е).

Ап, 0-25 см – сухой; темно-серый; среднеуплотненный; пылевато-зернистый; тяжелый суглинок; многочисленные копролиты; корни травянистых растений; граница ровная; переход ясный.

А1, 12-65 см – влажноватый; темно-серый; среднеуплотненный; крупнозернистый; местами мелкопризматический; тяжелый суглинок; многочисленные копролиты; корни растений; граница волнистая; переход постепенный.

АВса, 65-110 см – влажный; темно-бурый, к низу светлеет; плотный; мелкозернистый; тяжелый суглинок; вскипает от HCl; карбонатный мицелий; граница затечная; переход ясный.

Вса, 110-130 см – влажный; палево светло-бурый; плотный; комковато-мелкозернистый; тяжелый суглинок; вскипает от HCl; обильный карбонатный мицелий до глубины 120 см, ниже - карбонатная «плесень»; граница ровная; переход заметный.

Сса, 130-200 см – влажный; бурый, темнее предыдущего; плотный; комковато-зернистый; тяжелый суглинок; вскипает от HCl; обильные карбонатные налеты, карбонатный «мицелий», рыхлые карбонатные вкрапления, с 200 см округлые, однородные или слабодифференцированные карбонатные конкреции размером 2-3 см.

Разрез 2. *Черноземовидная глубокооглеенная мощная среднегумусная легкоглинистая почва на карбонатной лессовидной глине* (рис. 9г). Водораздел. Пашня, посев озимой пшеницы (рис. 8в).

Ап, 0-20 см - влажный; темно-серый до черного; среднеуплотненный; зернистый; глинистый; отдельные копролиты; редкие мелкие 0,25-2 мм округло-угловатые черные Mn-Fe ортштейны; граница ровная; переход ясный до резкого.

Апп, 20-43 см – влажный; темно-серый; плотный; глыбистый или призматический; глинистый; копролиты, мелкие 0,25-2 мм угловатые черные Mn-Fe ортштейны; граница волнистая; переход ясный.

А1, 43-90 см – влажный; темно-серый; среднеуплотненный; крупнозернистый; глинистый; копролиты; ходы корней, мелкие 0,5-2 мм черные округло-угловатые Mn-Fe ортштейны; граница языковатая; переход ясный до резкого.

ABca, 90-105 см – влажный; темно-бурый; плотный; среднезернистый; глинистый; вскипает от HCl со 100 см; кротовины, внизу карбонатная пропитка; граница языковатая; переход ясный.

Bca, 105-130 см – влажный; палево светло-бурый; комковато-зернистый, структура плохо выражена; глинистый; вскипает от HCl; рыхлые карбонатные вкрапления и пропитка, светло-бурые округлые карбонатные конкреции от 0,5 до 2 см; кротовины; мелкие до 1 мм Mn вкрапления, вниз их количество увеличивается, глинистые светло-бурые кутаны занимают 5-10% поверхности педов; граница ровная; переход постепенный.

Cca,g$^{/}$, 130-170 см – влажный; светло-бурый с пятнами сизого цвета (до 15%); плотный; неясно выраженная комковато-призматическая структура; тяжелый суглинок; сизые оглеенные глинистые кутаны, рыхлые карбонатные вкрапления; многочисленные Mn вкрапления и мелкие 1-2 мм Mn конкреции.

Разрез 3. *Черноземовидная оподзоленная глееватая среднемощная малогумусная тяжелосуглинистая почва на карбонатной лессовидной глине* (рис. 12д). Дно замкнутой депрессии диаметром 100 м. Заболоченный луг (рис. 11).

Ад, 0-20 см – влажный; темно-серый с буроватым оттенком; среднеуплотненный; комковато-зернистый; средний суглинок; копролиты, бурые округлые Mn-Fe ортштейны 1-3 мм; обилие корней растений; граница ровная; переход заметный.

A1g$^{/}$, 20-60 см – влажный; темно-серый, с 45 см с сизоватым оттенком, при подсыхании – белесый; среднеуплотненный; глыбистый, при разрушении комковато-зернистый; тяжелый суглинок; копролиты; бурые округлые Mn-Fe ортштейны 1-3 мм; ниже 40 см скелетаны; граница карманообразная; переход заметный.

A2Bg$^{/}$, 60-80 см – влажный до мокрого; окраска пестрая (фон – бурый, темно серые пятна - 40%, сизые - 10%); плотный; комковато-зернистый, тяжелый суглинок; серые гумусовые кутаны, Mn вкрапления, бурые угловатые ортштейны 1-3 мм; граница языковатая; переход ясный.

B1g$^{//}$, 80-110 см – влажный до мокрого, местами сочится вода; окраска мраморовидная (палево-бурый - 60%, серый и сизовато-серый - 20-40%); плотный; призматический; глинистый; глинистые и гумусово-глинистые кутаны сизовато-серого цвета занимают 90-100% поверхности педов, возле ходов корней мелкозем оглеен, многочисленные Mn вкрапления до 5 мм; граница ровная; переход постепенный.

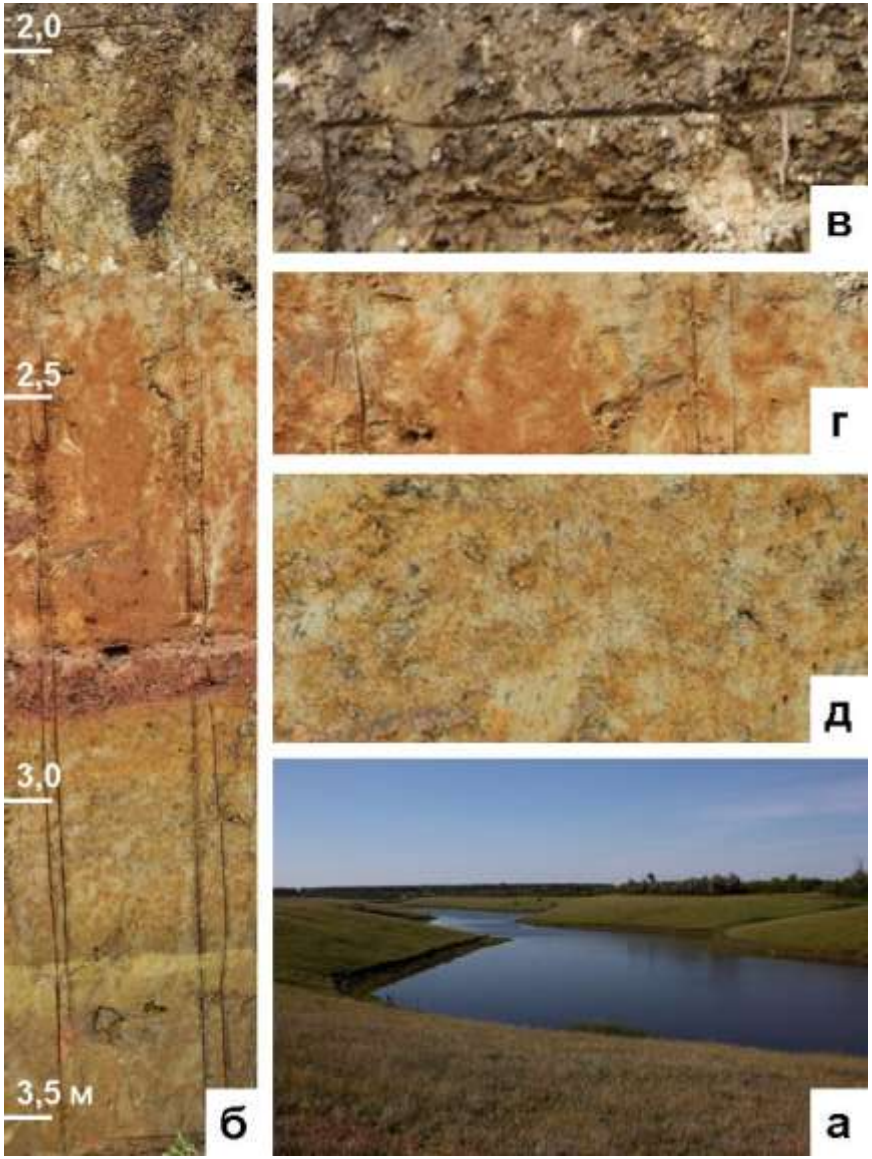

Рисунок 5. Геологическое строение Уваровского района юга Тамбовской равнины: а – запруженная балка; б - геологическое обнажение на склоне балки; в - покровная карбонатная глина; г- морена днепровского оледенения; д - подморенные глауконитовые пески.

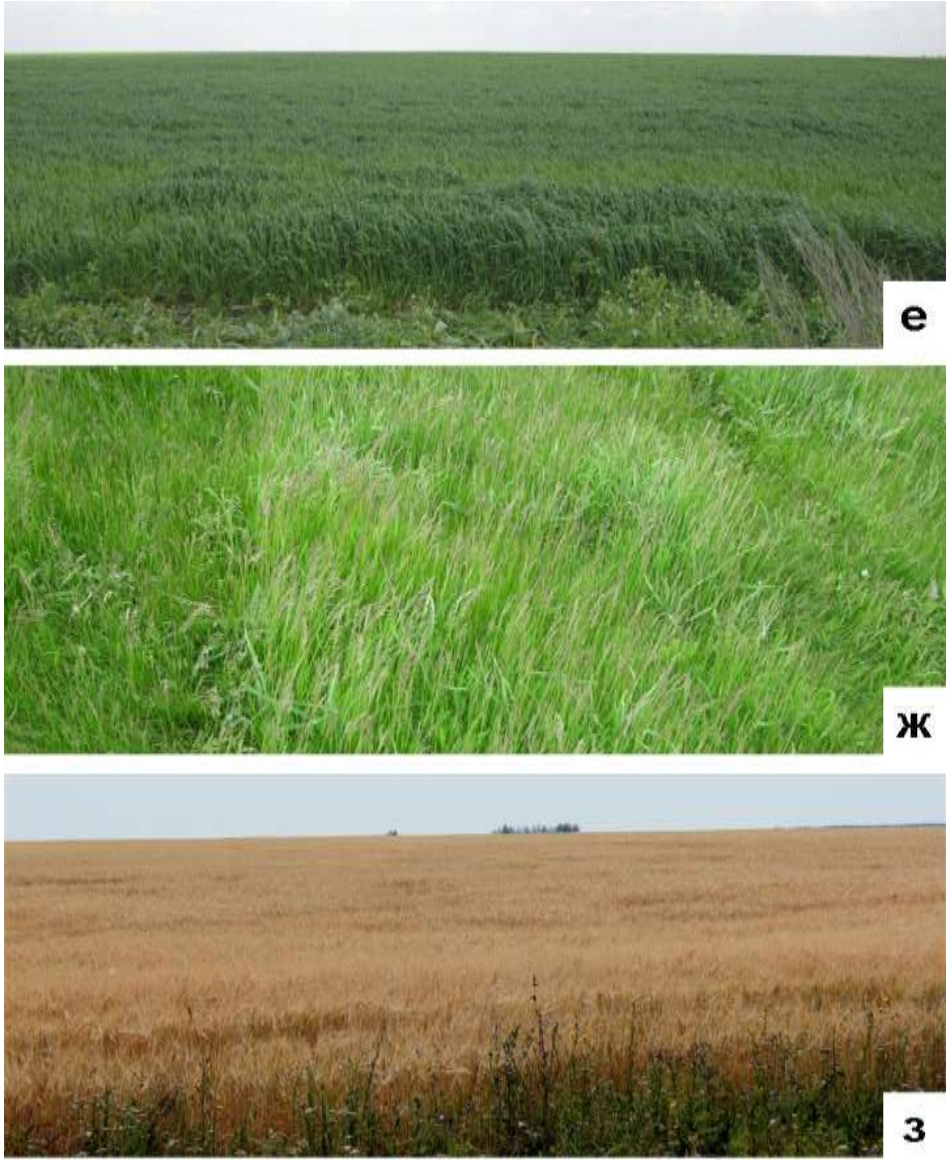

Рисунок 6. Растительность на участке чернозема типичного юга Тамбовской равнины: е – посев пшеницы в 2008г; ж - естественный травостой (мятлик, полевица) в июне 2008 года; з - посев ячменя в августе 2011г.

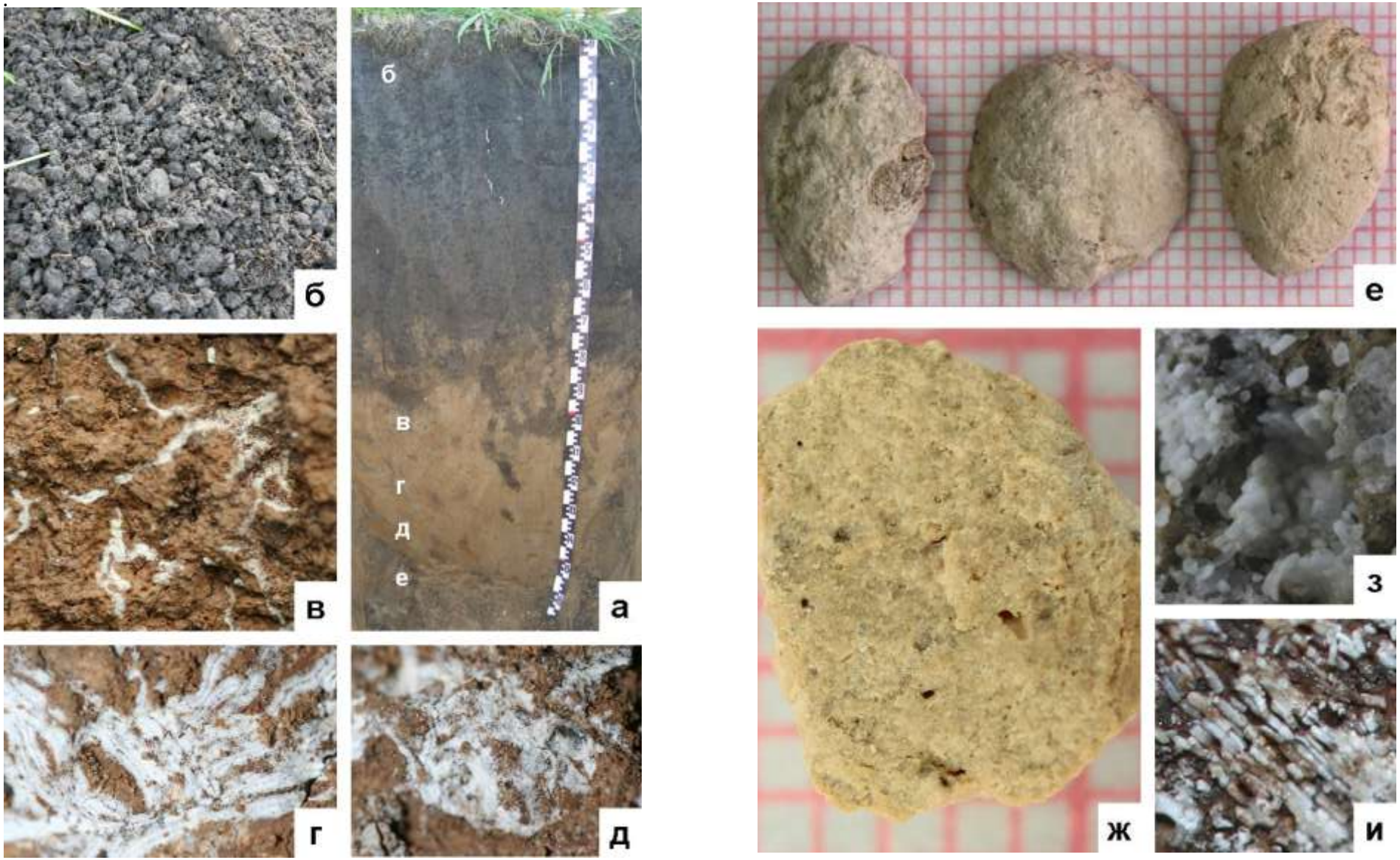

Рисунок 7. Чернозем типичный (буквами на разрезе показаны места отбора новообразований): а - общий вид; б - зернистая структура горизонта А1; в - в карбонатный мицелий; г, д - карбонатный мицелий в горизонте Вса при 2-х кратном увеличении; е – общий вид; ж- скол карбонатных конкреций горизонта Сса; з, и - карбонатный мицелий в горизонте Вса при 40-кратном (з) и 25-ти кратном увеличении (и)

Рисунок 8. Характер растительности в 2008г на участке черноземовидной глубокооглеенной почвы: а - вымочка на посеве горчицы б, в – переувлажненные участки.

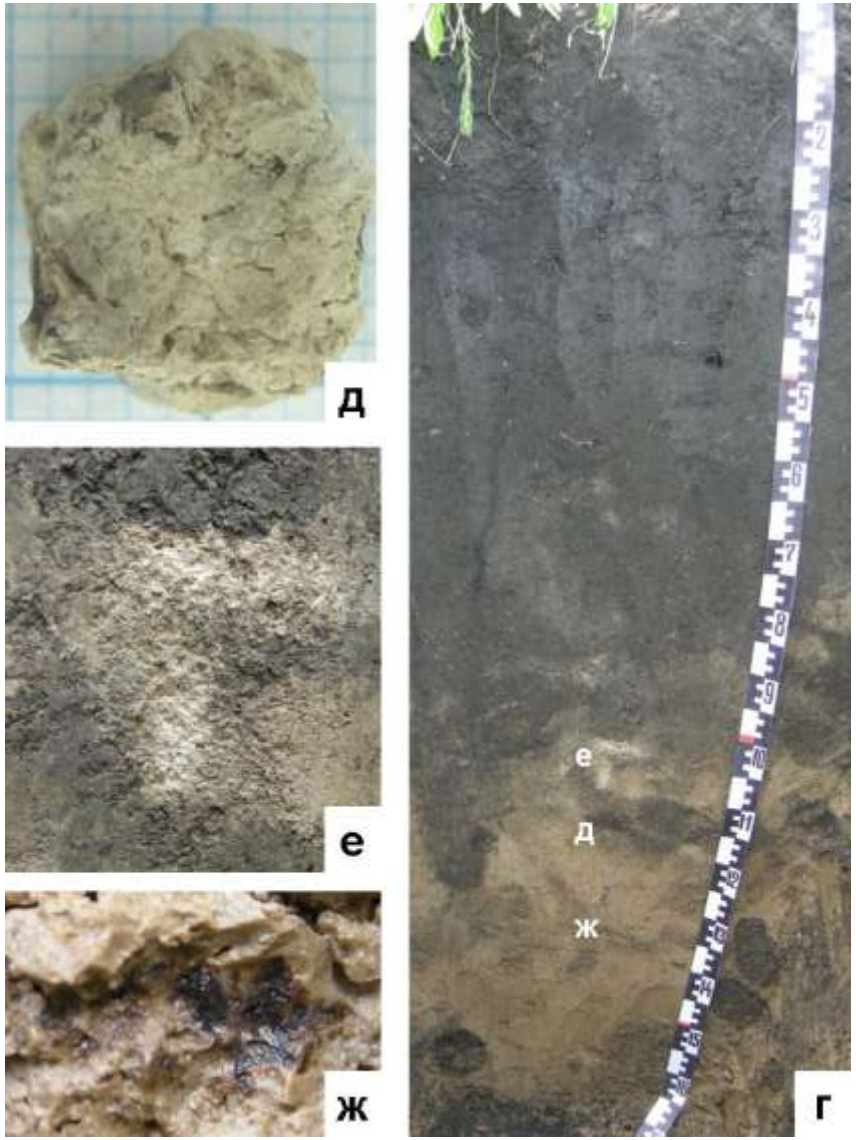

Рисунок 9. Черноземовидная глубокооглеенная почва (буквами на разрезе показаны места отбора новообразований): г – основной разрез; д - карбонатные конкреции в горизонте Вса; е – мучнистые вкрапления в горизонте АВса; ж- Mn вкрапления в горизонте Вса при 5-ти кратном увеличении.

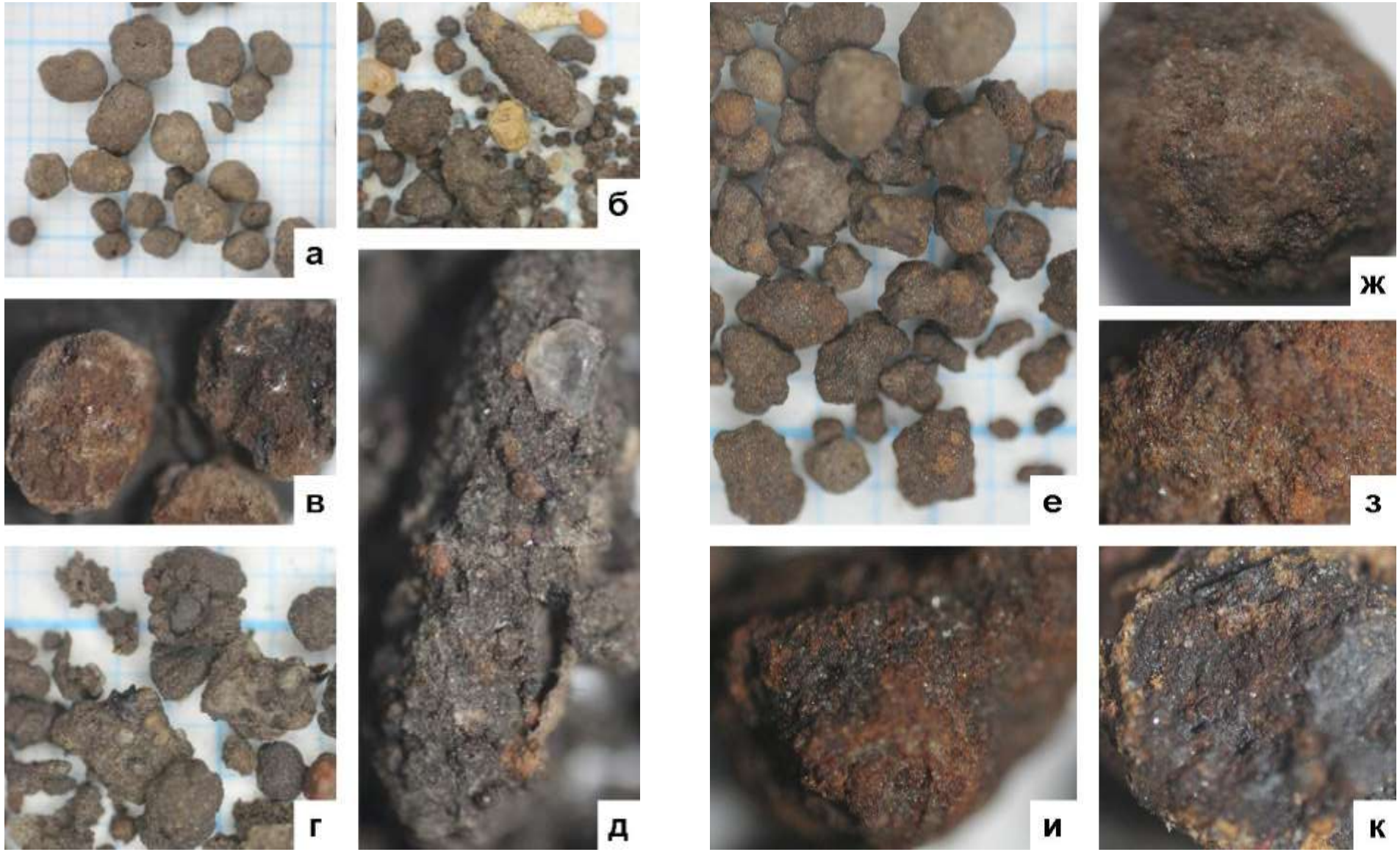

Рисунок 10. Ортштейны черноземовидной глубокооглеенной почвы: а - конкреции горизонта Ап; б – конкреции горизонта Апп; в – скол конкреций горизонта Ап при 10-ти кратном увеличении; г – конкреции горизонта АВса; д – поверхность конкреций горизонта Апп при 10-ти кратном увеличении; е- конкреции горизонта А1; ж, з, и – поверхность конкреций при 25-ти кратном увеличении; к – скол конкреций при 25-ти кратном увеличении.

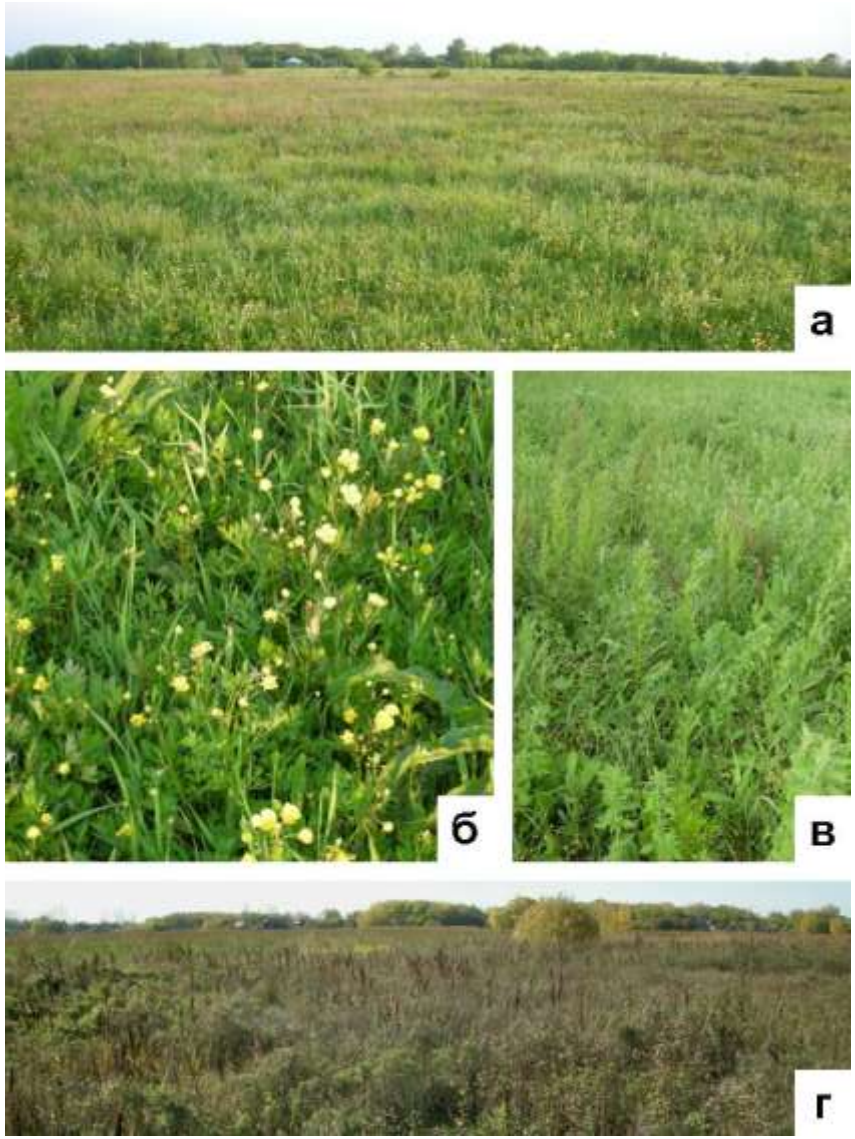

Рисунок 11. Состояние естественной растительности на черноземовидной оподзоленной глееватой почве: а - вид участка в 2008 г; б, в, д – полуболотная растительность (осоки, лютик, ежа сборная, лисохвост); г – участок в августе 2010г.

Рисунок 12. Черноземовидная оподзоленная глееватая почва (буквами на разрезе показаны места отбора новообразований): д – основной разрез; е – скелетаны в горизонте A2Bg$^{/}$; ж- Mn вкрапления в горизонте B1g$^{//}$ при 5-ти кратном увеличении; з- карбонатные вкрапления в горизонте Cca, g$^{///}$ при 10-ти кратном увеличении.

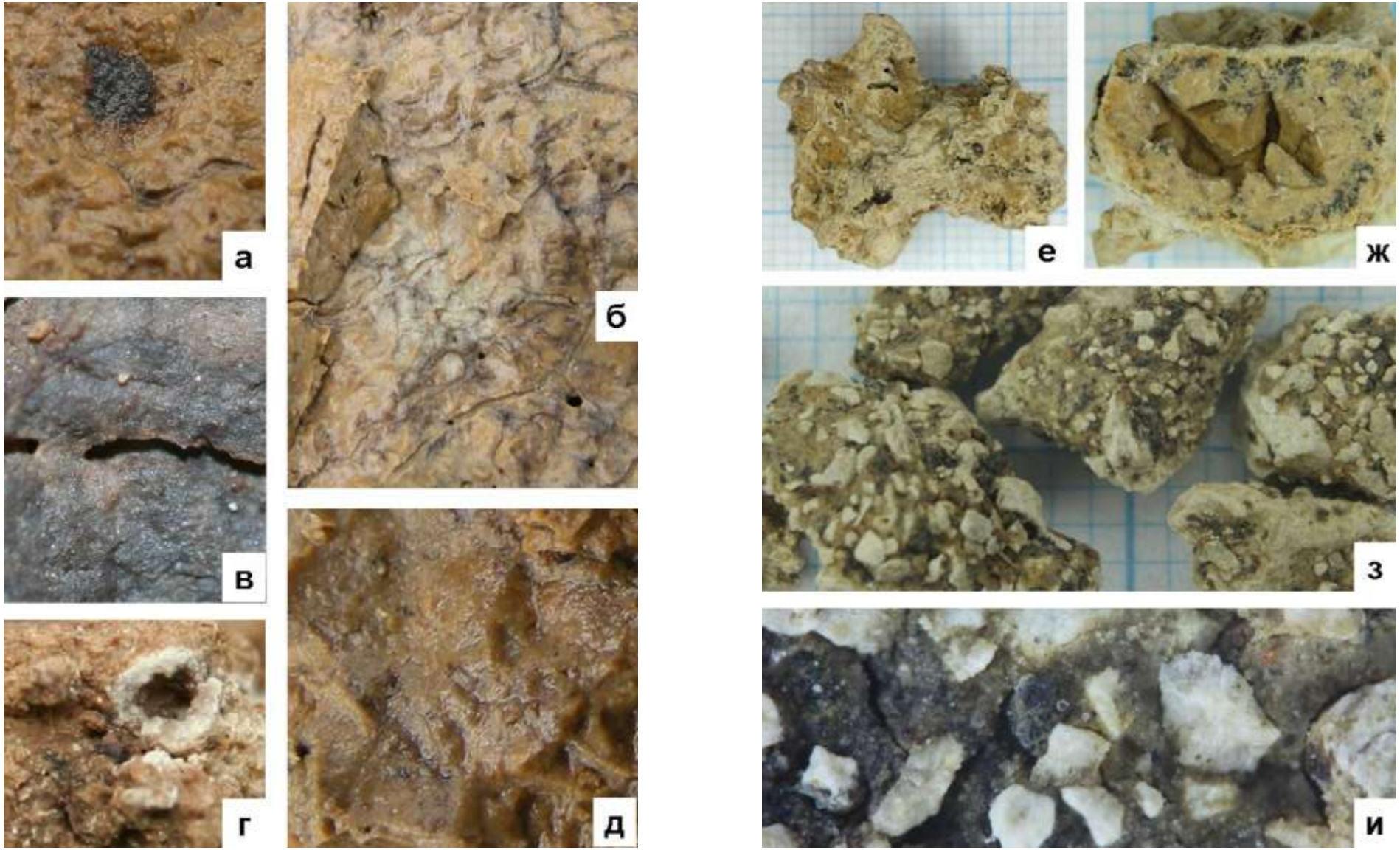

Рисунок 13. Новообразования черноземовидной оподзоленной глееватой почвы: а - Mn вкрапления в горизонте B1g$^{//}$ при 5-ти кратном увеличении; б, д - глинистые кутаны горизонта B1g$^{//}$ при 10-ти кратном увеличении; в - оглеенная гумусовая кутана горизонта B2g$^{///}$ при 10-ти кратном увеличении, г - карбонатная трубочка в горизонте Cca, g$^{///}$ при 5-ти кратном увеличении; д - карбонатные угловатые конкреции на глубине 150-170см: е – общий вид; ж - скол; карбонатные конкреции на глубине 170-200см: з – общий вид; и - поверхность при 25-ти кратном увеличении.

Рисунок 14. Mn-Fe конкреци черноземовидной оподзоленной глееватой почвы: а-г – ортштейны горизонта Адg: - общий вид; б, в – скол при 10-ти кратном увеличении; г – поверхность при 10-ти кратном увеличении, д-ж - ортштейны горизонта A2Bg/: д – общий вид; е - скол при 20-кратном увеличении, ж – поверхность при 20-ти кратном увеличении.

Рисунок 15. Состояние естественной растительности на черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почве: а, б - травостой в 2008 г, в, г – травостой в 2009 г (полевица, мятлик, полынь).

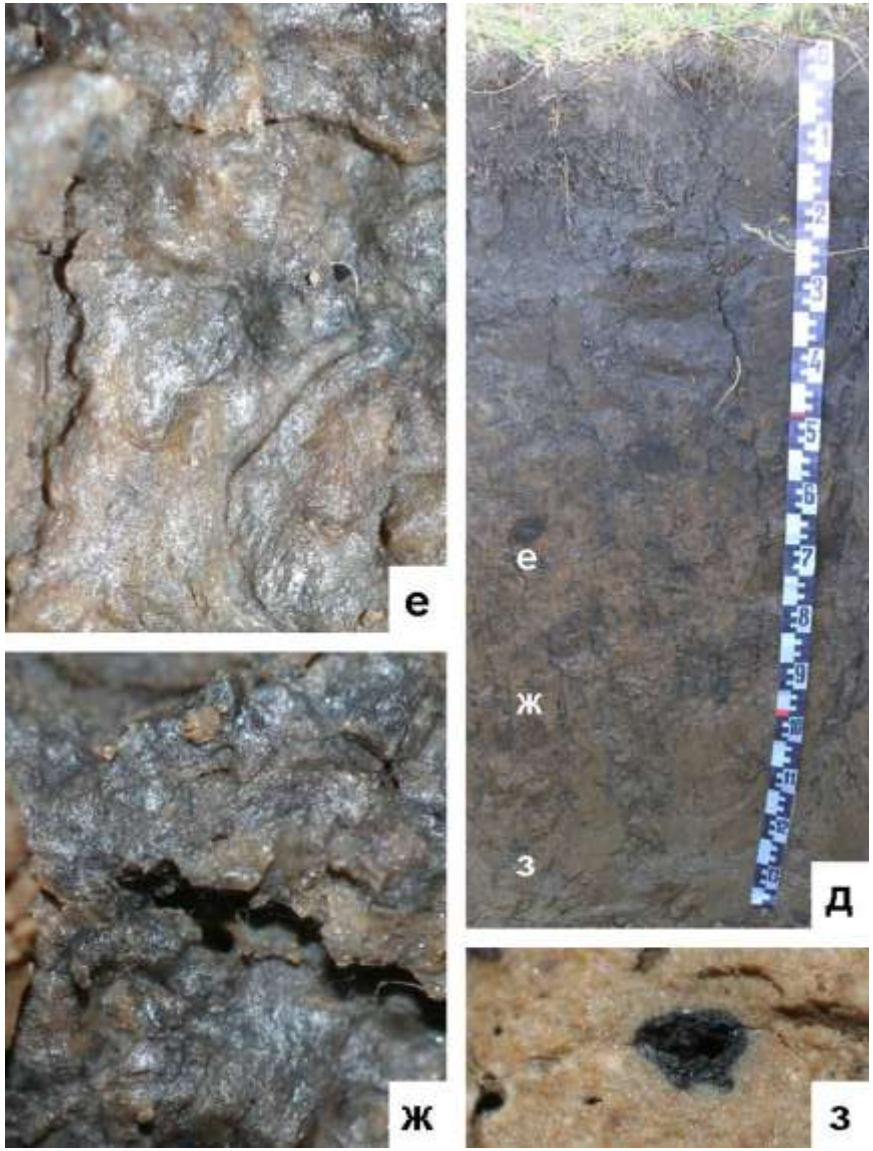

Рисунок 16. Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная почва (буквами на разрезе показаны места отбора новообразований): д - разрез; е, ж - гумусовые кутаны в горизонте В1са, g/ при 5-ти кратном увеличении; з - оглеенный мелкозем возле корневин.

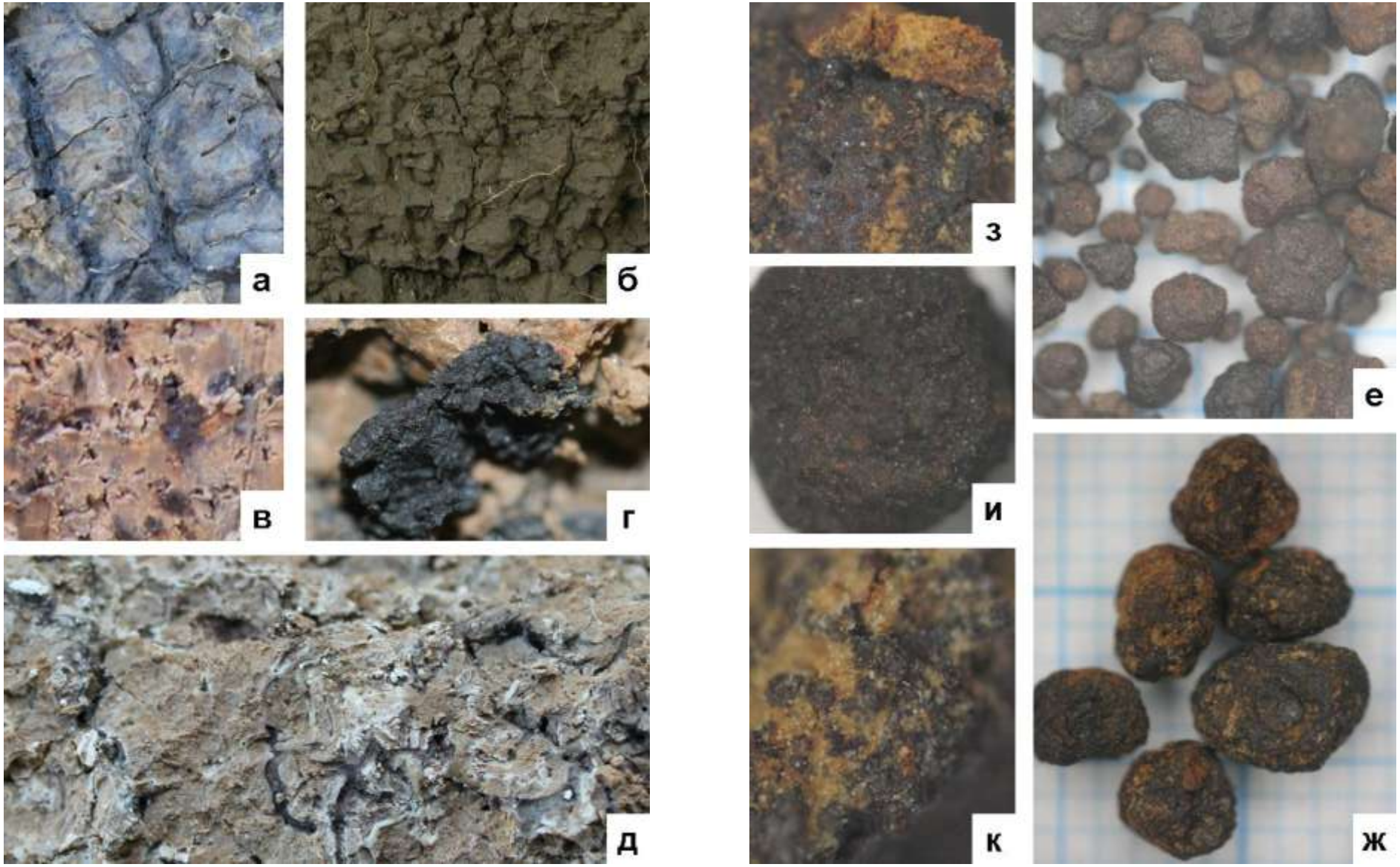

Рисунок 17. Новообразования черноземовидной слабосолонцеватой слабооглееннной почвы: а – оглеенная поверхность горизонта B1ca, g/ при 5-ти кратном увеличении; б - призматическая структура горизонта A1; в, г – Mn-вкрапления в горизонте B2ca, g/ д - карбонатные прожилки в горизонте Cca, g//; е, и - ортштейны горизонта Ад: е - общий вид конкреций; и - скол; з, к- ортштейны горизонта Bca: ж - общий вид; з - скол; к – поверхность.

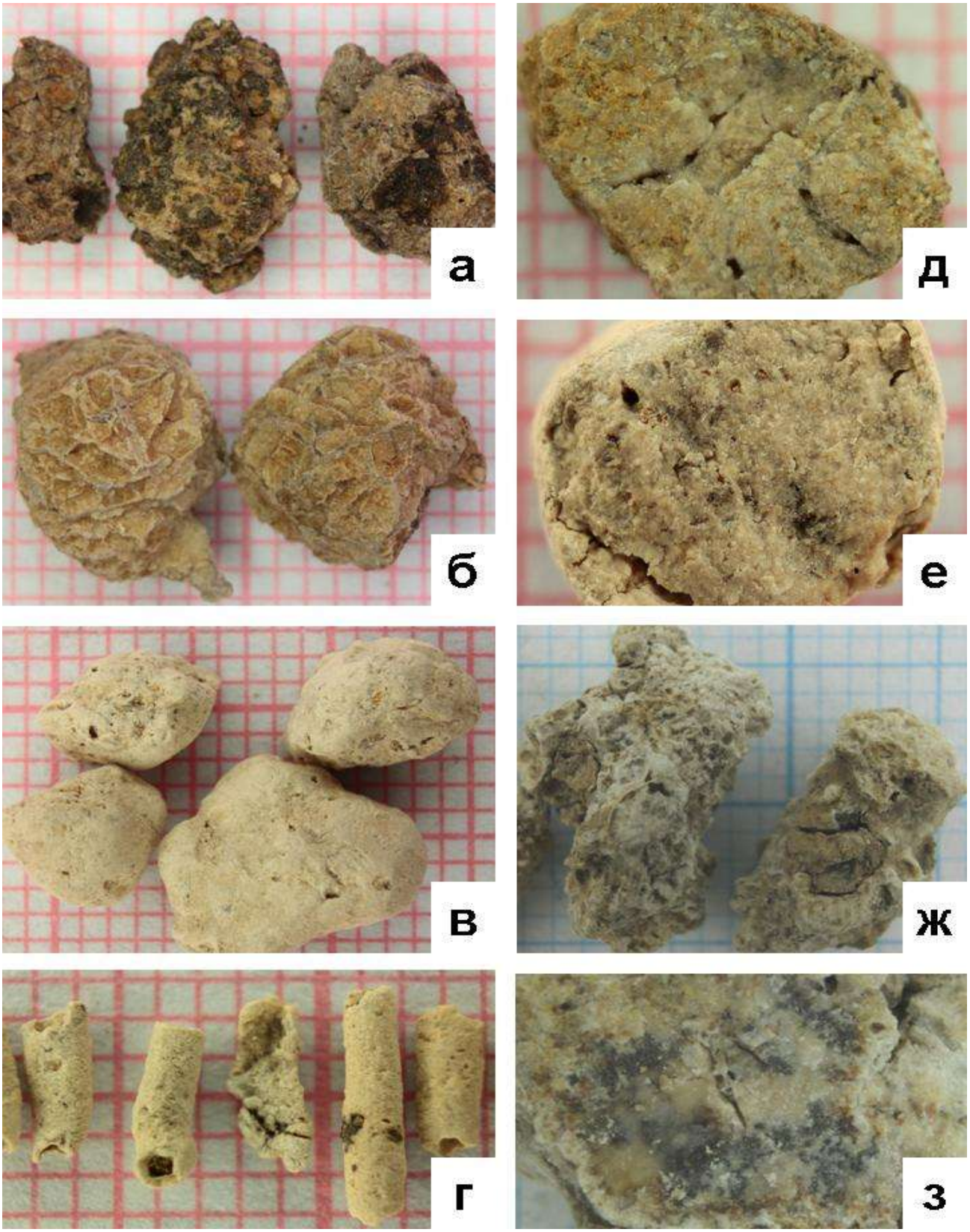

Рисунок 18. Карбонатные конкреции черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почвы: а - серовато-бурые конкреции с Mn вкраплениями горизонта АВса; б, д - серовато-бурые плотные конкреции горизонта АВса: б - общий вид; д - скол; в, е - белые карбонатные конкреции горизонта В1са,g/: в – общий вид; е- скол; ж, з - угловатые карбонатные конкреции горизонта В2са, g/: ж - общий вид; з – скол; г - карбонатные трубочки в горизонте В2са, g/

Рисунок 19. Состояние растительности на черноземовидной сильносолонцеватой среднеоглеенной почве: а - естественный травостой в 2008 г (полынь, житняк); б - посев сахарной свеклы в 2010 г, в - посев озимой пшеницы в 2009 г.

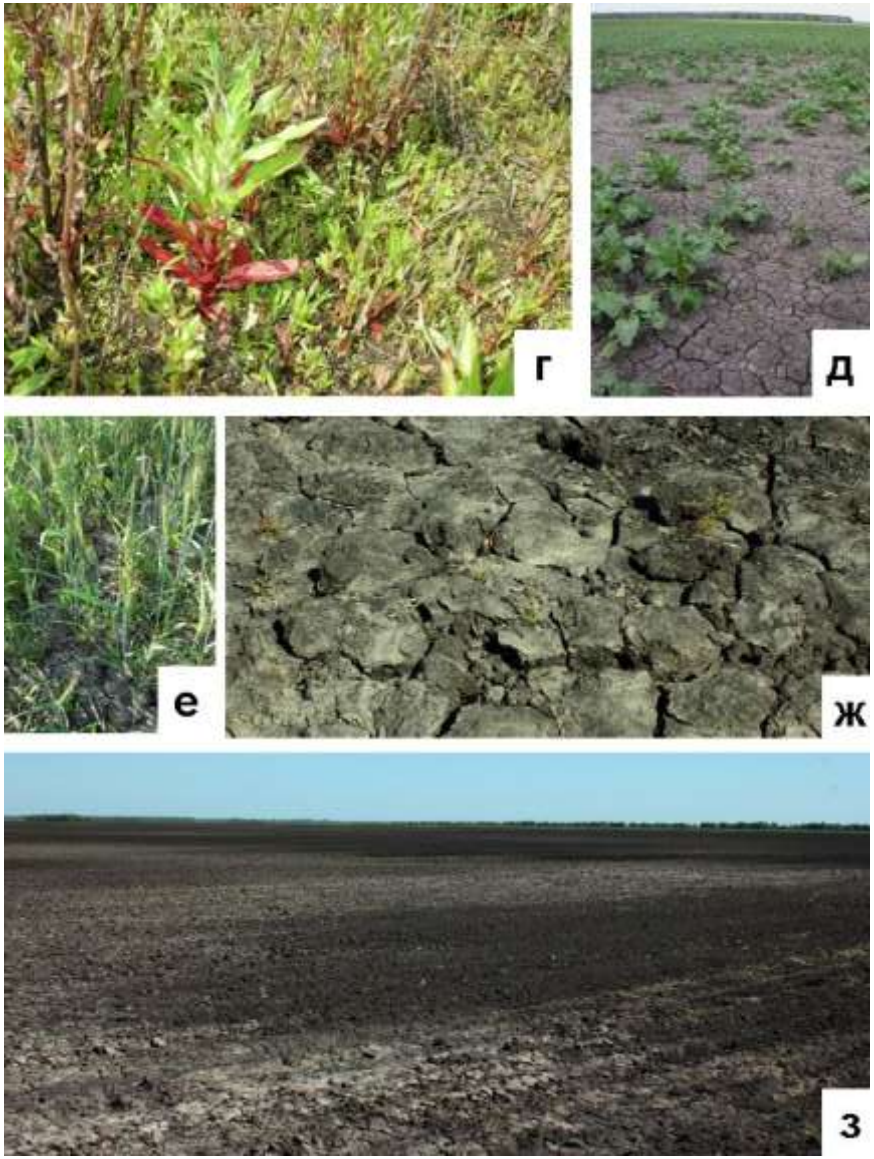

Рисунок 20. Состояние растительности на солонце черноземовидном глееватом: г - естественный травостой (полынь, осот); д, е – вымочки на посевах сахарной свеклы и озимой пшеницы; ж – корочка на поверхности солонца, з - состояние пашни весной 2012 г.

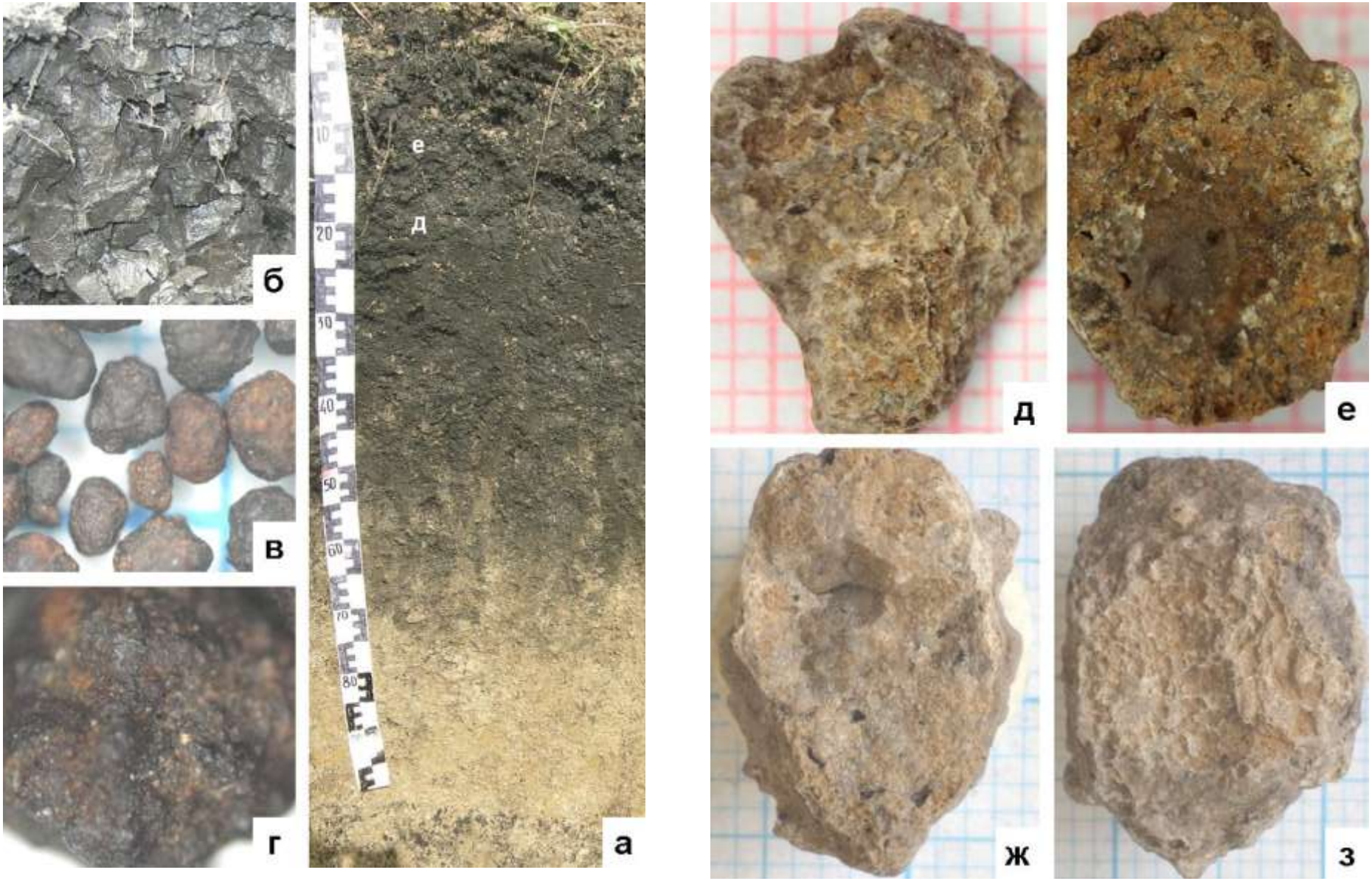

Рисунок 21. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная почва (буквами на разрезе показаны места отбора новообразований): а – основной разрез; б - призматическая структура горизонта A1g/; в - ортштейны горизонта A1g/; г - поверхность ортштейнов при 20-ти кратном увеличении; д-з - карбонатные конкреции горизонта АВса: д, з – поверхность; е, ж – скол.

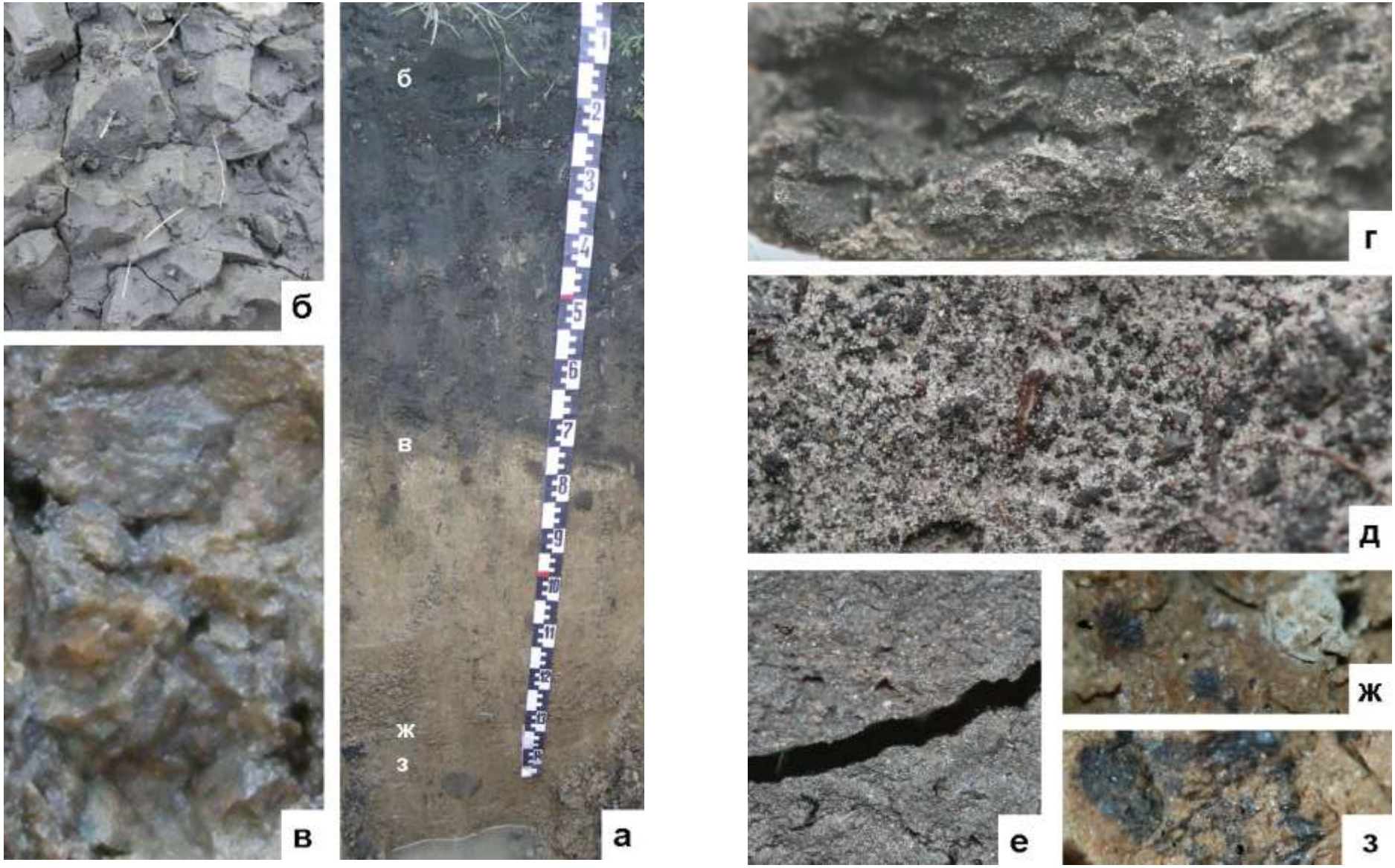

Рисунок 22. Солонец черноземовидный глееватый (буквами на разрезе показаны места отбора новообразований): а - разрез; б - солонцовый горизонт; в - гумусовые кутаны на поверхности агрегатов в горизонте B1ca, $g^{///}$ при 10-ти кратном увеличении; г - слоистая корочка при 10-ти кратном увеличении; д - кремнистая корочка (вид сверху) при 15-ти кратном увеличении; е- поверхность агрегатов солонцового горизонта при 5-ти кратном увеличении; ж, з – карбонатные и Mn вкрапления в горизонте B2ca, $g^{///}$ при 5-ти кратном увеличении.

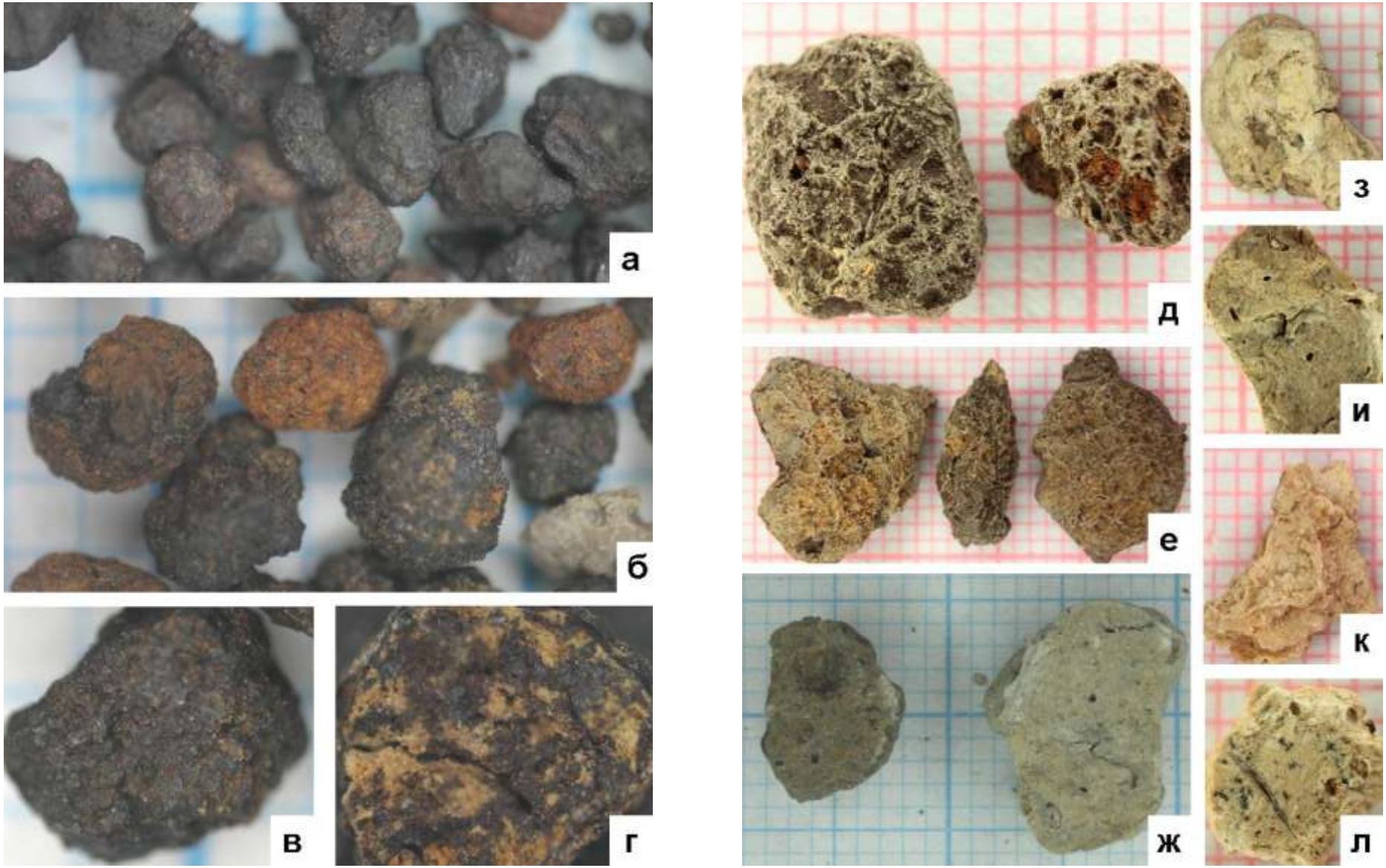

Рисунок 23. Новообразования солонца черноземовидного глееватого: ортштейны горизонта Ап: а - общий вид; в - поверхность при 20-кратном увеличении; ортштейны горизонта Вса, $g^{//}$: б - общий вид; г- скол при 20-ти кратном увеличении; д, е - темно-серые карбонатные конкреции горизонта Вса, $g^{//}$; ж, з, и - светло-серые конкреции горизонта В1са, $g^{///}$; к, л - поверхность и скол угловатых конкреции горизонта Сса, $g^{///}$.

B2g$^{///}$, 110-150 см – влажный до мокрого; окраска мраморовидная (палево-бурый - 50-60%, серые и сизые пятна - 40-50%); плотный; среднепризматический; глинистый; светло-серые гумусовые кутаны, занимают до 50% поверхности педов, Mn вкрапления, многочисленные пятна оглеения; граница ровная; переход ясный.

Cca, g$^{///}$, 150-170 см – мокрый, сочится вода; окраска мраморовидная (белый и палево-бурый - по 30-40%, 20-30% - сизые прожилки); плотный; крупнопризматический; глинистый; бурное вскипание от HCl; карбонатная пропитка, карбонатные налеты, Mn вкрапления, угловатые карбонатные конкреции 3-4 см, карбонатные трубочки; вода со 170 см.

ВТОРАЯ КАТЕНА – черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы и солонцы черноземовидные глееватые на пониженном плоском недренированном участке водораздела (рис. 2).

Разрез 4. *Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная среднемощная среднегумусная легкоглинистая на карбонатной лессовидной глине* (рис. 16д). Микропонижение. Луг (рис. 15).

Ад, 0-10 см – влажноватый; темно-серый; сильноуплотненный; мелкозернистый; глинистый; копролиты, редкие округлые пятнистые Mn-Fe ортштейны 0,25-2 мм; граница ровная; переход заметный.

A1, 10-37 см – влажноватый; темно-серый; сильноуплотненный; мелкопризматический; глинистый; копролиты, редкие округлые пятнистые Mn-Fe ортштейны 0,25-2 мм; граница слабоволнистая; переход заметный.

ABca, 37-70 см - влажный; темно-бурый; плотный; ореховато-комковатый; глинистый; местами вскипает от HCl; редкие пятнистые Mn-Fe ортштейны 0,25-2 мм, на глубине 40-50 см мелкие 0,5-2 см светло-серые плотные угловато-округлые слабодифференцированные карбонатные конкреции, окруженные рыхлой карбонатной пропиткой, плотные темно-серые гумусовые кутаны, покрывают до 60% поверхности педов; граница языковатая; переход ясный.

B1ca,g$^{/}$, 70-105 см - влажный; окраска пестрая (основной фон палево-бурый; сизые пятна - 10-20%; серые - 30-40%); сильноуплотненный; комковато-мелко-призматический; глинистый; местами вскипает от HCl; угловатые белые карбонатные однородные слабоуплотненные конкреции 0,5-2 см; мелкие Mn вкрапления; плотные темно-серые гумусовые кутаны, занимают 60-80% поверхности педов, оглеение по ходам корней; граница ровная; переход ясный.

B2ca,g$^{/}$, 105-130 см – влажный; окраска пестрая (фон - палевый; сизовато-серые пятна - 20%; белые - 40%); плотный; призматический; тяжелосуглинистый; бурное вскипание от HCl; пятна оглеения, мелкие Mn вкрапления; мелкие 0,5-1 см угловатые светло-бурые карбонатные конкреций, карбонатная пропитка; граница ровная; переход ясный.

Cca,g$^{//}$, 130-150 см - влажный, со 145 см сочится вода; окраска мраморовидная (фон - палевый; белые пятна - 40%; сизовато-серые - 30%); плотный; крупно-призматический; тяжелосуглинистый; бурное вскипание от HCl; карбонатная пропитка, карбонатные трубочки длиной 0,5 мм диаметром - 1-2 мм; гумусовые прожилки по ходам корней.

Разрез 5. *Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная среднемощная малогумусная на карбонатной лессовидной глине* (рис. 21а). Выровненный участок. Пашня, посев пшеницы (рис. 19в).

Ап, 0-17 см - влажный; темно-серый; плотный; глыбистый, в сухом состоянии мелкопорошистый; тяжелый суглинок; мелкие 0,25-1 мм пятнистые округло-угловатые Mn-Fe ортштейны; граница волнистая; переход заметный.

A1g$^{/}$, 17-40 см - влажный; темно-серый, к низу буреет; плотный; комковато-призматический; тяжелосуглинистый; мелкие 0,25-1 мм пятнистые округло-угловатые Mn-Fe ортштейны; граница волнистая; переход ясный.

ABca,g$^{/}$, 40-65 см - влажный; бурый, к низу светлеет; плотный; зернисто-мелкопризматический; тяжелосуглинистый; бурное вскипание от HCl; мелкие 0,25-1 мм пятнистые округло-угловатые Mn-Fe ортштейны; очень плотные угловатые серые однородные карбонатные конкреции 0,6-2,0 см, окруженные рыхлой ожелезненной карбонатной пропиткой; граница языковатая; переход ясный.

B1ca, g$^{//}$ 65-80 см – влажный; окраска пестрая (фон - палево-бурый; ржавые пятна - 2-3%; сизовато-серые - 20-30%, белые - 20%, сизые - 10%); плотный; ореховато-призматический; тяжелосуглинистый; вскипает от HCl; возле корней мелкозем оглеен, мелкие 0,5-1,5 см белые однородные слабоуплотненные карбонатные конкреции, рыхлые карбонатные вкрапления, пятна ожелезнения, глинисто-гумусовые кутаны, занимают до 60% от поверхности педов; граница ровная; переход заметный.

B2ca, g$^{///}$, 80-104 см - мокрый; окраска мраморовидная (фон - палево-бурый; белесовато-сизые пятна - 40%; сизовато-серые прожилки по ходам корней и трещинам - 10%); призматический; тяжелый суглинок; бурное вскипание от HCl; оглеенные сизовато-серые гумусово-глинистые кутаны, занимают до 10% от поверхности педов, по ходам кор-

ней пятна оглеения, мелкие Mn вкрапления, светло-бурые угловатые карбонатные конкреции 0,5-2 см, дифференцированные на зернистую оболочку и стекловидное ядро; граница ровная; переход ясный.

Cca, $g^{///}$, глубже 104 см - мокрый, сочится вода; окраска пестрая (белесо-сизый - 70%; палево-бурый - 30%); плотный; крупно-призматический тяжелый суглинок; бурное вскипание от HCl; карбонатная пропитка, пятна оглеения.

Разрез 6. *Солонец черноземовидный глееватый малонатриевый легкоглинистый на карбонатной лессовидной глине* (рис. 22а). Выровненный участок, пашня, вымочка на посеве пшеницы (рис. 20 е-д).

К 0-5, см – хрупкая корочка; сухая; белесо светло-серая; слоистая; среднеуплотненная; средний суглинок; граница ровная; переход резкий.

Апg$^{/}$ 5-20 см – влажный; темно-серый до черного, при подсыхании - вкрапления светло-серого цвета; сильноуплотненный; призматический до слитого, во влажном состоянии вязкий, бесструктурный; глинистый; слабооглеенный, угловатые пятнистые, мелкие 0,25-2 мм Mn-Fe ортштейны; редкие корни растений; граница волнистая; переход постепенный.

Аппg$^{//}$ 20-27 см – влажный; темно-серый до черного; плотный; глыбисто-призматический; во влажном состоянии текучий; глинистый; угловатые мелкие 0,25-2 мм пятнистые Mn-Fe ортштейны; граница ровная; переход ясный.

A1ca,g$^{//}$, 27-40 см – влажный; темно-серый, к низу сизовато темно-бурый; плотный; ореховато-столбчатый; глинистый; местами вскипает от HCl; угловатые пятнистые, мелкие 0,25-2 мм Mn-Fe ортштейны; темно-серые пористые угловатые однородные карбонатные конкреции 0,5-2 см; граница волнистая; переход ясный.

ABca, g$^{//}$, 40-75 см – влажный; окраска пестрая (фон – бурый, сизый пятна - 20%, белые - 10%); плотный; комковато-мелкопризматический; глинистый; бурное вскипание от HCl; угловатые пятнистые, мелкие 0,25-2 мм Mn-Fe ортштейны, темно-серые гумусовые кутаны, занимают 100% поверхности педов; плотные темно-серые и серые угловатые пористые однородные карбонатные конкреции 0,6-2,0 см, окруженные рыхлой карбонатной пропиткой, Mn вкрапления; граница языковатая; переход ясный.

B1ca, $g^{///}$ 75-110 см – влажный; окраска пестрая (фон - палево-бурый; ржавые пятна - 2-3%, сизовато-серые - 20-30%, белые - 20%; сизые - 10%); плотный; призматический; тяжелосуглинистый; бурное вскипание от HCl; возле корневин оглеение мелкозема; мелкие светло-серые и серые угловато-округлые однородные слабоуплотненные карбонат-

ные конкреции 0,5-1,3 см, рыхлые карбонатные вкрапления, Mn вкрапления, пятна ожелезнения, глинисто-гумусовые темно-серые кутаны, занимают до 80% поверхности педов; граница ровная; переход заметный.

B2ca, $g^{///}$, 110-140 см – мокрый; окраска мраморовидная (фон - палево-бурый; белесовато-сизые пятна - 40%, сизовато-серые - 10%); призматический; глинистый; вскипает от HCl, оглеенные гумусово-глинистые сизовато-серые кутаны, многочисленные мелкие Mn вкрапления, карбонатная пропитка, округлые однородные белые мелкие 0,5-1,5 см карбонатные конкреции; граница ровная; переход ясный.

Cca,$g^{///}$, 140-160 см – сочится вода; окраска пестрая (белесо-сизый - 70%, палево-бурый - 30%); плотный; крупно-призматический; тяжелый суглинок; бурное вскипание от HCl; карбонатная пропитка, многочисленные Mn вкрапления, мелкие менее 1 см светло-серые карбонатные угловатые дифференцированные на зернистую оболочку и стекловидное ядро конкреции.

Обозначение горизонтов. Почвы катены I: **Чернозем типичный** Ап – пахотный; А1 – гумусово-аккумулятивный; АВca - переходный карбонатный; Вca – переходный карбонатный; Cca – карбонатная материнская порода. **Черноземовидная глубокооглеенная** Ап – пахотный; Апп – плужная подошва; А1 – гумусово-аккумулятивный; АВca - переходный карбонатный; Вca – иллювиальный карбонатный; Cca,g/ - карбонатная слабоглееватая материнская порода. **Черноземовидная оподзоленная глееватая** Ад – дерновый; А1g/ – гумусово-аккумулятивный; А2Bg/ - переходный (оподзоленный); В1g// - иллювиальный среднеглееватый; В2g/// – иллювиальный сильноглееватый; Cca,g/// - карбонатная сильноглееватая материнская порода. Почвы катены II: **Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная** Ад – дерновый; А1 – гумусо-аккумулятивный; АВca - переходный карбонатный солонцовый; В1ca,g/ - иллювиальный карбонатный слабоглееватый; В2ca,g/ – иллювиальный карбонатный слабоглееватый; Cca,g// - карбонатная среднеглееватая материнская порода. **Черноземовидная сильносолонцеватая сильнооглеенная**: Ап – пахотный; А1g/ – гумусово-аккумулятивный слабоглееватый; АВca,g/ - гумусо-аккумулятивный карбонатный слабоглееватый; В1ca,g// - иллювиальный карбонатный среднеглееватый солонцовый; В2ca,g/// – иллювиальный карбонатный сильноглееватый; Cca,g/// - карбонатная сильноглееватая материнская порода. **Солонец черноземовидный глееватый:** К – корковый; Апg/ – пахотный слабоглееватый; Аппg// – плужная подошва; А1ca,g// – гумусово-аккумулятивный карбонатный среднеглееватый солонцовый; АВca,g/// - переходный карбонатный сильноглееватый; В1ca,g///- иллювиальный карбонатный сильноглееватый; В2ca,g/// – иллювиальный карбонатный сильноглееватый; Cca,g/// - карбонатная сильноглееватая материнская порода.

$g^{/}$ - слабоглееватый (пятна оглеения 5-20%), **$g^{//}$** - среднеглееватый (пятна оглеения 20-50%), **$g^{///}$** - сильноглееватый (пятна оглеения 50-80%).

Таблица 1. Химический состав верховодки и грунтовых вод черноземовидных оглеенных почв, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской низменности.

Разрез, почва	Глубина, см	Единицы измерения	Анионы			Катионы			Сухой остаток
			HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Na^{2+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
Верховодка									
2. Черноземовидная глубокооглеенная	70-90	мг/л	213,5	0	0	2,3	62,0	3,6	281,4
		ммоль/л	3,5	0	0	0,1	3,1	0,3	
		%-экв/л	100	0	0	2,8	88,6	8,6	
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	160-190	мг/л	366	0	15,4	15,3	118,4	10,6	527,5
		ммоль/л	6,0	0	0,3	0,7	5,9	0,9	
		%-экв/л	95,2	0	0,8	9,3	78,7	12,0	
Грунтовые воды									
4.Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	180-200	мг/л	732	19,2	76,8	130,1	126,4	15,4	1241,9
		ммоль/л	12,0	0,6	1,6	5,7	6,3	1,3	
		%-экв/л	84,5	4,2	11,3	42,8	47,4	9,8	
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	150-160	мг/л	744,2	14,0	76,8	179,4	68,0	36,0	1118,4
		ммоль/л	12,2	0,4	1,6	7,8	3,4	3,0	
		%-экв/л	85,9	2,8	11,3	54,9	23,9	21,1	
6. Солонец черноземовидный глееватый	140-150	мг/л	756,4	6,3	76,8	186,9	28,8	19,2	1074,7
		ммоль/л	12,4	0,2	1,6	8,2	1,5	1,6	
		%-экв/л	87,3	1,4	11,3	72,5	13,3	14,2	

3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Комплекс исследований чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской низменности включал следующие методы:

1) подекадное определение полевой влажности почвы термостатно-весовым методом, бурение проводилось в трехкратной повторности почвенным буром БП - 50 на глубину 100 см с интервалом отбора проб 10 см (Роде, 1969);

2) плотность твердой фазы пикнометрическим методом в 6-ти кратной повторности для всех почвенных горизонтов (Роде, 1969);

3) плотность сложения почвы с помощью металлических цилиндров по сезонам для пахотных и подпахотных горизонтов, и один раз на всю глубину почвенного профиля в 6-ти кратной повторности. Для пахотных горизонтов использовались цилиндры объемом 500 см^3, для более глубоких – 150 см^3 (Роде, 1969);

4) агрегатный анализ - по Саввинову 2 раза за период исследований, с отбором средней пробы из гумусовых горизонтов (Ревут, 1964);

5) гранулометрический состав - пирофосфатным методом в модификации Долгова и Личмановой в 6-ти кратной повторности для каждого почвенного горизонта (Ревут, 1964);

6) гигроскопическую влажность (ГВ) - термостатно-весовым методом;

7) максимальную гигроскопическую влажность (МГ) - по Николаеву в 4-х кратной повторности для каждого почвенного горизонта (Роде, 1969);

8) предельную полевую влагоемкость (ППВ) - по Николаеву на гипсовых пластинах в 6-ти кратной повторности (Зайдельман, 2008);

9) влажность устойчивого завядания (ВЗ) - методом вегетационных миниатюр в 6-ти кратной повторности для гумусовых горизонтов, в 4-х кратной для более глубоких слоев, использовалась пшеница, сорт Мироновская 808 (Вадюнина, Корчагина 1986; Ревут, 1964);

10) учет продуктивности сельскохозяйственных культур в годы наблюдений проводился на основе учета урожая с малых площадок, размером 2 х 2м в 4-х кратной повторности для каждой из исследуемых почв;

При изучении **физико-химических и химических свойств** исследуемых почв использовали следующие методы:

а) в **мелкоземе почв** определяли:

11) валовое содержания элементов (SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, TiO_2, CaO, MgO, P_2O_5, SO_3). Разложение почвы проводили сплавлением с карбонатом натрия, с последующим определением элементов аналитическими методами: фосфора (с $SnCl_2$ и аскорбиновой кислотой), железа - сульфосалицилатным методом, марганца (с формальдоксимом), титана – пероксидным методом – фотометрически; кремния – гравиметрическим желатиновым методом, кальция, магния и серы – комплексонометрически (трилон Б, кальцеин, хром темно-синий), алюминия - комплексонометрически (с дитизоном), сумму Na_2O и K_2O – расчетным способом. (Руководство по химическому анализу почв под ред. Аринушкиной, 1970; Практикум по агрохимии под ред. Минеева, 2001; Теория и практика химического анализа почв под ред. Воробьевой, 2006);

12) фракционный состав гумуса по Тюрину в модификации Пономаревой-Плотниковой (Практикум по агрохимии под ред. Минеева, 2001);

13) актуальную и обменную кислотность – потенциометрически;

14) гидролитическую - по Каппену (Практикум по агрохимии под ред. Минеева, 2001), обменные основания вытесняли NH_4Cl (Руководство по химическому анализу почв под ред. Аринушкиной, 1970);

15) аморфное железо в оксалатной вытяжке по Тамму (Зонн, 1982);

16) суммарное несиликатное железо – в дитионит-цитратной вытяжке по Меру-Джексону (Зонн, 1982);

17) органическое железо - по Баскомбу (Зонн, 1982; Теория и практика химического анализа почв под ред. Воробьевой, 2006);

18) минеральный «активный» фракционный фосфор - по Гинзбург-Лебедевой (Гинзбург, Лебедева, 1971);

19) «органический» фосфор и «прочносвязанные» фракции минерального фосфора - по Чангу-Джексону в модификации Аскинази и Гинзбург (Александрова,

Найденова, 1976; Теория и практика химического анализа почв под ред. Воробьевой, 2006);

20) обменный калий и подвижный фосфор - по Чирикову;

21) легкогидролизуемый азот - по Кононовой и Тюрину (Практикум по агрохимии под ред. Минеева, 2001);

б) Изучение новообразований. Карбонатные и Mn-Fe конкреции отбирали из каждого генетического горизонта. Ортштейны и черные карбонатные конкреции отмывали на сите 0,25 мм из воздушно-сухих образцов почвы массой 1 кг, гумусовые кутаны, соскабливали с поверхности педов в воздушно-сухом состоянии.

В материале конкреций определяли:

1. Валовой химический состав (SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, TiO_2, CaO, MgO, P_2O_5). Разложение ортштейнов проводили смесью серной и хлорной кислот. Карбонатные конкреции предварительно обрабатывали соляной кислотой, остаток сжигали в смеси серной и хлорной кислот. Детектирование элементов проводилось аналитическими методами: P - с $SnCl_2$ и аскорбиновой кислотой, Fe - сульфосалицилатным методом, Mn - с формальдоксимом, Ti – пероксидным методом – фотометрически; Si – гравиметрически желатиновым методом, Ca и Mg – комплексонометрически (Трилон Б, кальцеин, хром темно-синий), Al - комплексонометрически (с дитизоном) (Аринушкина, 1970; Воробьева, 2006).

2. Различные соединения железа в вытяжках Баскомба, Тамма и Мера-Джексона (Зонн, 1982);

3. Фракционный составы фосфора: минеральный «активный» - по Гинзбург-Лебедевой, «органический» и «прочносвязанные» фракции - по Чангу-Джексону в модификации Аскинази и Гинзбург (Практикум Минеева, 2001).

4. Внутреннее строение новообразований изучали с помощью фотографирования с применением фотокамеры Canon EOS-5D Mark II, макроколец и проекционных объективов с фокусными расстояниями 50, 40 и 20 мм. Сменой макроколец и микрообъективов получали масштабы макросъемки от 1:2 до 6:1. Масштаб калибровали по микролинейке, входящей в комплект измерительного окуляра микроскопа МС-2 ZOOM.

5. Фракционный состав гумуса конкреций и кутан иллювиальных горизонтов черноземовидных оглеенных почв определяли по Тюрину в модификации Пономаревой-Плотниковой (Практикум по агрохимии под ред. Минеева, 2001). Декальцирование карбонатных конкреций проводилось 10 % HCl. Фракцию Ia определяли в отдельной вытяжке однократной обработкой 0,1н H_2SO_4.

Статистическая обработка данных - по Доспехову (1979).

в) В качестве аналитических критериев диагностики рассматривались:

1) критерий Швертманна по соотношению аморфного и суммарного несиликатного железа (Зонн, 1982)

2) коэффициент степени гидроморфизма черноземовидных почв по соотношению оптической плотности различных вытяжек (Степанцова, Красин, 2011). Методика его определения приведена в приложении 2.

3) модифицированный коэффициент степени гидроморфизма черноземовидных почв, предложенный нами соотношение оптической плотности щелочной, щелочной пирофосфатной вытяжек и общего содержания органического вещества - методика определения приведена в приложении 2.

Валовое определение химических элементов, фракционный состав гумуса мелкозема и новообразований проводили в 4-х кратной повторности, остальные показатели физико-химических свойств - в 8-ми кратной.

4. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Все рассматриваемые почвы сформировались на легкой лессовидной глине (табл. 2). Для почвообразующих пород характерно высокое содержание лессовидной фракции (30 и более %) и ила (в верхних горизонтах 20-25%, в нижних – 15-20%). Содержание песчаной фракции не превышает 10-20%, она представлена преимущественно мелкой фракцией. Такой гранулометрический состав является характерным для данной территории. Черноземы типичные Тамбовской равнины по данным П.Г. Адерихина, Б.П. Ахтырцева, К.К. Мусикова (1974) в гумусовом горизонте имеют 55-60% физической глины, 23-30% крупной пыли и 22% ила, в переходном горизонте соответственно 60-65%, 13-15% и 22-25%.

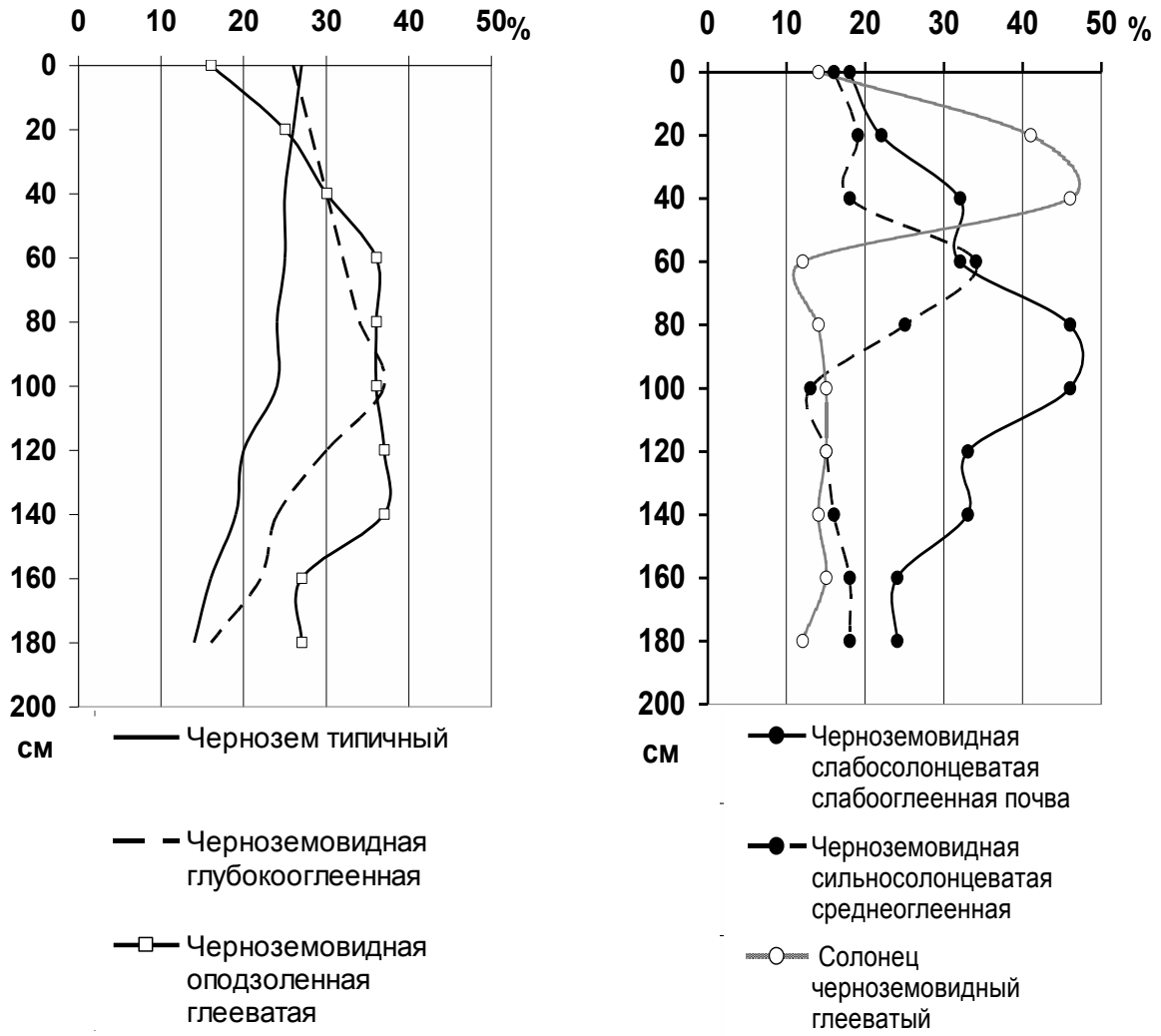

Рисунок 24. Распределение илистой фракции по профилю чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины.

Таблица 2. Гранулометрический состав чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской низменности (пересчет на карбонатную навеску).

Разрез, почва	Горизонт, глубина, см	Содержание фракции, мм в %						
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	< 0,01
Катена I - типичный чернозем и черноземовидные оглеенные почвы на повышенном слабодренированном участке водораздела								
1. Чернозем типичный	Ап 0-25	3	9	32	12	17	27	56
	А1 12-65	0	6	36	13	20	25	58
	АВса 65-110	0	10	32	10	23	25	58
	Вса 110-130	0	15	27	18	21	19	58
	Сса 130-200	0	12	36	21	17	14	52
2.Черноземовидная глубокооглеенная	Ап 0-20	0	9	27	10	28	26	64
	Апп 20-43	0	8	28	21	15	28	64
	А1 43-90	1	16	18	18	13	34	65
	АВса 90-105	0	10	27	13	20	30	63
	Вса 105-130	0	10	27	8	31	24	63
	Сса,g/ 130-170	0	10	40	11	23	16	50
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	Ад 0-20	1	18	40	16	8	17	41
	А1g/ 20-60	1	16	31	17	10	25	52
	A_2Bg/ 60-80	0	18	27	9	10	36	55
	В1g// 80-110	0	11	27	9	16	37	62
	В2g/// 110-150	0	1	32	11	19	37	67
	Сса,g/// 150-170	1	2	29	14	27	27	68
Катена II – черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы и солонец черноземовидный глееватый на пониженном недренированном участке водораздела								
4.Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	Ад 0-10	1	3	32	18	28	18	64
	А1 10-37	1	2	33	12	30	34	64
	АВса 37-70	1	2	28	12	23	32	69
	В1са,g/ 70-105	0	4	35	11	4	46	61
	В2са,g/ 105-130	0	8	35	13	11	33	57
	Сса,g// 130-150	0	10	39	15	12	24	51
5 Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	Ап 0-17	1	4	49	15	16	15	46
	А1g/ 17-40	1	7	50	4	19	19	42
	АВса,g/ 40-65	2	14	38	16	12	18	46
	В1са,g// 65-80	1	15	33	12	21	18	51
	В2са,g /// 80-104	1	16	39	9	22	13	44
	Сса,g/// 104-120	1	15	38	8	20	18	46
6. Солонец черноземовидный глееватый	Корочка 0-5	3	9	46	19	10	14	42
	Апg/ 5-20	1	3	27	16	21	32	69
	Аппg// 20-27	1	0	25	12	21	41	74
	А1са,g// 27-40	1	0	26	9	18	46	73
	АВса,g// 40-75	1	8	39	18	22	12	52
	В1са,g/// 75-110	1	4	43	18	19	15	52
	Сса,g/// 140-160	0	9	39	21	19	12	52

Гидроморфные почвы могут иметь более тяжелый гранулометрический состав. Среднее содержание физической глины в лугово-черноземных, почвах составляет 60-64%, ила 30-35% (Ахтырцев, 1981), а в луговых почвах содержание ила достигает до 30-40% (Самойлова, 1981). Черноземно-луговые солонцы характери-

зуются легкосуглинистым составом в надсолонцовом горизонте и средне-тяжелосуглинистым составом в остальной части профиля (А.Б. Ахтырцева, 1999).

Исследуемый чернозем типичный имеет тяжелосуглинистый гранулометрический состав (табл. 2) и характеризуется равномерным распределением ила и физической глины по профилю (рис. 24). Более низкое содержание ила в нижних горизонтах обусловлено их карбонатностью. В пирофосфатном методе не предусматривается разрушение карбонатов кислотой, что ведет к занижению выхода ила. Отсутствие признаков элювиально-иллювиальной дифференциации профиля типичных черноземов Окско-Донской равнины отмечено многими авторами (Адерихин 1963, Щеглов 1999).

Длительный поверхностный застой влаги ведет к обезжелезнению мелкозема и утяжелению гранулометрического состава (Зайдельман, 1998). В черноземовидной глубокооглеенной почве небольшое увеличение содержания ила наблюдается на верхней границе капиллярной каймы. Профиль черноземовидной оподзоленной глееватой почвы дифференцирован по элювиальному типу. Максимальное содержание ила наблюдается в нижних оглеенных горизонтах (табл. 2, рис. 24). Различия по сравнению с черноземом типичным достоверны с 95%-й вероятностью (Приложение 3).

Осолонцевание почв катены II сопровождается резкой элювиально-иллювиальной дифференциацией их профиля. Максимальная дифференциация профиля характерна для солонца черноземовидного глееватого (рис. 24). Содержание ила в солонцовых горизонтах возрастает до 40% и более, в надсолонцовых - снижается по мере увеличения солонцеватости. Доля ила в составе физической глины в гумусовом горизонте составляет 35-40%, в солонцовом 65-75%. Следует отметить, что глубина солонцового горизонта с высоким содержанием илистых частиц снижается от черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почвы (70-100 см) к солонцу черноземовидному глееватому (20-27 см). На черноземовидных солоцеватых оглеенных почвах этот горизонт не будет препятствовать нормальному развитию полевых сельскохозяйственных культур, только плодовые культуры будут испытывать его неблагоприятное воздействие. В солонце черно-

земовидном глееватом близкое его расположение к поверхности определяет не только гибель культурных растений, но и угнетение дикорастущих. По мнению А.Б. Ахтырцева и др. (1981) осолонцевание черноземных почв происходило в конце первой половины голоцена, сейчас происходит их рассолонцевание и выщелачивание.

Таблица 3. Гранулометрический состав чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской низменности (без учета карбонатной навески).

Разрез, почва	Горизонт, глубина, см	Содержание фракции, мм в %						
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	< 0,01
Катена I - типичный чернозем и черноземовидные оглеенные почвы на повышенном слабодренированном участке водораздела								
1. Чернозем типичный	Ап 0-25	3	9	32	12	17	27	56
	А1 12-65	0	6	36	13	20	25	58
	АВса 65-110	0	10	33	10	24	26	60
	Вса 110-130	0	13	32	21	25	22	68
	Сса 130-200	0	10	41	24	20	16	60
2.Черноземовидная глубокооглеенная	Ап 0-20	0	9	27	10	28	26	64
	Апп 20-43	0	8	28	21	15	28	64
	А1 43-90	1	16	18	18	13	34	65
	АВса 90-105	0	9	34	14	21	33	68
	Вса 105-130	0	9	32	9	36	28	73
	Сса,g/ 130-170	0	8	47	13	27	19	59
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	Ад 0-20	1	18	40	16	8	17	41
	А1g/ 20-60	1	16	31	17	10	25	52
	$А_2$Bg/ 60-80	0	18	27	9	10	36	55
	В1g// 80-110	0	11	27	9	16	37	62
	В2g/// 110-150	0	1	32	11	19	37	67
	Сса,g/// 150-170	1	2	33	16	31	31	78
Катена II – черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы и солонец черноземовидный глееватый на пониженном недренированном участке водораздела								
4.Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	Ад 0-10	1	3	32	18	28	18	64
	А1 10-37	1	2	33	12	30	34	64
	АВса 37-70	1	2	29	12	23	33	68
	В1са,g/ 70-105	0	4	36	11	4	47	62
	В2са,g/ 105-130	0	8	37	14	12	35	61
	Сса,g// 130-150	0	9	44	17	14	27	58
5 Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	Ап 0-17	1	4	49	15	16	15	46
	А1g/ 17-40	1	7	50	4	19	19	42
	АВса,g/ 40-65	2	14	39	16	12	18	46
	В1са,g// 65-80	1	15	34	12	22	19	53
	В2са,g /// 80-104	1	14	43	10	24	14	48
	Сса,g/// 104-120	1	13	44	9	23	21	53
6. Солонец черноземовидный глееватый	Корочка 0-5	3	9	46	19	10	14	42
	Апg/ 5-20	1	3	27	16	21	32	69
	Аппg// 20-27	1	0	25	12	21	41	74
	А1са,g// 27-40	1	0	26	9	18	46	73
	АВса,g// 40-75	1	8	40	18	22	12	52
	В1са,g/// 75-110	1	3	52	22	23	18	63
	Сса,g/// 140-160	0	8	45	24	22	14	60

Таким образом, на юге Тамбовской равнины черноземовидные оглеенные почвы имеют более тяжелый гранулометрический состав, чем зональные черноземы типичные. Оглеение под влиянием заболачивания поверхностными водами ведет только к утяжелению горизонтов, где застаивается влага. Осолонцевание сопровождается резкой элювиально-иллювиальной дифференциации профиля.

5. АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

5.1. Плотность, плотность твердой фазы, порозность, гидрологические константы

Плотность твердой фазы почвы зависит от гранулометрического состава и содержания гумуса (Ревут, 1964). Так как все изучаемые почвы сформировались на одной почвообразующей породе значение плотности твердой фазы их нижних горизонтов существенно не различаются - 2,60-2,65 г/см^3. Наиболее низкие значения плотности твердой фазы характерны для слегка оторфованного верхнего горизонта черноземовидной оподзоленной глееватой почвы, в профиле которой, подолгу застаивается влага. В черноземовидных солонцеватых оглеенных почвах и солонце черноземовидном глееватом, напротив, значения плотности твердой фазы верхних горизонтов повышаются по сравнению с черноземом типичным.

Плотность почвы сильно подвержена изменению под влиянием различных факторов (Ревут, 1964; Воронин, 1986). Она определяет водные, воздушные и биологические свойства почвы. Отмечена почти пропорциональная зависимость между количеством недоступной для растений влаги и степенью уплотнения почвы (Ревут, 1964). Установлено, что при слабой степени уплотнения урожайность зерновых культур снижается на 10-25%, при средней – на 25-50%, а при сильной – более чем на 50% (Бондарев, Кузнецова, 1999). По данным И.С. Рабочева (1984) для черноземов оптимальные значения плотности, при которых еще не происходит снижение урожайности зерновых культур, составляют 1,10-1,20 г/см^3. При повышении плотности черноземов выше оптимальной на каждые 0,01 г/см^3 происходит снижение урожайности ячменя на 0,9 ц/га (Сапожников и др., 1990). Главный фактор пе-

реуплотнения - обработка тяжелой техникой, когда почва еще не достигла физической спелости (Рабочев, 1984; Кузнецова, 1987; Зайдельман, 1992, 1998). И.В. Кузнецова (1987) установила, что верхняя граница оптимальной плотности почвы (плотности при которой при ее насыщении водой до наименьшей влагоемкости содержание воздуха в ней составляет не менее 15 %) для черноземных почв ЦЧО равняется 1,17-1,18 г/см^3. Уплотненные до значений 1,22-1,25 г/см^3 черноземы разуплотняются до оптимальных значений, а при уплотнении их до 1,27-1,32 г/см^3 и выше, разуплотнение происходит не полностью (Кузнецова, 1987; Медведев, 1988).

Многочисленные литературные данные свидетельствуют, что антропогенное заболачивание черноземов ведет к значительному ухудшению их физических свойств. Так в мочарах Предкавказья на глубине 20-60 см формируется уплотненный до состояния слитости горизонт, он вязок и пластичен во влажном состоянии и крайне тверд – в сухом (Безуглова, Назаренко, 1998).

Следует отметить, что опасность уплотнения почвы не ограничивается ухудшением физических свойств. Оно резко усиливает трансформацию в целом водного режима. Ф.Р. Зайдельман (1992) указывает, что «на фоне пересеченного рельефа следствием переуплотнения пахотного горизонта является перераспределение осадков и поверхностного стока. Гравитационная влага… мигрирует по поверхности уплотненных почв в плоские западины. В результате объем просочившихся осадков на водоразделах и верхних частях склонов уменьшается, ... а в депрессии поступает значительный дополнительный объем влаги». Уплотнение почвы под влиянием тяжелой техники выделяют как одну из причин вторичного гидроморфизма черноземов юга России (Ачканов, Николаева,1999) и ЦЧЗ (Паракшин, Паракшина, Уваров 1997).

Черноземы и лугово-черноземные почвы Окско-Донской равнины обладают благоприятными агрофизическими свойствами. Для обрабатываемых черноземов типичных ЦЧО характерна высокая пористость (55-60% в пахотных горизонтах и 50-55% - в нижних), низкая плотность (до 1 м менее 1,2 г/см^3), высокий диапазон активной влаги (35-40%) (Щеглов, 1999). Порозность гумусовых горизонтов лугово-черноземных почв изменяется в пределах 51-65%, а в нижних - снижается до 40-

50%, соответственно и плотность нижних горизонтов несколько увеличивается (Ахтырцев и др., 1981). В черноземно-луговых почвах плотность нижних горизонтов возрастает до 1,5 г/см^3 (Самойловой, 1981).

Изучаемый чернозем типичный имеет благоприятные для растений физические свойства верхних полутора метров: низкую плотность, высокую порозность и воздухоемкость при влажности равной ППВ (табл. 4).

Обработка почв во влажном состоянии ведет к повышению плотности и снижению пористости черноземовидных оглеенных почв катены I, так как они позже, чем чернозем достигают физической спелости. Различия по сравнению с типичным черноземом достоверны с 95%-м уровнем вероятности (табл. 4). В профиле черноземовидной глубокооглеенной почвы формируется плужная подошва с пониженной воздухоемкостью и повышенной плотностью. В черноземовидной оподзоленной глееватой почве уплотняет весь профиль выше критических значений, поэтому уже на глубине 20 см воздухоемкость при влажности равной ППВ снижается до 10 %.

Еще более негативное воздействие на физические свойства оказывает осолонцевание. Плотность солонцового и солонцеватого горизонтов почв катены II составляет 1,4 г/см^3 и более, их воздухоемкость снижается до нуля. Плотность подсолонцовых горизонтов хотя и ниже плотности солонцового горизонта, но значительно выше, чем плотность иллювиальных горизонтов черноземовидных почв катены I. Различия по сравнению с черноземом типичным достоверны с 95%-м уровнем вероятности (табл. 4). Для культурных растений существенен тот факт, что мощность верхнего слоя с удовлетворительными для культурных растений физическими свойствами уменьшается от черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почвы к солонцу черноземовидному глееватому (табл. 4).

Гидрологические константы определяют подвижность и степень доступности влаги растениям (Качинский, 1970; Роде, 1965). По мере увеличения плотности возрастают значения влажности завядания (Кузнецова, Виноградова, 1983).

Таблица 4. Физические свойства чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской низменности.

Разрез почва,	Горизонт, глубина, см		Плотность почвы		Плотность твердой фазы	Порозность	МГ	ВЗ	ППВ	Ра
			n	$M \pm t_{0.95}m$						
			г/см^3			% объема				
Катена I - типичный чернозем и черноземовидные оглеенные почвы										
1. Чернозем типичный	Ап	0-25	18	0,76±0,12	2,45	69,1	8,0	12,6	21,0	48,1
	А1	12-65	18	1,19±0,06	2,53	53,0	12,4	19,7	27,8	25,2
	АВса	65-110	6	1,22±0,06	2,57	52,5	12,1	16,3	33,1	19,4
	Вса	110-130	6	1,32±0,12	2,66	50,4	11,1	17,1	35,8	14,6
	Сса	130-200	6	1,36±0,05	2,65	48,7	12,8	19,6	36,9	11,8
2.Черноземовидная глубокооглеенная	Ап	0-20	18	1,07±0,05	2,42	55,8	11,4	16,0	34,9	20,9
	Апп	20-43	18	1,18±0,04	2,52	53,2	13,8	17,5	42,4	10,8
	А1	43-90	6	1,13±0,04	2,58	56,2	11,6	16,2	35,4	20,8
	АВса	90-105	6	1,21±0,06	2,60	53,5	12,0	18,2	39,6	14,0
	Вса	105-130	6	1,28±0,07	2,62	51,1	11,5	16,9	37,3	13,8
	Сса,g/	130-170	6	1,39±0,06	2,59	46,3	11,6	16,7	39,9	6,4
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	Ад	0-20	18	0,72±0,07	2,37	69,6	7,3	10,2	24,2	45,4
	А1g/	20-60	18	1,33±0,03	2,45	45,7	13,7	20,7	35,2	10,5
	А2Вg/	60-80	6	1,36±0,06	2,51	45,8	15,7	22,5	2,1	3,7
	В1g//	80-110	6	1,37±0,03	2,57	46,7	15,0	21,7	41,9	4,8
	В2g///	110-150	6	1,44±0,04	2,59	44,4	15,6	22,5	40,5	3,9
	Сса,g///	150-170	6	1,34±0,03	2,61	48,7	13,7	20,4	2,1	6,6
Катена II – черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы и солонец черноземовидный глееватый										
4.Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	Ад	0-10	18	0,98±0,06	2,58	62,0	13,7	15,5	32,5	29,5
	А1	10-37	18	1,21±0,06	2,61	53,6	19,2	19,4	40,3	13,3
	АВса	37-70	6	1,38±0,04	2,62	47,3	20,5	23,2	42,1	5,2
	В1са,g/	70-105	6	1,41±0,07	2,66	47,0	20,9	22,5	41,6	5,4
	В2са,g/	105-130	6	1,42±0,03	2,65	46,4	21,0	21,8	41,8	4,6
	Сса,g//	130-150	6	1,33±0,05	2,56	48,0	18,6	19,5	37,5	10,5
5 Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	Ап	0-17	18	1,03±0,04	2,46	58,1	12,4	17,5	33,8	24,3
	А1g/	17-40	18	1,22±0,04	2,54	50,2	16,1	20,9	41,1	9,1
	АВса,g/	40-65	6	1,33±0,06	2,60	48,8	17,6	20,6	44,1	4,7
	В1са,g//	65-80	6	1,43±0,02	2,64	45,8	17,9	21,3	44,2	1,6
	В2са,g///	80-104	6	1,31±0,04	2,60	49,6	17,3	20,7	39,3	10,3
	Сса,g///	104-120	6	1,31±0,03	2,60	49,6	15,5	19,7	39,6	10,0
6. Солонец черноземовидный глееватый	Корочка	0-5	18	0,87±0,13	2,50	65,2	11,4	12,9	25,5	39,7
	Апg/	5-20	18	1,16±0,08	2,62	55,7	15,5	20,3	43,9	11,8
	Аппg//	20-27	18	1,41±0,06	2,59	45,6	20,6	23,3	46,5	0
	А1са,g//	27-40	6	1,38±0,03	2,62	47,3	21,1	24,1	43,9	3,4
	АВса,g//	40-75	6	1,38±0,03	2,63	47,5	18,2	22,9	43,7	3,8
	Вса,g///	75-110	6	1,46±0,03	2,62	44,3	17,8	23,3	43,1	1,2
	Сса,g///	140-160	6	1,44±0,07	2,67	46,1	16,1	22,9	39,8	6,3

МГ - максимальная гигроскопичность; **ВЗ –** влажность завядания; **ППВ –** предельная полевая влагоемкость; **Ра** – порозность аэрации (воздухоемкость) при влажности равной ППВ; **Апп** – плужная подошва; **n** – объем выборки; **$M \pm t_{0,95}m$** – доверительный интервал.

По мнению И.Б. Ревута (1964) при увеличении плотности чернозема мощного тяжелосуглинистого в Курской области с 1,0 до 1,2 г/см^3 влажности завядания возрастает с 13,72 до 18,61 % от объема почвы. Это связано с тем, что в более плотных

почвах часть влаги размещается в порах чрезвычайно малых размеров, в которые не могут проникать в корни растений.

Значения гидрологических констант (МГ, ВЗ и ППВ) изучаемых почв катен I и II изменяются в соответствии с гранулометрическим составом. В солонцовых горизонтах почв катены II достоверно с 95%-м уровнем вероятности возрастают значения МГ и ВЗ (Приложение 4). Поэтому даже при непродолжительных засухах растения испытывают дефицит влаги.

Таким образом, физические свойства черноземовидных оглеенных почв юга Тамбовской равнины менее благоприятны для сельскохозяйственных растений, чем свойства чернозема типичного. Их тяжелый гранулометрический состав определяет медленное освобождение от влаги, способствует формированию плужной подошвы. В черноземовидных солонцеватых оглеенных почвах солонцовый горизонт находится на глубине 60-70 см, поэтому большинство культурных растений не испытывают угнетения, только в солонце черноземовидном глееватом он расположен близко к поверхности.

5.2. Структурное состояние

Еще В.В. Докучаев в «Картографии русских почв» (1879) отмечал, что «чернозем очень мелкозернист, рассыпчат» (1949, с. 118). Вильямс В.Р. в работе «Морфологические признаки черноземов» (1924) так же подчеркивает: «...чернозем представляет почву структурную» (1950, с. 558). О.С. Безгулова и Н.В. Юдина (2006) отмечают, что черноземы юга России в целинном состоянии содержат очень мало агрегатов размером менее 0,25 мм, и при распашке количество этой фракции изменяется очень незначительно. Деградация структуры идет в основном за счет образования глыбистых агрегатов, в результате заметно снижается содержание агрономически ценной фракции 1-3 мм.

Д.И. Щеглов (1999) указывает, что в целинных черноземах типичных ЦЧР преобладает фракция агрегатов размером 1-5 мм (более 50%), затем следует фракция 5-10 мм (около 10%), водопрочные агрегаты размером 1-3 мм составляют более 50%. В лугово-черноземных почвах количество зернистых водопрочных агрегатов

размером 1-5 мм составляет 70-90%. Распашка и длительное использование этих почв в богарном земледелии ведут к изменению их структурного состояния - увеличивается в 5-7 раз процентное содержание фракции более 10 мм (с 3-6% до 25-28%) доля зернистой фракции уменьшается до 28-40%, в полтора раза снижается содержание водопрочных агрегатов фракции 1-3 мм (Ахтырцев и др.,1981).

Отмечена интенсивная деградация структуры черноземов при переувлажнении. По данным Ф.Р. Зайдельмана (1998) в Ставропольском крае кратковременный застой влаги на фоне застойно-промывного водного режима вызывает слитизацию черноземов. Глинистая масса освобождается от клеящих веществ, что обеспечивает ее легкую деформируемость под действием внутреннего давления, развивающегося в почве при ее увлажнении. Автор указывает, что этот процесс может развиваться катастрофически быстро. С.А. Николаева и А.М. Еремина (2005) отмечают, что при переувлажнении происходит перестройка внутриагрегатной порозности черноземов, объем пор инфильтрации сокращается почти в 5 раз, а пор аэрации – более чем в три раза. По данным Л.В. Степанцовой (2012) на севере Тамбовской равнины, только застой поверхностных вод ведет к существенной деградации структуры черноземовидных оглеенных почв, заболачивание грунтовыми водами гидрокарбонатно-кальциевого состава, напротив, способствует улучшению структуры по сравнению с черноземом и увеличению содержания водопрочных агрегатов.

Структурное состояние исследуемого чернозема типичного Уваровского района по классификации Качинского можно охарактеризовать как отличное. Агрегаты размером 1-5 мм составляют 40-65%, количество водопрочных агрегатов более 75 %, причем доля крупных (более 1-3 мм) составляет 50-60% (табл. 5).

Интенсивное использование черноземов ведет к снижению в пахотном горизонте содержания водопрочных агрегатов фракции более 1 мм. Различия по сравнению с нижним горизонтом достоверны с 95%-м уровнем вероятности (Приложение 5).

Застой поверхностных вод способствует ухудшению структуры черноземовидных оглеенных почв катены I. За счет образования глыбистых агрегатов в черноземовидной глубокооглеенной почве деградация характерна только для верхних

40 см, глубже этой отметки зернистая водопрочная структура сохраняется. В черноземной оподзоленной глееватой почве нарушение структуры характерно для всего гумусного слоя. Количество комковато-глыбистых агрегатов крупнее 5 мм возрастает до 50% (табл. 5). В нижней оподзоленной части гумусового горизонта снижается количество водопрочных агрегатов. Различия по сравнению с черноземом типичным по значению коэффициента структурности и содержанию водопрочных агрегатов достоверны с 95%-м уровнем вероятности (Приложение 5). Однако в целом по классификации Качинского структурное состояние черноземовидных оглеенных почв можно охарактеризовать как хорошее.

Таблица 5. Агрегатный состав чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины.

Разрез, почва	Горизонт, глубина, см		Сухое просеивание						Мокрое просеивание, содержание агрегатов размером, мм в %	
			Кстр	Содержание агрегатов размером, мм в %						
				> 10	10-5	5-1	1-0,25	< 0,25	>1	>0,25
Катена I - чернозем типичный и черноземовидные оглеенные почвы										
1.Чернозем типичный	Ап	0-25	9,0	6,6	19,7	65,9	6,7	3,3	49,6	77,7
	А1	12-65	6,0	13,0	28,7	50,5	7,0	1,2	63,9	88,0
	АВса	65-110	2,2	26,7	19,4	36,2	15,4	2,0	34,2	70,2
2.Черноземовидная глубокоогленная	Ап	0-20	1,4	39,7	21,1	29,5	8,7	0,6	31,3	64,4
	Апп	20-43	1,3	40,0	15,1	34,3	10,1	1,2	45,3	74,5
	А1	43-90	5,3	13,0	17,0	54,9	13,6	1,8	54,8	78,3
	АВса	90-105	1,9	32,3	20,7	36,1	9,8	0,9	37,4	66,7
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	Ад	0-20	1,7	35,7	25,3	32,0	5,7	0,7	44,2	82,2
	А1g/	20-60	2,5	27,0	21,3	43,7	8,0	0,9	35,2	69,7
	А2Bg/	60-80	4,2	20,0	38,0	45,0	6,7	0,5	43,9	84,4
Катена II – черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы и солонец черноземовидный глееватый										
4. Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	Ад	0-10	2,0	31,3	17,9	40,5	9,7	0,9	31,8	63,7
	А1	10-37	1,1	45,7	26,3	22,7	4,7	0,4	32,3	68,0
	АВса	37-70	0,4	59,7	10,0	11,0	1,4	0,1	20,7	59,4
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	Ап	0-17	3,0	22,4	15,5	54,0	2,1	1,5	12,7	48,4
	А1g/	17-40	7,1	11,5	23,4	61,7	1,2	0,6	37,0	63,4
6. Солонец черноземовидный глееватый	Апg/	5-20	0,2	81,7	8,5	8,5	1,3	0,4	25,6	59,0
	Аппg//	20-27	0,1	87,0	7,6	4,0	0,3	0	29,4	61,8
	А1са,g//	27-40	0,1	86,0	8,7	2,8	0	0	14,5	62,3

Более негативное влияние на структурное состояние оказывает осолонцевание. По данным Б.П. Ахтырцева и Л.А. Яблонских (2004) в черноземно-луговых солонцах юга Тамбовской равнины преобладает фракция крупнее 10 мм (55%). На

долю агрегатов 1-4 мм приходится 45%. Однако из них лишь 15% сохраняют свою водопрочность после мокрого просеивания.

Полученные нами данные (табл. 5) согласуются с литературными. В черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почве количество глыбистых агрегатов (более 10 мм) возрастает до 50 %, а зернистых (1-5 мм) - сокращается до 20%. Солонец черноземовидный глееватый полностью утрачивает зернистую структуру верхних горизонтов ($К_{стр}$ 0,1-0,2). Обеднение толщи над солонцовым горизонтом ведет к уменьшению количества водопрочных агрегатов до 50%. В солонцовых горизонтах высокое (до 40%) содержание илистых частиц определяет медленную размокаемость крупных агрегатов, поэтому после мокрого просеивания количество водопрочных педов более 60 %, но это не пористые зернистые агрегаты, а плотные, призматические отдельности.

Таким образом, по структурному состоянию черноземовидные оглееные почвы юга Тамбовской равнины значительно уступают чернозему типичному. Наиболее негативное влияние оказывает заболачивание грунтовыми гидрокарбонатно-натриевыми водами.

6. ВОДНЫЙ РЕЖИМ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Существует много работ, посвященных изучению водного режима целинных (Афанасьева, 1966; Большаков, 1961; Высоцкий, 1937; Герцык, 1979; Оликова, Сычева, 1996; Зонн, Иванова, 1997) и обрабатываемых черноземов (Ахтырцев, Лепилин, 1985, 2001; Щеглов, 1999; Коковина, 1978, 1983; Лебедева, 2002, 2004). Основной запас влаги в их профиле создается весной после снеготаяния (Францессон, 1963; Коковина, 1974). Дождливые периоды во второй половине осени, по мнению Б.П. Алисова (1949), «служат главным источником водопотребления растений в засушливые весны». О.К. Боронтов и др. (2005) отмечают, что в черноземах Воронежской области в суммарном водопотреблении сельскохозяйственных растений в засушливый годы возрастает доля почвенной влаги. Летние дожди лишь частично компенсируют текущий расход влаги из гумусового горизонта и увлажняют самый

верхний слой мощностью 0-20 см, реже 0-40 см (Большаков, 1961; Ахтырцев, Ахтырцев, 1993). Но их недостаток часто лимитирует урожайность сельскохозяйственных культур. На территории Тамбовской равнины наиболее опасными являются весенняя и раннелетняя засухи (Алисов, 1949). Засухам были посвящены работы В.В. Докучаева «Наши степи прежде и теперь» (1892) и А.А. Измаильского «Как высохла наша степь» (1893).

В последние десятилетия появился ряд статей по многолетней динамики влажности черноземов. Исследователи отмечают, что в черноземах Средне-Русской возвышенности (Оликова, Сычева, 1996), Курской области (Базыкин, Бойко, 2008) в последние годы наблюдается накопление избыточной влаги в нижней толще. Так Н.П. Лебедева (2004) указывает, что ежегодная положительная разница во влагообеспеченности освоенных и целинных черноземов составляет 13 мм, нечастое глубокое промачивание агропочв (за 8 лет наблюдений – один раз) при ничтожном расходе влаги из слоев глубже 150-200 см оказывается достаточным для ее консервации.

Водный режим лугово-черноземных, черноземно-луговых и луговых почв определяется уровнем грунтовых вод и тесно связан с метеорологическими условиями. На стационаре в Токаревском районе Тамбовской области повышенный уровень грунтовых вод отмечался в годы с повышенным атмосферным увлажнением, засухи 1971, 1972 г.г сопровождались резким его снижением (Самойлова,1981).

В лесостепной и степной зонах в условиях дефицита влаги грунтовые воды могут оказывать благоприятное воздействие на продуктивность сельскохозяйственных культур. В.А. Францессон (1963) считал, что незасоленные лугово-черноземные почвы при залегании грунтовых вод в пределах 1-3 м наиболее благоприятны для получения высоких урожаев технических и овощных культур. Грунтовые воды на 3-7 м не ликвидируют почвенную засуху. Такого же мнения придерживались А.Б. Ахтырцев и др. (1981), которые отмечали, что наиболее резкие различия урожайности на лугово-черноземных почвах и черноземах бывают в засушливые годы.

Если в повышении продуктивности лугово-черноземных почв по сравнению с черноземами мнения всех исследователей сходятся, то в отношении продуктивности черноземно-луговых почв западин и луговых почв с уровнем грунтовых вод 1-1,5 м нет такой же однозначности. Так, В.В. Докучаев в «Русском черноземе» (1883) называет почвы замкнутых западин «бесплодными лысинами», а в работе «Наши степи прежде и теперь» (1892) указывает, что «в Тамбовском уезде всегда без исключения, чем углубление значительнее, тем почва вообще менее плодородна». А.А. Измаильский (1893), напротив, замечает, что «на дне воронок трава сохраняет свежий зеленый цвет, так же и культурные растения всегда достигает необыкновенно роскошного развития сравнительно с развитием растений, находящихся рядом на окружающей равнине» (1949, с. 56).

По мнению А.Б. Ахтырцева и др. (1981) черноземно-луговые почвы по плодородию уступают лугово-черноземным. Е.М. Самойлова (1981) напротив считает, что продуктивность агроценозов на черноземно-луговой почве выше, чем на типичном черноземе и лугово-черноземной почве: зерновых и зернобобовых на 4,8 ц/га (15-30%), кукурузы и сахарной свеклы на 20-40 ц/га (на 20-40%). Г.П. Школьная (1978) отмечает, на черноземно-луговой почве формируется продукция лучшего качества, чем на черноземе. В этой связи она рекомендует использовать черноземно-луговые почвы под интенсивные севообороты без введения для накопления влаги поля черного пара. Наилучшие условия для возделывания пшеницы и ячменя в Красноярской лесостепи складываются в открытых ложбинах (Шпедт и др., 2004). Т.Я. Кисис (1982) рекомендует в севооборотах на лугово-черноземных почвах с более близким залеганием УГВ (2-3 м) увеличивать долю участия сахарной свеклы и подсолнечника, продуктивно использующих влагу капиллярной каймы и грунтовых вод даже содержащих соду и сульфаты натрия.

В.П. Василько (1975), напротив, отмечает, что в летние месяцы, возделываемые культуры в замкнутых понижениях рельефа начинают ощущать недостаток воды гораздо раньше, растения озимой пшеницы и подсолнечника имеют карликовый рост, малый размер колоса, корнеплоды кормовой свеклы были небольшого размера и имели уродливую форму. В.В. Канев и В.Г Казаков (2006) рекомендуют

использовать почвы западин под длительное залужение. Желательно залужать краевые участки полей с ложбинно-протяжным рельефом с контрастной структурой почвенного покрова (Кузнецова, Савин и др.,1993).

Водный режим солонцеватых почв и солонцов черноземовидных характеризуется своими особенностями. Е.М. Самойлова (1981) указывает, что из-за крайне низкой водопроницаемости солонцов большее количество выпавших осадков испаряется с поверхности. Сплошное промачивание наблюдается на глубину не более 50 см. В черноземно-луговых солонцеватых почвах весной осуществляется сквозное промачивание. Смыкание просачивающейся влаги с капиллярно-подпертой приводит к увлажнению всего почвенного профиля до величины превышающей наименьшую влагоемкость. Уровень грунтовых вод близок к поверхности, но влагопроводность слитого иссушенного подсолонцового слоя слишком мала, чтобы за счет капиллярного переноса влаги компенсировать потери влаги на эвапотранспирацию. Солонцеватые черноземно-луговые почвы дают значительно меньшие урожаи, чем черноземы. Е.М. Самойлова (1981) для поднятия урожая рекомендует их гипсование небольшими дозами 1-2 т/га, внесение органических и минеральных удобрений и посев многолетних трав (люцерна желто-гибридная, овсяница луговая, костер безостый, райграс высокий, житняк), в комплеках с участием солонцов до 30% она предлагает мелиорацию мелких солонцовых пятен с помощью землевания, а территории, площадь которых занята солонцами более чем на 30%, отдавать под сенокосы и пастбища.

Различная оценка водного режима и плодородия переувлажненных почв черноземного ряда вызвана, прежде всего, отсутствием четких морфологических критериев их диагностики, основанных на многолетних исследованиях их водного режима и продуктивности.

Режимные наблюдения за влажностью почвы и продуктивностью сельскохозяйственных культур проводились нами в 2008-2011 гг, существенно различавшихся по обеспеченности осадков (табл. 6). Влияние погодных условий на водный режим черноземовидных оглеенных почв юга Тамбовской равнины оценивалось по двум критериям: сумме осадков за холодный период (определяющих длительность

затопления) и теплый (расходующихся на испарение и транспирацию). По зимним осадкам 2008 г. был средним, 2009 – экстремально сухим, 2010 – средним, 2011 – влажным. По летним осадкам 2008 г. был очень влажным, 2009 - средним, 2010 – экстремально сухим, 2011 – влажным.

В 2008 г. на черноземе типичном и черноземовидной глубокооглеенной почве возделывали зерновые. Остальные почвы катены I и II не распахивались и использовались как сенокосы и пастбища. В 2009 и 2010 гг. были распаханы и засеяны зерновыми культурами все участки, кроме замкнутого понижения с черноземовидной оподзоленной глееватой почвой. Осенью 2010 г. из-за резкого дефицита влаги озимые не высевали, а в 2011 г. возделывали яровой ячмень.

Таблица 6. Распределение осадков в годы наблюдений (По данным Уваровской метеостанции).

Годы исследований	Год в целом			Зимний период			Летний период		
	Сумма осадков, мм	Обеспеченность осадков, %	Характеристика года	Сумма осадков, мм	Обеспеченность осадков, %	Характеристика года	Сумма осадков, мм	Обеспеченность осадков, %	Характеристика года
2008	611	13	Очень влажный	198	53	Средний	413	13	Очень влажный
2009	385	86	Сухой	148	93	Экстремально сухой	236	60	Средний
2010	310	94	Экстремально сухой	196	60	Средний	115	93	Экстремально сухой
2011	560	39	Влажный	237	33	Влажный	323	33	Влажный

Многоснежная зима 2007-2008 г. и дождливая весна 2008 г. определили глубокое промачивание профиля чернозема типичного. Весь вегетационный период систематически выпадали дожди и влажность гумусового горизонта чернозема типичного находилась в интервале ВРК-ППВ (рис. 25). Благоприятные условия увлажнения позволили получить на этой почве высокий урожай озимых и яровых зерновых культур (табл. 7). В профиле черноземовидной глубокооглеенной почвы до конца мая на плужной подошве застаивалась верховодка. На посевах озимых наблюдались вымочки. Так как влага весной не впиталась в почву глубже 40 см на участках с плужной подошвой влажность к началу июня опустилась до значений

ВЗ - ВРК на глубину 1 м (рис. 25). Летний дефицит влаги определил снижение урожайности озимой пшеницы на 25 % по сравнению с черноземом типичным (табл. 7). Яровой ячмень посеяли только на «сухих» участках без плужной подошвы, где отсутствовал дефицит влаги, и его урожайность была на уровне чернозема типичного. Поверхностный застой влаги до начала мая и внутрипочвенный - до начала июня в 2008 г. исключил возможность обработки и посева на черноземовидной оподзоленной глееватой почве. Урожай зеленной массы травянистых растений был в 2-2,5 раза выше, чем на черноземе типичном (табл. 7).

На почвах катены II в 2008 году уровень грунтовых вод весь вегетационный период не опускался глубже 1-1,5 м (рис. 26). При этом влажность верхних 50 см на черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почве была в интервале ВРК-ППВ, в черноземовидной сильносолонцеватой среднеоглеенной почве опускалась до ВЗ-ВРК. В солонце черноземовидном глееватом до середины лета влажность солонцового горизонта была выше ППВ. При бурении с глубины 20-30 см сочилась вода. Несмотря на высокую влажность, естественный травостой был угнетен и разрежен. Урожай зеленой массы многолетних трав оказался намного ниже, чем на черноземовидных оглеенных почвах катены I (табл. 7).

Зима 2008-2009 г. была крайне малоснежной и морозной, поэтому очаги переувлажнения значительно сократились по площади, а уровень грунтовых вод на почвах катены II опустился на глубину 1,5-2,0 м. Весна выдалась холодной и засушливой. На черноземе типичном уже в конце мая 2009 влажность опустилась до значений ВЗ-ВРК, растения начали испытывать дефицит влаги (рис. 25). Непродолжительные дожди в начале июня компенсировали недостаток влаги только в верхних 50 см. К концу июня до значений ВРК просохла метровая толща. Неблагоприятные условия увлажнения определили снижение урожайности озимых культур по сравнению с 2008 годом (табл. 7). На черноземовидной глубокооглеенной почве верховодка наблюдалась только после оттаивания почвы во второй декаде мая в нижней части гумусового горизонта. Лучшая обеспеченность влагой способствовала повышению урожайности озимых зерновых на 15% по сравнению с черноземом типичным (табл. 7). Различия достоверны с 95%-м уровнем вероятности.

В черноземовидной оподзоленной глееватой почве верховодка в 2009 г. наблюдалась до конца апреля на нижних замерзших горизонтах - на глубине 20-40 см, а после оттаивания почвы с первой декады мая до конца июня - на глубине 100-150 см (рис.25). Интенсивный рост трав после установления теплой погоды вызвал в конце июня иссушение почвы до значений ВРК на глубину 90 см, а до ВЗ - на 40 см.

Небольших зимних запасов влаги в 2009 г. не хватило для формирования высокого урожая зеленой массы многолетних трав не только на черноземе типичном, но и на черноземовидной глубокооглеенной почве (табл. 7). Верховодка в черноземовидной оподзоленной глееватой почве компенсировала дефицит влаги в весенний период и позволила многолетним травам сформировать такой же высокий урожай зеленой массы, как и в 2008 г.

Незначительного количества зимних осадков 2008-2009 г не хватило для пополнения запасов грунтовых вод на участке почв катены II. В мае 2009 года уровень грунтовых вод остался на уровне осени 2008 года: в черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почве - на 150 см, в черноземовидной сильносолонцеватой среднеоглеенной почве - на 120 см, в солонце гидроморфном черноземовидном глееватом – на 70 см (рис. 26). Солонцовый горизонт в текучем состоянии в солонце черноземовидном глееватом находился до третьей декады мая, а в черноземовидной сильносолонцеватой среднеоглеенной почве - до конца июня. Несмотря на неблагоприятные физические свойства солонцовых почв катены II, лучшая обеспеченность влагой определяет повышение урожайности зерновых на 50% по сравнению с черноземом типичным (табл. 7). Только на солонце черноземовидном глееватом из-за застоя влаги в верхних 20-40 см растения вымокли на 60-80%. Вторую половину лета и всю осень осадки были незначительными, поэтому метровая толща всех исследуемых почв просохла до значений ВРК (рис. 25 и 26). Только в солонце черноземовидном глееватом из-за отсутствия растений влажность в нижнем полуметре не опускалась ниже ППВ.

Дефицит влаги сложившийся осенью 2009 г. не был компенсирован зимними осадками.

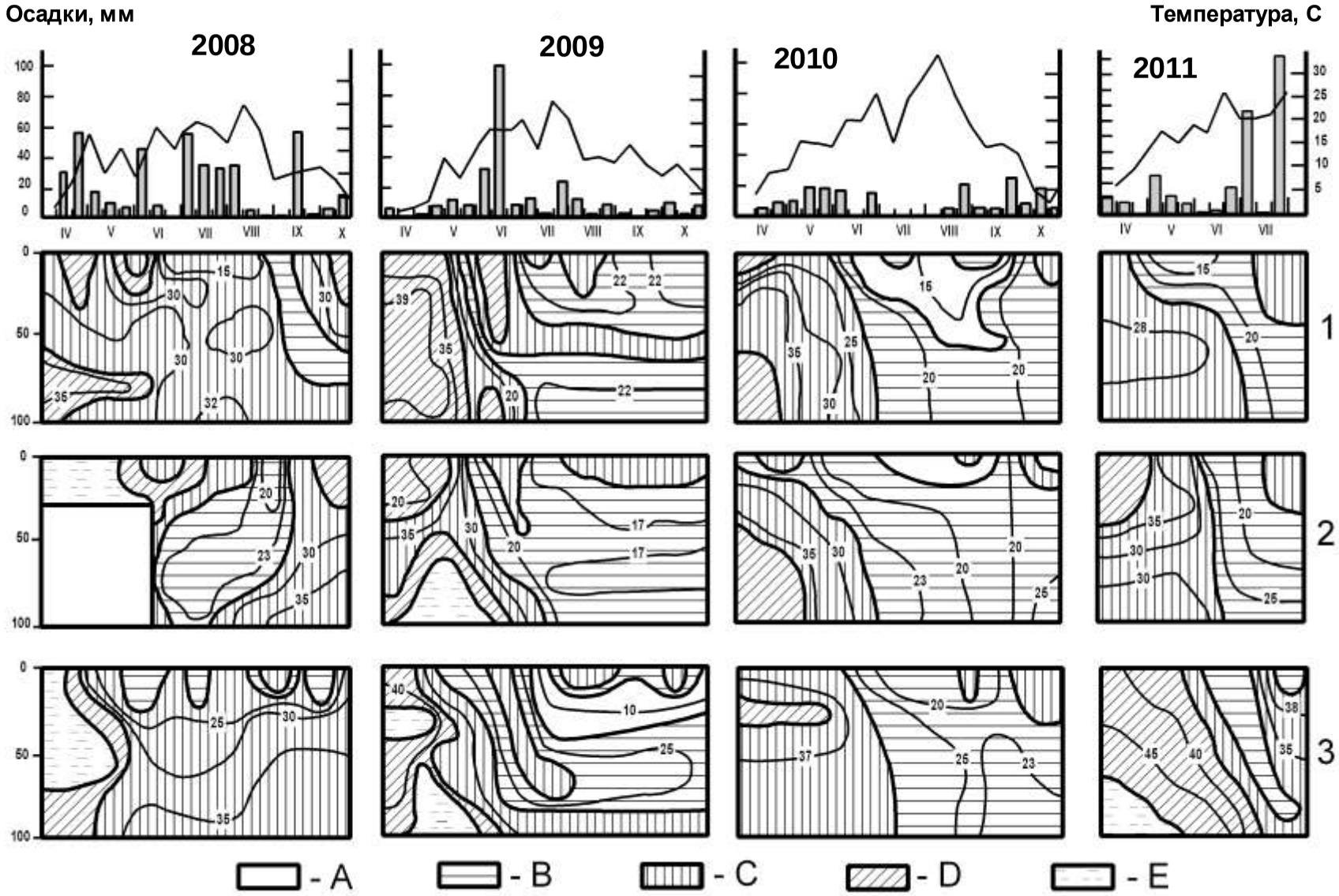

Рисунок 25. Режимы влажности чернозема типичного и черноземовидных почв катены I. Условные обозначения. Влажность в объемных процентах и категориях : A - менее ВЗ; B- ВЗ – ВРК; C - ВРК – ППВ; D- ППВ – ПВ; E - грунтовые воды или верховодка. Почвы: 1- чернозем типичный; 2- черноземовидная глубокооглеенная; 3 – черноземовидная оподзоленная глееватая

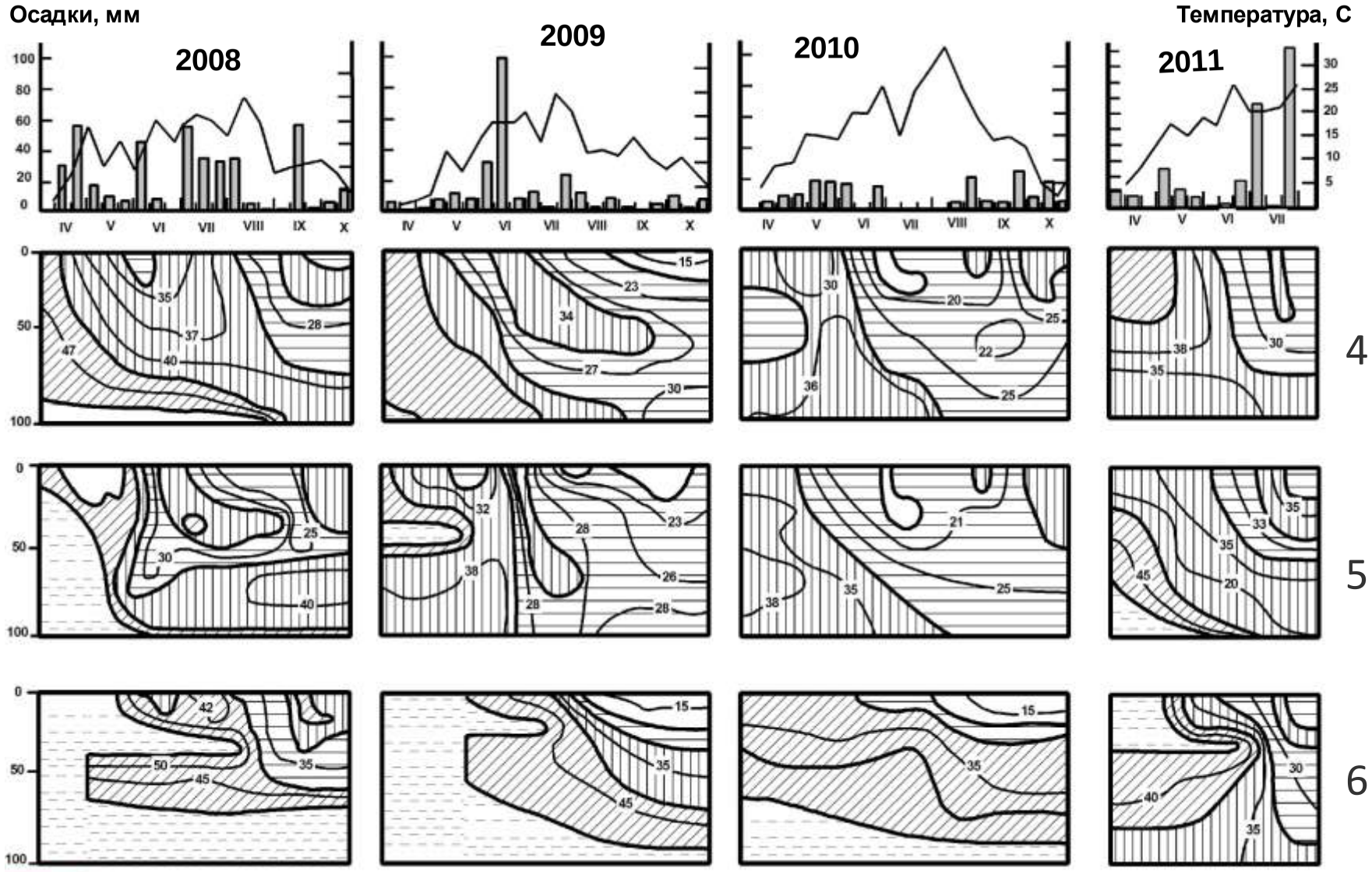

Рисунок 26. Режимы влажности черноземовидных солонцеватых глубокооглеенных почв и солонце черноземовидном катены II. Влажность в объемных процентах и категориях см. на рис. 25. Почвы: 4-черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная; 5-черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная; 6 - солонец черноземовидный глееватый

Таблица 7. Урожайность (ц/га) с.х. культур на черноземе типичном, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почвах и солонце черноземовидном глееватом юга Тамбовской низменности.

Год	Культура	I катена - Типичный чернозем и черноземовидные почвы на повышенном слабодренированном участке водораздела			II катена – Черноземовидные солонцовые почвы и черноземовидный солонец глееватый на пониженном недренированном участке водораздела		
		Чернозем типичный	Черноземовидная глубокооглеенная	Черноземовидная оподзоленная глееватая	Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	Черноземовидный солонец глееватый
2008	Озимая пшеница	44,0±3,6	32,7±2,5	вымочка	Нет данных		
	Яровой ячмень	35±2,5	40±3,6	Нет посева			
	Травы	126±3,2	295±2,8	323±25	109±10	96,6±5,5	55±5
2009	Озимая пшеница	35±2,4	42±3,5	вымочка	53,0±3,6	53,6±4,04	Вымочка
	Травы	160±3,6	340±0,5	350±4,5	106±3,8	Нет данных	
2010	Озимая пшеница	12,0±3,6	2,74±0,5	вымочка	Нет данных		
	Яровой ячмень	13,2±2,4	2,35±0,6	Нет посева	4,97±1,1	1,12±0,4	Нет посева
	Травы	96±2,5	120±0,7	270±1,8	55±1,9	Нет данных	
2011	Яровой ячмень	25,7±9,0	18,8±2,2	38,8±4,7	46±4,8	31,6±10,1	26,7±2,9
	Травы	145±0,7	нет данных	360±3,6	112±5,5	Нет данных	

Верховодка в 2010 г. не образовалась ни в одной из черноземовидных оглеенных почв катены I (рис.25). В почвах катены II весеннего подъема уровня грунтовых вод и поверхностного застоя воды на солонцовом горизонте не наблюдалось (рис.26). Участки солонцов черноземовидных глееватых выделялись на пашне белыми пятнами. Продолжительная засуха лета 2010 г. сопровождались экстремально высокими температурами. Влажность всех почв до глубины 1 м к началу июня опустилась до значений ВРК и оставалась такой до конца вегетационного периода. В черноземе типичном до ВЗ просохли верхние 50 см. В солонце черноземовидном глееватом до ВЗ высох весь гумусовый горизонт, несмотря на то, что грунтовые воды находились на глубине 90 см. В условиях продолжительной почвенной и атмосферной засухи зерновые не дали значительного урожая, и на большей части полей их не убирали. Урожайность многолетних трав на черноземовидной оподзоленной глееватой почве была существенно ниже, чем в предшествующие 2008 и 2009 гг (табл. 7).

Низкая влажность метровой толщи и отсутствие осадков сделали нецелесообразным посев озимых осенью 2010 г. Зима 2011 г. была достаточно многоснежной, однако осадки холодного периода до конца не компенсировали дефицит влаги. В начале вегетационного периода 2011 г. влажность чернозема типичного была ниже, чем в предшествующие годы (рис. 25). Относительно засушливая весна и активный рост яровых культур способствовал к началу мая просыханию до ВРК верхних 30 см, а к середине июня - метровой толщи. Только проливные дожди во второй половине июня способствовали формированию достаточно высокого урожая яровых зерновых (табл. 7). В черноземовидной глубокооглеенной почве весной 2011 г. только верхние 30 см были увлажнены до значений ППВ. Уже к началу июня начал ощущаться дефицит влаги, так как метровая толща просохла до ВРК. В результате урожайность зерновых снизилась на 25% по сравнению с черноземом типичным (табл. 7). Застой верховодки в черноземовидной оподзоленной глееватой почве наблюдался на глубине 70-100 см до середины мая, что позволило распахать часть западины. Последствия весенней засухи на этой почве были менее заметны (рис. 25), а урожайность зерновых - на 50%, многолетних трав - на 150 % выше, чем на черноземе типичном (табл. 7).

Грунтовые воды в почвах катены II в 2011 находились глубже 1,5 м. Но на солонцовых горизонтах наблюдался застой поверхностных вод: в черноземовидной сильносолонцеватой среднеоглеенной почве - до конца мая на глубине 70-100 см, а в солонце черноземовидном глееватом - на глубине 5-30 см до конца июня (рис. 26). В нижней части метровой толщи влажность всех почв второй катены весь вегетационный период была в интервале ВРК-ППВ, до ВРК на глубину 60 см влажность опустилась только к концу июня. Весенняя засуха компенсировалась проливными дождями, начавшимися в конце июня. Лучшая увлажненность определила повышение урожайности яровых зерновых на черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почве на 80%, на черноземовидной сильносолонцеватой среднеоглеенной - на 18 %, по сравнению с черноземом типичным. Даже на солонце черноземовидном глееватом урожайность ячменя была на уровне чернозема типичного

(табл. 7). Урожай зеленой массы многолетних трав, несмотря на хорошую обеспеченность влагой, остался низким.

Таким образом, урожайность зерновых на черноземах типичных юга Тамбовской равнины лимитируется количеством осадков. На черноземовидных глубокооглеенных почвах, формирующихся под влиянием грунтовых вод на глубине 3-4 м и застоя, поверхностных на плужной подошве, во влажные и средние годы наблюдаются вымочки зерновых, в сухие - их урожайность возрастает на 20% по сравнению с черноземом типичным. В черноземовидных оподзоленных глееватых почвах замкнутых депрессиях застой поверхностных вод на плотных нижних горизонтах продолжается 1,5-2 месяцев, за исключением экстремально-сухих лет, что исключает возможность возделывания здесь зерновых культур. Несмотря на неблагоприятные физические свойства, лучшая обеспеченность влагой черноземовидных солонцеватых оглеенных почв определяет возможность получения на них стабильно высоких урожаев зерновых. Только продуктивность солонцов черноземовидных глееватых оставалась низкой вне зависимости от влажности года.

7. ДИАГНОСТИКА СТЕПЕНИ ГИДРОМОРФИЗМА ПОЧВ ПО МОРФОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ, НОВООБРАЗОВАНИЯМ И ХИМИЧЕСКИМ ОСОБЕННОСТЯМ

7.1. Макроморфологические особенности

В «Классификации и диагностике почв СССР» (1977) лугово-черноземные и луговые почвы выделялись по глубине залегания грунтовых вод или продолжительности периодов поверхностного затопления. Фактически при полевых исследованиях отсутствовали надежные морфологические критерии диагностики. При составлении крупномасштабных карт к черноземно-луговым почвам относили почвы понижений и лощин, т.е. если отсутствовали наблюдения за водным режимом, то почвы выделяли по рельефу. Однако, характеризуя почвы Тамбовской низменности, исследователи часто указывают на наличие в их профиле признаков оглеения (Ахтырцев и др., 1981). Е.М. Самойлова (1981), отмечает что луговые и

влажно-луговые почвы, периодически затопляемые с поверхности, имеют явные признаки оглеения – первая в подгумусовом, вторая в гумусовом горизонте. В черноземно-луговых не затопляемых почвах оглеение выражено в виде едва заметных сизоватых пленок по граням структурных отдельностей переходного горизонта. В водоносном горизонте появляются яркие голубые прожилки, охристые пятна, общая сизоватость. Луговые солонцы и солонцеватые черноземные почвы всегда оглеены даже если не затапливаются с поверхности.

Согласно новой «Классификации и диагностике почв России» (2004) название почв должно даваться исключительно по наличию тех или иных диагностических горизонтов. Рассмотрим, как влияет водный режим на строение почвенного профиля почв катены I и II.

Типичные черноземы Окско-Донской почвенной провинции характеризуются мощным гумусовым профилем (80-100 см), темной окраской и зернистой или комковато-зернистой структурой, верхнего горизонта, постепенностью и ясностью границ перехода от одного горизонта к другому, отсутствием каких-то либо признаков глинисто-иллювиальных горизонтов и вскипанием от соляной кислоты на нижней границе гумусовой толщи (Щеглов, 1999). Выбранный нами в качестве контроля чернозем типичный Уваровского района Тамбовской области полностью соответствует данному описанию (рис. 8). Он характеризуется мощным гумусовым горизонтом темно-серого цвета среднезернистой структуры (рис. 7б). Бессменное интенсивное использование почвы в зерновых севооборотах способствовало некоторому распылению структуры пахотного слоя (табл. 8).

По мощности и структуре гумусового горизонта черноземовидная глубокооглеенная почва почти не отличается от чернозема типичного. Бурение показало, что гидрокарбонатно-кальциевые грунтовые воды в ее профиле находятся на глубине 3-4 м. Капиллярная кайма препятствует вертикальной фильтрации и весной эта почва значительно позднее освобождается от влаги, чем чернозем. Поэтому в ее профиле часто образуется плужная подошва глыбисто-призматической структуры мощностью 10-20 см. Участки с плужной подошвой весной долго остаются «мок-

рыми», их невозможно обработать (рис. 8в). Летом они зарастают сорной растительностью (рис. 8а).

В обширные замкнутые депрессии поступает значительное количество склоновых вод (рис. 11а). Грунтовые воды на глубине 2,0-2,5 м препятствуют вертикальной фильтрации поверхностных, ежегодный застой влаги продолжается 1,5-2 месяца. Неблагоприятный водный режим ведет к снижению мощности гумусового горизонта черноземовидной оподзоленной глееватой почвы и изменению его структуры с зернистой на комковато-зернистую (рис. 12д).

Более сильное влияние на структуру и мощность гумусового горизонта оказывают гидрокарбонатно-натриевые грунтовые воды. По сравнению с черноземом типичным мощность гумусового горизонта черноземовидных солонцеватых оглеенных почв катены II снижается на треть (табл. 8, рис. 16д; 31а; 22а). В черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почве весь гумусовый горизонт является надсолонцеватым и сохраняет зернистую структуру до глубины 60 см (рис. 16д), в черноземовидной сильносолонцеватой среднеглеенной почве нижняя часть гумусового горизонта совпадает с солонцовым, структура его изменяется от порошистой в верхних 40 см до призматической - с 40 до 60 см (рис. 21а, б). В солонце черноземовидном глееватом солонцовый горизонт находится на глубине 20-40 см и весь гумусовый горизонт утрачивает зернистую структуру, становясь столбчато-призматическим (рис. 22б). Верхние 5 см осветлены и имеют слоистую структуру (рис. 22г, д). Наличие в профиле очень плотного, во влажном состоянии вязкого водонепроницаемого солонцового горизонта приводит к тому, что весной пахотные горизонты почв катены II длительно остаются переувлажненными, а на солонцах черноземовидных глееватых наблюдаются вымочки сельскохозяйственных культур.

В черноземе типичном карбонатные новообразования появляются с глубины 65 см, локальное вскипание - с 50 см. Карбонатность почвообразующей породы определяет комковатую структуру и высокую водопроницаемость нижних горизонтов. Застой поверхностных вод приводит к вымыванию карбонатов в черноземовидной глубокооглеенной почве - на глубину 90 см, а в черноземовидной опод-

золенной глееватой - на 150 см (табл. 8). Бескарбонатные иллювиальные горизонты уплотняются, приобретая призматическую структуру.

На участке катены II карбонаты появляются на меньшей глубине. В направлении от черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почвы к солонцу черноземовидному глееватому глубина вскипания изменяется от 50 до 20 см (табл. 8). Солонцовый горизонт совпадает с границей появления карбонатов. Подсолонцовый горизонт почв катены II, несмотря на карбонатность, переуплотнен и имеет призматическую структуру.

В рассматриваемом ряду почв только в хорошо дренированном черноземе типичном отсутствуют морфохроматические признаки оглеения (табл. 8). В черноземовидной глубокооглеенной почве сизые пятна появляются с глубины 130 см. Застой воды на плужной подошве наблюдается ранней весной в период с низкими температурами. Под увеличением на поверхности призматических агрегатов видны ржаво-рыжие пятна размером 0,1-0,2 мм. В черноземовидной оподзоленной глееватой почве поверхностный застой влаги продолжается до конца июня, интенсивное оглеение ведет к появлению многочисленных ржаво-рыжих пятен, которые придают пахотному слою буроватую окраску, и к формированию скелетан в нижней части гумусового горизонта (рис. 12е). Сизые пятна оглеения появляются с 60 см (рис. 13б). Вниз по профилю их количество увеличивается до 40%, окраска почвы становится мраморовидной. Оглеение характерно и для карбонатного горизонта (рис. 12з).

В профиле черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого грунтовые воды находятся на глубине 1,2-1,5 м. Поэтому мраморовидный горизонт с пятнами сизой окраски со 105 см характерен для всего ряда почв (табл. 8, рис. 17д). Поверхностный застой влаги на солонцовых горизонтах продолжается от 1-2 недель до 1,5 месяца. Однако высокое содержание органического вещества маскирует признаки оглеения в верхних горизонтах.

Только в солонце черноземовидном глееватом на поверхности образуется осветленная корочка, которая при подсыхании растрескивается на полигоны (рис. 20д,ж) и по всему профилю появляются пятна ожелезнения (рис. 22е).

Таблица 8. Морфологические особенности чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины.

Морфологические особенности	I катена			II катена		
	1.Чернозем типичный	Повышенный слабодренированный участок водораздела		Недренированный пониженный участок водораздела		
		2.Черноземовидная глубокооглеенная	3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	4.Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	6. Солонец черноземовидный глееватый
1	2	3	4	5	6	7
УГВ, м	более 10	3-7	2	1,5 – 2,0	1,2 – 1,5	1,0 – 1,2
Верховодка	нет	20-80 см до середины мая во влажные годы	0-60 см 2-3 месяца, ежегодно	нет	40-60 см 2-3 недели во влажные годы	0-20 см до 1 месяца – ежегодно
Мощность гумусового горизонта, см, цвет	110 ± 12 темно- серый	105 ± 15 темно-серая до черного	80 ± 9 темно-серый, при подсыхании белесый, с поверхности буроватый	70 ± 9 темно-серый	65 ± 7 темно-серый, до черного	75 ± 8 с поверхности белесый, книзу черный
Структура гумусового горизонта	Среднезернистая	Среднезернистая	Комковато-зернистая	Вверху мелкозернистая, внизу мелкопризматическая	Вверху мелкопорошистая, внизу призматическая	Вверху слоеватая, внизу столбчатопризматическая
Глубина вскипания, см	65 ± 5	90 ± 15	150 ± 6	50 ± 7	40 ± 5	20 ± 2
Наличие признаков оподзоливания	нет	нет	Скелетаны на глубине 30-70 см при подсыхании	нет	нет	Кремнеземистая слоеватая корочка на поверхности
Морфохроматические признаки оглеения	нет	Пятна оглеения 5-10 % со 130 см	Пятна оглеения с 80 см 20-40 %, со 110- мраморовидный горизонт	Сизые пятна с 70 см 10-20 %, со 105 см – мраморовидный горизонт	Сизые пятна с 50 см 10-20 %, со 105 см – мраморовидный горизонт	Оглеение с 30 см, со 105 см – мраморовидный горизонт
Признаки солонцеватости	нет	нет	нет	Призматический горизонт на 70-105 см	Глыбисто-призматический горизонт на 65-80 см	Слитой горизонт 20 см, призматический - 20-40 см

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7
Карбонатные конкреции	С 200 см округлые светло бурые 2-3см	Со 120 см, округлые светлые почти Белые 1-2 см	Со 150 см, угловатые сильно изрезанные, буровато-серые 2-3 см	На глубине 40-50 см – редкие плотные, буровато светло-серые однородные округлые 1-2 см, на глубине 70-105 - округлые, слабоуплотненные белые однородные 1-2 см, на глубине 130-150 см многочисленные мелкие менее 1см угловатые светло-бурые двухслойные	На глубине 40-60 см – плотные, буровато-серые, однородные, округлые 2-4 см, на глубине 65-80 - округлые, слабоуплотненные белые однородные, на глубине 130-150 см многочисленные мелкие менее 1 см угловатые светло-бурые двухслойные	На глубине 20-40см – темно-серые, округлые однородные 1-3см, но глубине 40-70 - округлые, слабоуплотненные белые и светло-серые однородные, на глубине 70-130см многочисленные мелкие менее 1см угловатые светло-бурые двухслойные
Mn-Fe (ортштейны)	нет	Округло-угловатые, однородные черные 0,25-1	Округлые бурые 1-3мм	Округлые пятнистые 1-3мм	Округло-угловатые, пятнистые 0,25-2 мм	Угловатые пятнистые, 0,25-2 мм
Неконкреционные карбонатные новообразования	Мицелий из ориентированного призматического кальцита	Пропитка, мучнистые вкрапления	Карбонатные натеки, пропитка и трубочки	Карбонатная пропитка, пятна, трубочки	Карбонатная пропитка, пятна, трубочки	Карбонатная пропитка, пятна, трубочки
Другие новообразования	нет	Мелкие Mn вкрапления с 100 см	Обилие Mn вкраплений с 60 см, сизовато-серые гумусовые кутаны, пятна ожелезнения с 80 см	Редкие Mn вкраплений с 70 см, темно-серые гумусовые кутаны	Редкие Mn вкраплений с 60 см темно-серые гумусовые кутаны, пятна ожелезнения на 65-80 см	Обилие Mn вкраплений с 70 см, сизовато-черные гумусовые кутаны, пятна ожелезнения со 150 см

7.2. Новообразования

В 1970-е, 1980-е гг. XX века проводилось детальное картографирование почвенного покрова юга Тамбовской низменности (Адерихин, Джегерис, 1968; Бугаевский, 1972; Ахтырцев, 1962; Ахтырцев, Адерихин, Кадер, 1975; Самойлова, 1978; Самойлова, Якушевская, 1970). В работах современного периода новообразованиям не уделялось достаточного внимания. Т.И. Попов (1914), Б.П. Ахтырцев и др. (1981), Е.М. Самойлова (1981) отмечали наличие Mn-Fe конкреций в солонцах и почвах западин, но их сведения ограничивались только краткой характеристикой (цвет, размеры) новообразований. Более полные данные о карбонатных конкрециях почв рассматриваемого ряда разной степени оглеения и осолонцевания нам не удавалось обнаружить.

7.2.1. Неконкреционные формы карбонатных новообразований

Для типичных черноземов Окско-Донской провинции в верхней части карбонатно-иллювиального горизонта характерны мицелярные формы карбонатных новообразований, в нижней - сегрегационные (журавчики) (Щеглов, 1999).

В профиле изучаемого чернозема типичного карбонатный мицелий (рис. 7в-д), представлен удлиненными призматическими кристаллами кальцита с хорошо выраженными гранями и острыми ребрами (рис. 7з, и). Его появление свидетельствует о частом глубоком иссушении профиля (Артемьева, 1986). На глубине 60-150 см карбонатный «мицелий» приурочен к крупным порам, корневым ходам, трещинам (рис. 7в). С глубины 150 см вся поверхность педов покрыта сеточкой карбонатного «мицелия» (рис. 7г, д). Размеры кристаллов увеличиваются, что связано с более медленным просыханием нижних горизонтов (Chadwick et al, 1988).

В черноземовидной глубокооглеенной почве, испытывающей постоянное грунтовое увлажнение, данный тип новообразований отсутствует. Вместо карбонатного «мицелия» в зоне капиллярной каймы появляются мучнистые карбонатные вкрапления (рис. 9е), которые окружают карбонатные конкреции. Их граница с вмещающей породой диффузионная. Появление карбонатного ореола вокруг конкреций О.С. Хохлова (2000) связывала с растворением и переотложением карбонатного материала поверхностными водами. На глубине 120-150 см появляются

карбонатные натеки на поверхности педов, что свидетельствует о постоянной высокой влажности нижних горизонтов (Khormali et al, 2004). В нижней оглеенной части профиля количество карбонатных выделений уменьшается, хотя вскипание от HCl и карбонатность почвообразующей породы сохраняются.

В черноземовидной оподзоленной глееватой почве карбонаты вымыты из верхних 150 см. Ниже из-за обилия карбонатных прожилок обводненная почвообразующая порода приобретает пеструю окраску (рис. 12з). По корневым ходам образуются карбонатные трубочки диаметром 2-7 мм, длинной до 15 мм. (рис. 13г). Они сложены плотным мелкозернистым кальцитом, осаждающимся из растворов высокой концентрации при полном заполнением пор водой. Глубина их появления диагностирует уровень грунтовых вод (Овечкин, 1984).

В почвах катены II солонцовый, солонцеватый и иллювиальный горизонты характеризуются карбонатной пропиткой. Ее образование связано с испарением щелочных растворов высокой концентрации (Kubiena, 1938). На верхней границе капиллярной каймы мучнистые карбонатные вкрапления окружают плотные конкреции. Их количество и ожелезненность увеличиваются от черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почвы к солонцу черноземовидному глееватому. На уровне грунтовых вод формируются твердая корочка на поверхности педов и карбонатные трубочки (рис. 18г), сходные с новообразованиями черноземовидной оподзоленной глееватой почвы, из-за которых окраска горизонта Cca,$g^{//}$ становится мраморовидной (рис. 17д).

7.2.2. Карбонатные конкреции

Особенности твердых известковых конкреций лесостепи и степи отражают многолетний режим увлажнения почв (Добровольский, 1956; Македонов, 1966). Поэтому они представляют интерес с генетической и диагностической точек зрения. Их генезис до сих пор считается проблематичным (Герасимова и др., 1992) образование плотных, часто окремневых конкреций объясняют осаждением из истинных или коллоидных растворов (Добровольский, 1956; Македонов, 1966; Парфенова, Ярилова, 1977); формирование белых рыхлых - связывают с трансформацией мучнистой белоглазки (Добровольский, 1956) или пропитки (Лебедева, Овеч-

кин, 1975); угловатых – влиянием жестких гидрокарбонатно-кальциевых грунтовых вод и частой сменой обводнения и иссушения почвенных горизонтов (Зайдельман, Никифорова, 2001). Присутствие журавчиков в почвах с близко расположенными грунтовыми водами или верховодкой свидетельствуют в пользу этих гипотез (Самойлова, 1983; Ковда 2004). Дополнительное поверхностное увлажнение ведет к формированию дифференцированных на оболочку и ядро журавчиков (Лебедева, Овечкин, 1975).

В исследуемом ряду почв представлен широкий спектр карбонатных конкреций (табл. 9). Глубина их появления, количество, форма, строение и окраска зависят от водного режима почв (табл. 17).

В черноземе типичном карбонатные конкреции формируются ниже глубины ежегодного сезонного промачивания, где влажность в течении вегетационного периода менее ВРК. Это определяет однородное строение, округлую форму и ровную поверхность конкреций (рис. 7е, ж). Конкреции сложены крупными удлиненными призматическими кристаллами, их формирование происходит при медленном осаждении кальцита в условиях высокой концентрации солей в почвенном растворе и низком содержании органического вещества (Folk, 1974).

В черноземовидной глубокооглеенной почве мелкие 1-2 см конкреции приурочены к верхней границе капиллярной каймы (рис. 9д; табл. 9). Постоянное воздействие гидрокарбонатно-кальциевых грунтовых вод и пресных поверхностных ведет к переотложению карбонатного материала. Конкреции окружены слоем карбонатной мучнистой пропиткой, а на их поверхности образуются каверны. Конкреции сложены мелкозернистым кальцитом, который образуется при медленном его осаждении (Овечкин, 1984). Мелкие Mn вкрапления в ядре, свидетельствуют о непродолжительном анаэробиозе.

В черноземовидной оподзоленной глееватой почве угловатые карбонатные конкреции фиксируют положение грунтовых вод в начале лета. Ежегодное затопление почвы поверхностными водами 1,5-2 месяца ведет к частичному растворению оболочки конкреций. На ее поверхности образуются глубокие каверны и острые ребра. Растворенный карбонатный материал оседает в этом же горизонте в ви-

де многочисленных карбонатных трубочек (рис. 13з). Резко выражена дифференциация конкреций на плотную оболочку и стекловидное ядро разбитое трещинами (рис. 17ж; табл. 9). Перекристаллизация обусловлена контрастным водным режимом. Оболочка конкреций сложена крупными 0,03-0,05 мм призматическими кристаллами (рис. 13и), внутренняя часть представлена полупрозрачной аморфной (стекловидной) массой (рис. 17ж). Такое строение конкреций свидетельствует об их образовании из грунтовых вод (Wright and Tucker, 1991). Усиление гидроморфизма сопровождается увеличением количества некарбонатного материала: на сколе конкреций образуются крупные диффузионные Mn пятна, оболочка сцементирована с черными Mn-Fe ортштейнами размером до 1 мм, цвет конкреций становится бурым за счет увеличения доли глинистого материала, осаждающегося вместе с карбонатным.

В обширной в литературе (Самойлова, 1981; Ахтырцев и др., 2004; Б.П. Ахтырцев, А.Б. Ахтырцев, 1997 и др.) посвященной солонцеватым почвам Тамбовской области практически нет данных по морфологии и составу карбонатных конкреций. В профиле изучаемых черноземовидных солонцеватых оглеенных почв можно выделить три вида карбонатных конкреции (табл. 17), приуроченных к солонцовому горизонту, капиллярной кайме и зоне изменения уровня грунтовых вод.

Количество, цвет и размеры конкреций солонцового горизонта изменяются с ростом степени солонцеватости черноземовидных оглеенных почв. В черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почве большую часть вегетационного периода влажность солонцового горизонта меньше ППВ, поэтому конкреции имеют незначительные размеры, их количество невелико, поверхность ровная (рис. 18а, б, д, е). В черноземовидной сильносолонцеватой среднеоглеенной почве поверхностный застой влаги на солонцовом горизонте в средние и влажные годы продолжается до середины мая. Размеры новообразований по сравнению с конкрециями слабосолонцеватой почвы увеличиваются, поверхность становится мелкоребристой (рис. 21д-з). В черноземовидном солонце весенний застой влаги до конца июня сменяется резким иссушением. Высокая плотность солонцового горизонта

и интенсивная миграция растворов разной концентрации определяют формирование здесь мелких угловатых плотных пористых конкреций (рис. 23д, е).

Окраска конкреций изменяется от серовато-бурой - в черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почве до темно-серой почти черной - в солонце черноземовидном глееватом (табл. 9). Темную окраску карбонатных конкреций почв семиаридного климата часто связывают с Fe-Mn кутанами. (Sehgal, Stoops, 1972). Считается, что они имеют более солидный возраст по сравнению с белыми конкрециями (Mermut, Dasog, 1986). Однако в черных конкрециях солонцов Mn-Fe кутаны нами не были обнаружены, а мелкие Mn-Fe стяжения встречаются не только в темных, но и в белых конкрециях и не влияют на цвет карбонатного материала.

Конкреции сложены призматическими кристаллами кальцита размером 0,02-0,06 мм, что является индикатором прямого его осаждения, а не перекристаллизации и свидетельствует о современном, а не о реликтовом происхождении карбонатных конкреций солонцов. Размеры кристаллов увеличиваются с усилением контрастности водного режима и концентрации почвенных растворов от конкреций слабосолонцеватой почвы к конкрециям солонца (Dress and Wilding, 1987).

Ниже в зоне капиллярной каймы постоянная влажность определяет формирование однородных округлых конкреций с низкой плотностью и твердостью, сложенных мелкими 0,01 мм призматическими кристаллами. Цвет их преимущественно белый, только в солонце черноземовидном глееватом встречаются светло-серые новообразования (рис. 18в, е; 23ж, з, и). Однородное строение карбонатных конкреций, по мнению О.С. Хохловой и др. (2000), свидетельствует о стабильных условиях их образования.

Верхнюю границу грунтовых вод фиксируют угловатые конкреции с глубокими кавернами, острыми ребрами и стекловидным ядром (рис. 18ж, з; рис. 23к, л).

Эти новообразования отличаются от конкреций в черноземовидной оподзоленной глееватой почве только меньшими размерами.

Важную информацию о происхождении конкреций несут включения некарбонатного материала.

Таблица 9. Характеристика карбонатных конкреций чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого почв юга Тамбовской равнины.

Горизонт, глубина, см	Размеры, форма, цвет	Характер поверхности	Характер скола	Характеристика карбонатного материала	Характеристика некарбонатного материала
1	2	3	4	5	6
Почвы катены I					
1.Чернозем типичный					
Cca 130-200	2-3 см, округлые, светло бурые, плотные	Волнистая, с редкими округлыми порами	Однородный, плотный	Мелкозернистый под увеличением призматические кристаллы	5-10% кварцевые зерна
2.Черноземовидная глубокооглеенная почва					
Bca 105-130	1-2 см, округлые, светло-бурые, плотные	Волнистая, рыхлая с округлыми порами	Ядро темнее и плотнее оболочки, центральная часть разбита с трещинами	Мелкозернистый, под увеличением призмы плохо выражены	Редкие мелкие Mn вкрапления
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая почва					
Cca,g/// 150-170	2-3 см, угловатые, бурые с пятнами ожелезнения, очень плотные	С глубокими кавернами, острыми ребрами, сцементирована с карбонатными трубочками и ортштейнами	Оболочка плотная отделена от ядра трещинами, ядро стекловидное разбито крупными радиальными трещинами	Оболочка мелкозернистая, окружена карбонатной пропиткой ядро аморфное стекловидное	Ортштейны сцементированы с оболочкой, крупные Mn вкрапления в ядре
Почвы катены II					
4.Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная почва					
ABca 37-70	2-3 см, очень плотные, буровато-серые, округло-угловатые	Волнистая, без пор, плотная, окружена слоем карбонатной пропитки	Слабодифференцирован на ядро и оболочку	Зернистый, под увеличением мелкие призматические полупрозрачные кристаллы	На поверхности крупные Fe вкрапления, на сколе – Mn
B1ca,g/ 70-105	1-2 см, округлые, слабо уплотненные светлые почти белые	Ровная с многочисленными мелкими порами	Однородный с мелкими трещинами	Мелкокристаллический, белый	Мелкие Mn вкрапления
B2ca,g/ 105-130	3-4 см, угловатые, плотные, светло-бурые с пятнами ожелезнения	С глубокими кавернами, острыми ребрами, сцементирована с карбонатными трубочками и ортштейнами	Оболочка плотная, отделена от ядра трещинами, ядро стекловидное, разбито крупными радиальными трещинами	Оболочка мелкозернистая, окружена карбонатной пропиткой, ядро аморфное стекловидное	В оболочке – мелкие ортштейны, в ядре - крупные Mn вкрапления

Продолжение таблицы 9.

1	2	3	4	5	6
5.Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная почва					
ABca,g/ 40-65	1-2 см, плотные серые, угловато-округлые	Очень плотная без пор мелкоребристая, окружена слоем ожелезненной карбонатной пропитки	Однородный, стекловидный с темно-серыми прожилками	Крупные призматические полупрозрачные кристаллы	Мелкие Fe-Mn вкрапления
B1ca,g// 65-80	1-2 см, округлые, слабоуплотненные светлые почти белые	Ровная с многочисленными мелкими порами	Однородный с мелкими трещинами	Мелкокристаллический, белый	Мелкие Mn вкрапления
B2ca,g// 80-104	3-4 см, угловатые, плотные, светло-бурые с пятнами ожелезнения	С глубокими кавернами, острыми ребрами, сцементирована с карбонатными трубочками и ортштейнами	Оболочка плотная отделена округлыми трещинами, ядро стекловидное разбито крупными радиальными трещинами	Оболочка мелкозернистая, окружена карбонатной пропиткой, ядро аморфное стекловидное	В оболочке – мелкие ортштейны, в ядре - крупные Mn вкрапления
6.Солонец черноземовидный глееватый					
ABca,g// 40-75	2-3 см, плотные угловатые темно-серые,	Крупнопористая, сцементирована с ортштейнами	Однородный, пористый плотный сцементирован с включениями ортштейнов	Полупрозрачные крупные призматические кристаллы кальцита	Многочисленные Mn и Fe вкрапления
B1ca,g/// 75-110	2-3 см серые и светло-серые, слабоуплотненные угловатые	Ровная с многочисленными мелкими порами	Однородный с мелкими трещинами	Мелкокристаллический, белый	Мелкие Mn вкрапления
B2ca,g/// 110-140	3-4 см, угловатые, плотные, светло-бурые с пятнами ожелезнения	С глубокими кавернами, острыми ребрами, сцементирована с карбонатными трубочками и ортштейнами	Оболочка плотная отделена округлыми трещинами, ядро стекловидное разбито крупными радиальными трещинами	Оболочка мелкозернистая, окружена карбонатной пропиткой, ядро аморфное стекловидное	В оболочке – мелкие ортштейны, в ядре - крупные Mn вкрапления

Окатанные кварцевые зерна встречаются только в конкрециях чернозема типичного, которые приурочены к литологической смене покровной глины пылеватым суглинком. Глинистый материал присутствует в оболочке конкреций, формирующихся на границе грунтовых вод, и придает этим новообразованиям буроватый оттенок. Количество и размеры Mn-Fe ортштейнов сцементированных с карбонатным материалом возрастают с усилением заболоченности почв. Максимальное их количество наблюдается в конкрециях черноземовидных солонцеватых оглеенных почв с близкими гидрокарбонатными грунтовыми водами, капиллярная кайма которых доходит до поверхности почвы.

7.2.3. Химический состав карбонатных конкреций чернозема типичного и черноземовидных оглеенных почв юга Тамбовской равнины

Несмотря на различия в морфологии и широкое географическое распространение химический состав карбонатных конкреций существенно не различается. Это инерпретировалость в качестве доказательства сходного механизма их образования в разных природных зонах (Македонов, 1966; Добровольский, 1956). Было установлено увеличение содержания Mn и Fe в карбонатных конкреций при усилении заболоченности почв (Зайдельман, Никифорова, 2001).

В изучаемом черноземе типичном и черноземовидных оглеенных почвах, карбонатный материал конкреций преимущественно представлен карбонатом кальция. В конкрециях черноземовидных солонцеватых оглеенных почв по сравнению с конкрециями чернозема типичного и черноземовидных оглеенных почв увеличивается содержание Si и Al за счет увеличения доли глинистого материала. Содержание Fe в карбонатных конкрециях приблизительно одинаковое (0,5-0,6%), а содержание Mn с ростом степени оглеения и солонцеватости почв достоверно увеличивается при 95%-м уровне вероятности (Приложение 6), так как в условиях нейтральной среды интенсивность миграции Mn выше, чем Fe. Поэтому соотношение Fe/Mn уменьшается с увеличением периода застоя влаги в почве (табл. 10).

Таблица 10. Химический состав карбонатных конкреций чернозема типичного, черноземовидных оглеенных и черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины.

Почва, разрез	Горизонт	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	TiO_2	P_2O_5	CaO	MgO	Fe/Mn
		%, на прокаленную навеску								
Почвы катены I										
1.Чернозем типичный	Сса	22,4	4,8	0,78	0,07	0,27	0,33	58,4	5,3	11,3
2.Черноземовидная глубокооглеенная	Вса	20,3	2,9	0,73	0,08	0,26	0,30	59,0	5,0	9,1
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	Сса, g///	24,8	14,1	0,82	0,27	0,16	0,36	53,5	1,0	3,0
Почвы катены II										
4. Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	АВса	31,2	17,3	0,55	0,12	0,12	0,29	46,2	0,8	4,6
	В1са,g/	18,4	13,4	0,36	0,20	0,20	0,27	55,6	1,0	4,0
	Сса, g//	27,3	12,6	0,62	0,26	0,24	0,32	55,6	1,0	2.4
5.Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	АВса,g/	34,2	14,0	0,70	0,17	0,14	0,28	44,7	1,2	4,1
6. Солонец черноземовидный глееватый	АВса,g//	36,7	21,1	0,67	0,13	0,20	0,32	39,4	0,9	3,4
	В1са,g///	32,7	16,6	0,57	0,18	0,20	0,33	46,8	0,9	3,1
	Сса,g///	29,2	16,9	0,67	0,35	0,16	0,33	50,0	0,9	1,9

Таблица 11. Фракционный состав органического вещества карбонатных конкреций чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины.

Почва	Горизонт	$C_{об}$ %	$C_{ФК}$, % от $C_{орг}$			$C_{ГК}$, % от $C_{орг}$			$C_{ост}$, % от $C_{орг}$	$\sum C_{ФК}$	$\sum C_{ГК}$	$C_{ГК}/C_{ФК}$
			I	II	III	I	II	III				
Конкреции почв катены I												
1.Чернозем типичный	Сса	0,3	4,9	4,9	22,2	0	2,8	8,9	56,5	32,0	11,6	0,36
2.Черноземовидная глубокооглеенная	Вса	0,5	6,1	4,3	14,2	0	1,2	6,1	68,1	24,6	7,3	0,30
3.Черноземовидная оподзоленная	Сса,g///	0,5	4,4	5,9	14,7	0	1,8	8,8	64,5	25,0	10,6	0,42
Конкреции почв катены II												
4.Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	АВса	0,6	2,7	11,7	10,7	0	2,2	9,1	63,6	25,1	11,3	0,45
5.Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	АВса,g/	0,5	2,2	4,7	11,5	0	2,5	10,5	68,6	18,4	13,0	0,70
	В1са,g/	0,4	2,5	4,9	10,2	0	1,8	9,2	71,3	17,6	11,1	0,63
	В2са,g///	0,5	5,1	2,4	17,1	0	6,3	5,3	63,8	24,6	11,6	0,47
6.Солонец ченоземовидный глееватый	АВса,g//	0,7	3,6	12,3	4,5	7,4	11,2	13,6	47,6	20,4	32,0	1,57
	В1са,g///	0,7	2,5	10,3	8,2	0	3,1	12,0	63.8	21,0	15,1	0,72
	В2са,g///	0,5	2,9	14,9	8,7	0	3,9	13,0	56,6	26,5	16,9	0,64

По сравнению с новообразованиями чернозема типичного в карбонатных конкрециях черноземовидных оглеенных почв общее количество органического вещества возрастает в 1,5 -2 раза (табл. 11). Окраска новообразований определяется его фракционным составом. В светлых белых и светло-бурых конкрециях резко преобладают фульвокислоты, а в темных почти черных - гуминовые. Различия в значениях $C_{гк}$:$C_{фк}$ достоверны при 95%-м уровне вероятности (Приложение 7). Доля нерастворимого остатка велика - 40-60 %.

7.2.4. Ортштейны

Ортштейны представляют собой род круглых или эллипсовидных гладких конкреций (Зайдельман, Никифорова, 2001) и встречаются в почвах разного генезиса (Афанасьева и др., 1974; Бабанин, Карпачевский и др., 1976; Росликова, 1996).

Непременными условиями для их образования является наличие основных конкрециообразующих компонентов и чередование окислительно-восстановительных процессов (Полтева, Соколова, 1967). Сам процесс конкрециообразования – это не что иное, как рост бактериальных колоний, которые при разрастании образуют на поверхности мощные отложения железа и марганца (Афанасьева и др., 1974). Ортштейны служат важным диагностическим признаком, так как подвижность железа и марганца зависит от окислительно-восстановительных условий и от реакции среды (Goton Patrick, 1974 и др.). Для черноземовидных оподзоленных оглеенных и черноземовидных оглеенных почв севера Тамбовской равнины Ф.Р. Зайдельманом и др., (2009) и Л.В. Степанцовой (2012) была предложена система диагностики по Mn-Fe конкрециям. Многие исследователи отмечали наличие ортштейнов в лугово-черноземных (Ахтырцев и др., 1981), черноземно-луговых и луговых почвах юга Окско-Донской равнины (Самойлова, 1981). Однако сведения об их количестве, размерах и внутреннем строении до настоящего времени в литературе отсутствуют. Не оценено и их диагностическое значение.

В рассматриваемом ряду почв Mn-Fe конкреции отсутствуют только в черноземе типичном. Общее количество ортштейнов в почвах юга Тамбовской области невелико 1-2 % в почвах катены I и менее 1% - катены II (табл. 12).

Таблица 12. Фракционный состав ортштейнов черноземовидных оглеенных и черноземовидных солонцеватых оглеенных почв юга Тамбовской области.

Почва, разрез	Горизонт, глубина, см	Массовая доля ортштейнов, %	Содержание фракции в %, размером, мм					
			>3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25
Черноземовидные оглеенные почвы катены I								
2. Черноземовидная глубокооглеенная	Ап 0-20	0,59±0,46	1	14	35	14	33	3
	Апп 20-43	0,14±0,11	6	22	38	14	18	2
	А1 43-60	1,07±0,31	1	19	35	13	31	2
	А1н 60-90	0,08±0,06	3	7	30	20	39	1
	АВса 90-105	1,09±0,38	1	6	46	19	28	1
	Вса 105-130	0,18±0,02	0	5	40	22	28	5
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	Ад 0-20	2,32±0,37	4	22	51	6	16	0
	А1g/ 20-60	2,13±0,21	2	9	54	11	24	0
	А2Bg/ 60-80	1,03±0,74	2	16	53	13	15	1
	В1g// 80-110	1,26±0,25	5	13	55	11	16	1
	В2g/// 110-150	0,11±0,04	4	19	34	18	22	3
Черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы и солонец черноземовидный глееватый катены II								
4. Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	Ад 0-10	0,31±0,05	1	2	13	18	66	1
	А1 10-37	0,47±0,13	5	9	35	13	38	1
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	Ап 0-17	0,89±0,11	1	4	37	17	38	3
	А1g/ 17-40	0,77±0,12	0	3	34	17	46	1
	АВса,g/ 40-65	0,84±0,34	9	30	40	8	12	1
	В1са,g// 65-80	0,34±0,19	6	18	42	12	20	2
6. Солонец черноземовидный глееватый	Апg/ 5-20	0,81±0,14	0	2	37	16	45	1
	Аппg// 20-27	0,76±0,13	5	9	35	16	34	1
	А1са,g/ 27-40	0,83±0,12	2	6	44	13	35	1
	АВса,g// 40-75	0,40±0,09	5	17	44	14	19	2

В рыхлых горизонтах черноземовидной глубокооглеенной и черноземовидной оподзоленной глееватой почв размеры конкреций не превышают 3 мм, а в плотных горизонтах черноземовидных солонцеватых оглеенных почв – 1 мм. Mn-Fe конкреции равномерно распределены по профилю и в нижних горизонтах встречаются одновременно с карбонатными.

Форма Mn-Fe конкреций определяется плотностью и оструктуренностью вмещающего горизонта. В необрабатываемой черноземовидной оподзоленной глееватой почве преобладают ортштейны правильной сферической формы, в более плотных горизонтах черноземовидной глубокооглеенной и черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почвах возрастает количество угловато-округлых конкреций, в очень плотных солонцовых горизонтах черноземовидной сильносолонцеватой среднеглееватой почве и солонце черноземовидном глееватом - угловатых (табл. 13). При визуальном рассмотрении среди Mn-Fe конкреций преобладают черные или буровато-черные вне зависимости от степени оглеения или солонцева-

тости почв. Но при 50-100 кратном увеличении становятся заметные различия в их строении (табл. 13). Конкреции пахотного слоя черноземовидной глубокооглеенной почвы, формирующиеся в условиях кратковременного застоя влаги, имеют седовато-черную окраску из-за большого количества кварцевого материала (рис. 10а, ж, з, и). На сколе количество кварцевого материала по сравнению с поверхностью снижается, окраска становится более темной (рис. 10в, к). В плужной подошве образуются угловатые конкреции, скол которых плотный марганцовистый (рис. 10в). В нижней части гумусового горизонта ортштейны дифференцированы на бурую железистую оболочку и плотное марганцовистое ядро (рис. 10е-к; табл. 13). В иллювиальных горизонтах кроме мелких Mn-Fe конкреций появляются сцементированные конгломераты из ортштейнов (рис. 10г, д).

В черноземовидной оподзоленной глееватой почве с ежегодным застоем влаги до середины лета образуются однородные темно-бурые пористые конкреции (рис. 14а-г; табл. 13). В нижней уплотненной части профиля конкреции дифференцированы на железистую оболочку и марганцовистое плотное ядро. Оболочка рыхлая и имеет светлую охристую окраску (рис. 14д-ж). Образование марганцевого ядра может происходить только при достаточно высокой концентрации элемента в единице объема. Внешняя светлоокрашенная оболочка ортштейнов сильно обогащена глинистыми минералами (Водяницкий, 2003).

В черноземовидных солонцеватых оглеенных почвах катены II с резко контрастными условиями увлажнения формируются конкреции с характерной пятнистой окраской на поверхности и сколе. Она образована чередованием черных марганцовистых участков со светло-бурыми железистыми. С ростом степени солонцеватости почв размеры и количество Fe вкраплений на сколе и поверхности конкреций возрастают (рис. 17е-к; 21в; 23а-г).

Вниз по профилю всех рассматриваемых почв условия аэрации ухудшаются, интенсивная миграция Fe усиливается. На глубине 40-70 см появляются темно-бурые конкреции, ниже 70 см – светло-бурые (табл. 13).

Таблица 13. Макро- и мезоморфологическая характеристика ортштейнов черноземовидных оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины.

Горизонт	Размеры	Форма	Характер		Характеристика материала		
			Поверхности	Скола	железистого	марганцовистого	кварцевого
1	2	3	4	5	6	7	8
2. Черноземовидная глубокооглеенная почва							
Ап 0-20	1-3 мм, преобладают 1-2 мм	Округло-угловатая	Седовато-бурая, мелкозернистая, плотная, без пор	Однородный черный, мелкозернистый с пятнами Fe и Mn	На поверхности 20-40%, на сколе пятна до 0,1мм - 20%	На поверхности 10-20%., на сколе - 20-40%	На поверхности 60-70%, на сколе мелкие зерна 0,01мм.
Апп 20-43	0,5-3 мм, преобладают менее 1 мм	Угловатая	Черная, мелкозернистая, плотная, без пор	Однородный черный, мелкозернистый, с редкими Fe вкраплениями, плотный, без пор	На поверхности зерна 0,02мм 5%, на сколе, пятна 0,015мм до 10%.	На поверхности 40-50%, мелкозернистый, на сколе пятна 0,005мм -70-80%,	На поверхности пятна 0,05-0,02мм - 40%, на сколе 0,005-0,02мм.
А1 43-90	0,5-3 мм, преобладают 1-2 мм	Округлая или слабоугловатая	Пестрая, черная (60-70%), бурая (30-40%), неровная с кавернами	Однородный среднезернистый, пятнистый, с редкими мелкими округлыми порами	На поверхности - до 20-30%, на сколе пятна 0,15мм-40%.	На поверхности - до 30-40%, на сколе пятна 0,15мм - 30%.	На поверхности 70%, на сколе зерна 0,005-0,02мм- 20-30%
АВса 90-105	От 1 до 3 мм	Угловато-округлая	Бурая, по трещинам марганцовистая с кавернами	Дифференцирован на оболочку и черное ядро	На поверхности-60%, на сколе пятна 0,02мм -20-25%.	На поверхности 2-3%, на сколе пятна 0,025мм -60%.	На поверхности 30-40%, на сколе зерна 0,01мм 5-10%
3. Черноземовидная оподзоленная глееватая							
Ад 0-20	От 1 до 3 мм	Округлая	Бурый со светло-бурым, среднезернистая, с порами до 0,02мм	Однородный, пятнистый (бурый со светло-бурым), с трещинами 0,01мм и порами 0,05мм	На поверхности ржавые пятна, 7-10%, на сколе - 60%,	На поверхности - 5%, На сколе в виде прожилок, 10%.	На поверхности – 70-80%, на склоне 20-30%
А1g/ 20-60	От 2 до 4 мм, конгломераты до 5 мм.	Округлая, бугристо-угловатая	Бурая с пятнами ржаво-рыжего и черного, бугристая, плотная, без пор	Однородный с Mn вкраплениями, слабоуплотнен, с округлыми порами до 0,1мм	На поверхности ржаво-рыжий 5-10%, На сколе ржаво-охристый 60-70%,	На поверхности 15-20 %, на сколе до 20% с металлическим блеском	На поверхности – 60-70, на сколе - 10-20%
А2Bg/ 60-80	Преимущественно 1-2 мм.	Округло-угловатая, конгломераты	Пестрая (преобладают бурые и светло-бурые с Mn пятнами и трещинами 0,01мм)	Однородный, пятнистый, зернистый, с порами, 0,01мм.	На поверхности ржаво-рыжий, 40-60%,. На сколе бурый 50%, охристый 30%.	На поверхности и сколе кристаллический до 5%,	На поверхности крупные 0,01мм зерна -5-10%, на сколе - 3-5%

Продолжение таблицы 13.

1	2	3	4	5	6	7	8
4. Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная							
Ад 0-10	0,5 -1 мм	Угловатая.	Бугристая, черная с бурыми пятнами	Однородный, пятнистый. Мелкие 0,02мм поры	На поверхности - 15%. На сколе 10-15%	На поверхности - 70-80%. На сколе 70%.	На поверхности 5-10%, на сколе 10-20
А1 10-37	Преобладают 1-2 мм	Округлая, иногда угловатая	Крупнозернистая черная с бурыми пятнами, плотная, трещины толщиной 0,01мм	Однородный. На черном фоне мелкие ржавые пятна, поры до 0,03мм.	Светло-бурый на поверхности -10-15%, на сколе - 30%, .	На поверхности, - 60-70%, на сколе занимает 50-60%,	5-7% на поверхности, на сколе 1-3%, зерна размером 0,005мм
АВса 37-70	2-3мм, преобладают 2-3 мм	Округлая, иногда угловатая	Крупнозернистая, плотная, пятнистая	Однородный, крупнопятнистый, крупнозернистый, поры до 0,07мм	На поверхности бурые пятна - 70%, на сколе - 30-50%,	На поверхности 20-40%, на сколе 50-60%	На поверхности - не более 5%, на сколе 1-3%
В1са,g/ 70-105	1-4мм. Преобладают 2-3 мм	Преимущественно угловатая.	Бугристая, пятнистая, трещины до 0,005мм	Бурый с крупными пятнами Mn, трещины до 0,02мм.	На поверхности – 30-40%, на сколе - 30-40%.	На поверхности - 25-35%, на сколе - 50-60%	На поверхности - около 10%, на сколе – 3%.
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная							
Ап 0-17	0,5-1,5 мм,	Преимущественно округлая	Крупнозернистая пятнистая	Крупнозернистый, пятнистый.	На поверхности - 50%, на сколе – 40%	30% - на поверхности, 45-50% - на сколе	На поверхности - 7-10%, на сколе – 10-15%
А1 17-40	0,25-1,5 мм, конгломераты	Угловато - округлая	Мелкобугристая, пятнистая	Дифференцирован на пятнистую оболочку Mn ядро.	На поверхность – 10-20%. в ядре 15-20%	В оболочке - 40%, в ядре - 70%	На поверхности. 20%, в ядре - 7-8%
6. Солонец черноземовидный глееватый							
Апg/ 5-20	0,5-3 мм, преобладают 1,5-2 мм	Округлая	Шероховатая, черная, с бурыми пятнами.	Дифференцирован на пятнистую оболочку и ядро.	На поверхности - 15-20%, на сколе в оболочке -30-50%, в ядре отсутствует	На поверхности, 80-90%, на сколе в оболочке 40-50%., в ядре -90%,	На поверхности 5-7%, на сколе менее 10 %,
Аппg// 20-27	0,5-2 мм	Угловато-окрунлая	Шероховатая, плотная, поры до 0,03мм	Пятнистый с трещинами 0,002-0,003мм.	На поверхности - 30%, на сколе пятна 0,03мм 20-30%,	На поверхности - 60-90%, на сколе - 40-60%	На поверхности 10-20%, на сколе – 10-20%,
А1са,g/ 27-40	2-4 мм, преимущественно – 3 мм.	Округлая (окраска пестрая от черных до бурых)	Плотная с кавернами 0,05мм и редкими мелкими порами 0,005мм	Ядро рыхлое с порами и трещинами 0,015мм, оболочка плотная	На поверхности – 20-90%, на сколе – 40%	На поверхности 0-80%, на сколе – 40-50%, кристаллическая	На поверхности 15-20%, на сколе около 10%.

7.2.5. Химический состав ортштейнов черноземовидных оглеенных почв юга Тамбовской равнины

В ортштейнах концентрируются многие элементы, приобретающие подвижность в восстановительных условиях (Зайдельман, Никифорова, 2001). А.В. Македонов (1966) пришел к выводу, что коэффициент накопления железа в ортштейнах изменяется от 2 до 9, марганца - от 37 до 50. Т.В. Аристовская (1980) указывает, что количественные соотношения между Fe и Mn в ортштейнах зависят от видового состава участвующей в формировании конкреций микрофлоры. По данным многих авторов (Зонн, 1982; Никифорова, 1990 и др.) количество железа, извлекаемое разными вытяжками из конкреций, различно и зависит от генезиса почв, почвообразующих пород, размера конкреций и глубины их залегания. В вытяжку Мера-Джексона переходит 43-100% валового содержания железа, в вытяжку Тамма - 16-100%.

Ряд исследователей (Бабанин и др., 1976) предложили использовать ортштейны для характеристики оглеения почв, хотя до сих пор остается спорной их индикационная роль. Одни авторы (Добровольский, Терешина, 1970; Жевелева, 1989; Зайдельман, Оглезнев, 1971; Полтева, Соколова, 1967) утверждают, что состав ортштейнов зависит от условий их образования, состава почвы. Было обнаружено (Зайдельман, Оглезнев, 1971; Zeidelman, 1974), что с нарастанием степени заболоченности почв, образованных на кислых покровных породах, в конкрециях увеличивается содержание железа. По отношению Mn-Fe в 1n серной вытяжке (коэффициент заболоченности) были разработаны критерии для диагностики дерново-подзолистых почв различной степени гидроморфизма (Зайдельман, Никифорова, Санжаров, 1979; Зайдельман, Санжаров, Полонская, 1982; Зайдельман, Никифорова, 1998). Другие исследователи (Русанова и др., 1975; Костенков, 1987) высказывали мнение, что состав конкреций не зависит от степени оглеения почв.

В ортштейнах накапливается значительное количество фосфора (Taylor, Schwertmann, 1974; Schwertmann, Fanning, 1976; Росликова, 1996; Зайдельман и А.С. Никифорова, 2001). Однако особенности его накопления мало изучены. (Стрельченко, 1984, 1987).

Подробно изучен химический состав ортштейнов оглеенных почв севера Тамбовской равнины. Установлено влияние водного режима почв на их валовый состав, содержание различных соединений железа и фракционный состав фосфора. Предложена шкала коэффициента заболоченности (по Зайдельману и Оглезневу), для диагностики черноземовидных оглеенных почв поверхностного и грунтового увлажнения (Зайдельман и др., 2009). Подобные исследования для условий юга Тамбовской равнины не проводились.

Валовой состав Mn-Fe конкреций изучаемых почв представлен в табл. 14. В условиях высокой карбонатности, характерен для почв юга Тамбовской равнины, интенсивность миграции Fe низкая, и коэффициент его накопления в ортштейнах составляет 2-3 независимо от степени заболоченности. Различия не достоверны при 95%-м уровне вероятности (Приложение 8).

Коэффициент накопления фосфора несколько выше в условиях поверхностного заболачивания и кислой реакции почв катены I (3,5-6,5, против 3-3,5 – в черноземовидных солонцеватых оглеенных почв катены II). Содержание фосфора в конкрециях уменьшается вниз по профилю вместе с уменьшением его в мелкоземе. Органические соединения фосфора составляет 5-20% от валового. В конкрециях почв катены I доля «органического» фосфора уменьшается вниз от кислых верхних горизонтов к нейтральным переходным горизонтам, в черноземовидных солонцеватых почвах, напротив, увеличивается от конкреций верхних пахотных слоев к новообразованиям солонцовых горизонтов. В составе минерального фосфора преобладают «активные» соединения (табл. 15). Невысокое содержание 5-20% прочносвязанного фосфора обусловлено мелкими размерами конкреций и свидетельствует о соответствии их современному гидрологическом режиму.

Минимальное содержание прочносвязанного фосфора характерно для ортштейнов пахотных слоев черноземовидных оглеенных почв катены I. Различие по сравнению с ортштейнами черноземовидных солонцеватых оглеенных почв катены II достоверно с 95%-м уровнем вероятности (Приложение 9).

Таблица 14. Валовой химический состав мелкозема и ортштейнов чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины.

Горизонт	Образец	Потери при прокаливании,%	Валовой состав, % на прокаленную навеску							
			SiO_2	Al_2O_3	MnO	Fe_2O_3	CaO	MgO	TiO	P_2O_5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Почвы катены I										
2.Черноземовидная глубокооглеенная почва										
Ап	мелкозем	14,7	75,95	12,24	0,11	4,82	2,11	1,67	0,59	0,37
	ортштейны	14,77	67,69	9,68	1,95	14,78	0,08	0,47	0,31	2,40
	накопление		0,89	0,79	17,7	3,06	0,03	0,28	0,52	6,49
Апп	мелкозем	14,02	74,13	12,84	0,09	4,77	2,72	1,67	0,58	0,35
A1	мелкозем	12,74	76,64	12,44	0,10	4,86	2,73	1,80	0,52	0,35
	ортштейны	14,28	67,80	11,10	3,30	15,02	0,29	0,23	0,25	1,29
	накопление		0,88	0,89	33,0	3,09	0,11	0,13	0,48	3,68
ABca	мелкозем	13,21	74,38	12,05	0,09	4,77	5,70	1,28	0,42	0,35
	ортштейны	12,01	66,25	11,50	4,18	13,90	0,44	0,21	0,21	0,89
	накопление		0,89	0,95	46,40	2,90	0,08	0,16	0,50	2,54
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая почва										
Ад	мелкозем	11,31	75,66	10,79	0,16	4,44	2,32	1,26	0,63	0,43
	ортштейны	13,18	69,92	9,94	1,33	12,45	0,19	0,54	0,29	1,96
	накопление		0,92	0,92	8,31	2,80	0,08	0,43	0,46	4,56
A1g/	мелкозем	10,44	75,39	11,70	0,14	4,76	2,10	1,42	0,74	0,35
	ортштейны	12,58	66,28	10,73	3,11	12,80	0,11	0,38	0,34	1,17
	накопление		0,88	0,92	22.21	2.69	0,05	0,27	0,46	3,34
A2Bg/	мелкозем	9,46	75,30	12,01	0,12	5,45	2,05	1,73	0,58	0,23
	ортштейны	11,95	69,27	9,19	3,41	10,37	0,07	0,38	0,23	0,83
	накопление		0,92	0,77	28,42	1,90	0,03	0,22	0,39	3,61
B1g//	мелкозем	8,09	73,59	12,26	0,09	5,41	1,75	1,60	0,63	0,19
	ортштейны	12,37	78,36	9,42	3,36	9,24	0,92	0,27	0,32	1,35
	накопление		1,06	0,77	37,3	1,71	0,53	0,17	0,50	7,11
Почвы катены II										
4. Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная почва										
Ад	мелкозем	12,46	77,96	11,30	0,15	4,70	2,62	1,47	0,58	0,39
	ортштейны	11,59	72,00	8,18	2,38	10,91	0,04	0,36	0,26	1,19
	накопление		0,92	0,72	15,86	2,32	0,02	0,24	0,40	3,05

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A1	мелкозем	12,38	76,31	11,40	0,14	4,75	2,95	1,19	0,66	0,36
	ортштейны	12,99	69,80	9,41	3,64	13,90	0,25	0,40	0,27	1,24
	накопление		0,91	0,82	26,00	2,92	0,08	0,34	0,40	3,44
ABca	мелкозем	8,57	74,58	12,78	0,10	5,39	2,34	1,89	0,49	0,22
	ортштейны	16,84	64,89	12,05	5,56	13,00	0,78	0,27	0,21	0,98
	накопление		0,87	0,94	55,6	2,41	0,33	0,14	0,43	4,45
B1ca,g/	мелкозем	7,47	75,21	12,26	0,12	5,22	2,41	1,82	0,48	0,2
	ортштейны	14,29	74,95	8,80	6,77	10,80	0,20	0,46	0,20	0,65
	накопление		0,99	0,72	56,4	2,07	0,08	0,25	0,42	3,25
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная почва										
Ап	Мелкозем	14,47	77,26	11,68	0,10	4,40	2,59	1,67	0,56	0,35
	Ортштейны	11,69	75,00	8,77	4,21	9,60	0,24	0,24	0,32	1,23
	Накопление		0,97	0,75	42,1	2,18	0,09	0,14	0,57	3,51
A1g/	Мелкозем	12,23	77,04	11,32	0,10	4,50	2,39	1,87	0,54	0,24
	Ортштейны	14	67,92	11,02	4,08	11,82	0,46	0,46	0,23	0,74
	Накопление		0,88	0,97	40,8	2,62	0,19	0,25	0,43	3,08
6. Солонец черноземовидный глееватый										
Корочка	Мелкозем	11,01	75,82	9,64	0,14	4,41	2,96	1,34	0,72	0,27
Апg/	Мелкозем	10,7	76,59	10,86	0,16	5,35	2,34	1,78	0,73	0,36
	Ортштейны	13,79	67,22	9,57	5,04	12,84	0,26	0,30	0,18	1,13
	Накопление		0,88	0,88	31,50	2,40	0,11	0,17	0,25	3,14
Аппg//	ортштейны	13,09	71,97	9,03	5,32	14,22	0,16	0,25	0,27	1,09
A1ca,g//	мелкозем	10,07	73,83	10,27	0,15	7,06	3,19	1,81	0,71	0,26
	ортштейны	13,01	62,82	10,00	4,61	13,47	0,39	0,38	0,25	1,06
	накопление		0,85	0,97	30,7	1,90	0,12	0,21	0,35	4,07
ABca,g//	мелкозем	8,67	72,41	12,28	0,11	5,27	2,66	1,67	0,69	0,23
	ортштейны	15,94	68,81	10,11	3,70	11,93	0,88	0,42	0,22	0,75
	накопление		0,95	0,82	33,6	2,26	0,33	0,25	0,32	3,26

Таблица 15. Фракционный состав фосфора ортштейнов черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины, мг/100г почвы.

Горизонт	Валовое содержание	Активный минеральный фосфор						Органический	Прочносвязанный	Ракт/ Рпроч
		Ca-PI	Ca-PII	Al-P	Fe-P	Ca-PIII	Сумма			
Почвы катены I										
2. Конкреции черноземовидной глубокооглеенной почвы										
Ап	2,25	0,7	3,2	1,2	59,8	10,9	75,8	18,8	5,4	14,08
A1	1,11	1,0	5,3	1,2	51,2	17,2	75,9	11,9	12,2	6,21
ABca	0,69	2,1	7,9	0,6	32,5	13,2	56,3	22,9	20,8	2,70
3. Конкреции черноземовидной оподзоленной глееватой почвы										
Ад	2,27	1,4	3,2	1,1	67,8	11,4	84,8	8,6	6,7	12,74
A1g/	1,27	2,0	4,2	0,9	49,8	14,9	71,9	11,6	16,5	4,36
A2Bg/	0,86	3,0	5,2	0,6	34,5	11,3	54,7	15,4	29,8	1,84
Почвы катены II										
4. Конкреции черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почвы										
Ад	1,27	4,3	7,9	0,2	40,9	14,9	68,1	6,4	25,5	2,67
A1	1,21	4,7	11,9	1,1	41,1	18,7	77,6	6,7	15,7	4,94
ABca	0,42	0,3	21,3	0,3	31,6	11,0	64,4	10,1	25,5	2,52
5. Конкреции черноземовидной сильносолонцеватой среднеоглеенной почвы										
Ап	0,89	5,8	9,9	0,8	32,3	17,7	66,6	5,0	28,5	2,34
A1g/	0,61	3,6	8,8	0,1	29,7	16,1	58,3	20,3	21,5	2,72
6. Конкреции солонца черноземовидного глееватого										
Апg/	1,18	3,4	10,1	0,9	43,3	18,8	76,4	1,1	22,4	3,40
Аппg//	1,00	2,8	14,7	0,6	26,3	20,4	64,9	9,8	25,3	2,57
A1ca,g//	1,12	2,6	10,0	0,7	40,1	19,2	72,7	5,1	22,2	3,27
ABca,g//	0,57	0,0	18,4	0,4	24,3	14,5	57,5	20,0	22,5	2,55

Темная окраска конкреций обусловлена высоким содержанием Mn, коэффициент накопления которого в пахотном слое изменяется от 8 до 17 - при поверхностном увлажнении и от 15 до 42 - при грунтовом.

Содержание кремния в ортштейнах несколько ниже, чем в мелкоземе ($Кн_{Si}$ = 0,7 – 0,9). Алюминий и титан также не накапливаются в конкрециях ($Кн_{Al}$= 0,7 – 0,8; $Кн_{Ti}$= 0,4 - 0,6). Наиболее низкие коэффициенты накопления кальция (менее 0,1) характерны для ортштейнов черноземовидных оглеенных почв катены I, и 0,3-0,5 для ортштейнов солонца черноземовидного глееватого и черноземовидных солонцеватых оглеенных почв катены II.

Валовое соотношение Mn-Fe ортштейнов в пахотном слое выше при поверхностном заболачивании, чем при грунтовом. Различия достоверны при 95%-м уровне вероятности (Приложение 8).

Таблица 16. Содержание различных форм соединений марганца и железа в ортштейнах черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины (на прокаленную навеску), мг/100г почвы.

Горизонт	Валовое содержание			Содержание компонента из вытяжки, мг/100г ортштейнов							Fe_o/Fe_d
				Пирофосфат-ная вытяжка	Оксалатная вытяжка (Тамма)			Дитионит-цитратная вытяжка (Мера-Джексона)			
	Fe	Mn	Fe/ Mn	Fe	Fe	Mn	Fe/ Mn	Fe	Mn	Fe/ Mn	
2.Конкреции черноземовидной глубокооглеенной почвы											
Ап	14786	1950	7,58	128/0,8	5061/34,2	1560/80,0	3,24	7650/51,7	1806/92,6	4,23	0,66
A1	15027	3307	4,54	92/0,6	4424/29,4	2270/68,6	1,94	7002/46,5	2389/72,2	2,93	0,63
ABca	13909	4181	3,32	27/0,1	3603/25,9	2631/62,9	1,36	5312/38,1	4120/98,5	1,28	0,68
3.Конкреции черноземовидной оподзоленной глееватой почвы											
Ад	12452	1330	9,36	106/0,8	4033/32,3	1204/90,5	3,34	5802/46,5	1203/90,4	4,8	0,50
A1g/	12810	3116	4,11	120/0,9	3795/29,6	2548/81,7	1,48	6378/49,7	2549/81,8	2,5	0,50
A2Bg/	10374	3413	3,03	53/0,5	3084/29,7	2506/73,4	1,23	5567/53,6	2671/78,2	2,0	0,55
4. Конкреции черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почвы											
Ад	10914	2384	4,57	144/1,3	3719/34,1	1702/71,4	2,18	6378/58,4	1921/80,5	3,32	0,58
A1	13908	3644	3,81	74/0,5	3418/24,6	2558/70,2	1,3	7966/55,1	2552/70,0	3,12	0,42
ABca	13000	5566	2,33	169/1,3	1646/12,7	3176/57,1	0,5	6350/48,8	3178/57,1	1,99	0,25
5. Конкреции черноземовидной сильносолонцеватой среднеоглеенной почвы											
Ап	10642	3967	2,68	33/0,3	2853/26,8	1160/29,2	2,5	3880/36,4	2195/55,3	1,76	0,73
A1g/	9608	4290	2,23	110/1,1	2949/30,6	2693/62,7	1,1	4867/50,6	2691/62,7	1,80	0,60
ABcag/	11825	4085	2,89	66/0,5	3492/29,5	3730/91,3	0,9	5845/49,4	3361/82,2	1,74	0,59
6. Конкреции солонца черноземовидного глееватого											
Апg/	12846	5043	2,54	89/0,6	3748/26,8	2421/48,0	1,5	7233/56,3	2482/49,2	2,91	0,52
Аппg//	14226	5326	2,67	164/1,2	3508/24,6	3074/57,7	1,1	5972/41,9	3071/57,6	1,94	0,58
A1ca,g//	13470	4612	2,92	138/1,0	3679/27,3	2558/55,5	1,4	7359/54,6	4240/91,9	1,74	0,49
ABca,g//	11936	3708	3,21	52/0,4	1991/16,7	2410/64,9	0,8	5855/49,0	2895/78,0	2,02	0,34

-* в числителе мг на 100г прокаленной почвы, ** в знаменателе % от вала.

Отношение Fe/Mn в вытяжках Баскомба, Тамма и Мэра-Джексона характеризуется такими же закономерностями, что и валовое содержание этих элементов. Следует отметить, что окислы железа в ортштейнах находятся в труднорастворимой форме. Так в оксалатную вытяжку переходит только 30% железа от валового содержания, а в дитионит-цитратную 40-50%, в то время как по марганцу эти показатели составляют 70-80% и 80-90% соответственно (табл. 16).

7.2.6. Диагностическое значение твердых конкреционных новообразований чернозема типичного и черноземовидных оглеенных почв юга Тамбовской равнины

Широкий спектр карбонатных конкреций и Mn-Fe ортштейнов, их тесная связь с гидрологическим режимом и агроэкологическими особенностями в черноземных оглеенных почвах юга Тамбовской области определяют диагностическое значение конкреционных новообразований (табл. 17).

Форма, размеры, строение и окраска карбонатных конкреций обусловлены современными гидрологическими условиями. Однородные округлые конкреции чернозема типичного формируются ниже зоны ежегодного промачивания; угловато-округлые слабодифференцированные в черноземовидной оглеенной почве - на верхней границе капиллярной каймы, однородные слабоуплотненные в зоне ее влияния. Угловатые плотные конкреции с глубокими кавернами, острыми ребрами и стекловидным ядром фиксирует уровень грунтовых вод. Серые и темно-серые плотные конкреции приурочены к солонцовому горизонту.

Окраска карбонатных конкреций определяется органическим веществом и глинистым материалом. Содержание органического вещества, возрастает от 0,5% - в конкрециях чернозема типичного до 2,0% - в новообразованиях черноземовидных оглеенных почв. При заболачивании атмосферными водами в составе органического вещества преобладают фульвокислоты и конкреции сохраняют светлый цвет. При заболачивании гидрокарбонатно-натриевыми водами увеличивается доля гуминовых кислот и окраска конкреций изменяется от светло-серой - в черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почве до темно-серой - в черноземо-

видном солонце глееватом. Высокое содержание глинистого материала определяет бурую окраску конкреций, фиксирующих уровень грунтовых вод.

По сравнению с конкрециями чернозема типичного в карбонатных конкрециях черноземовидных оглеенных почв возрастает доля глинистого материала, Fe и резко - Mn. В условиях нейтральной среды интенсивность миграции Mn выше, поэтому отношение Fe/Mn уменьшается с ростом степени гидроморфизма - при поверхностном заболачивании и с ростом степени солонцеватости - при грунтовом.

В черноземовидных почвах юга Тамбовской равнины, Mn-Fe конкреции отсутствуют только в профиле чернозема типичного. Их количество составляет 1-2% - при заболачивании поверхностными и 0,5-1% - гидрокарбонатно-натриевыми грунтовыми водами. Размеры ортштейнов не превышают 1-3 мм. В рыхлых пахотных горизонтах формируются Mn-Fe конкреции правильной сферической формы, в более плотной плужной подошве и переходных горизонтах - округло-угловатые, в очень плотных солонцеватых – угловатые. Цвет конкреций пахотных горизонтов темно-бурый или черный, обусловлен высоким содержанием Mn, вниз по профилю условия аэрации ухудшаются и кроме черных появляются темно-бурые и светло-бурые новообразования.

Строение ортштейнов пахотного горизонта (при 40-50-ти кратном увеличении) определяется условиями их образования: при кратковременном весеннем застое влаги (2-3 недели) в черноземовидной глубокооглеенной почве формируются плотные конкреции с темно-бурой оболочкой и черным марганцовистым ядром, при застое влаги 2-3 месяца в черноземовидной оподзоленной глееватой почве образуются однородные бурые пористые ортштейны, чередование застоя влаги и иссушения до ВЗ ведет к появлению в профиле черноземовидных солонцеватых оглеенных почв конкреций с пятнистой окраской на сколе и поверхности. В ортштейнах преимущественно накапливается Mn. ($Кн_{Mn}$ - 8-35 для новообразований черноземовидных оглеенных почв катены I и 30-40 – для конкреций черноземовидных солонцеватых оглеенных почв катены II). $Кн_{Fe}$ - одинаков для всех почв - 2-3. $Кн_{P}$ - 4-6. Среди минеральных соединений фосфора преобладают «активные» формы, содержание «органического» не более 20-25%.

Характерна низкая растворимость соединений Fe. В оксалатную вытяжку переходит до 30% его валового содержания, а в дитионит-цитратную - 40-55%, Mn - соответственно 40-80% и 50-90%. Отношение Fe/Mn валового состава и в вытяжках Баскомба, Тамма и Мера-Джексона выше в конкрециях почв заболоченных поверхностными водами, чем в новообразованиях почв солонцового комплекса.

Сопоставление макро и мезоморфологических особенностей карбонатных и Mn-Fe конкреций с многолетним гидрологическим режимом почвы и продуктивностью зерновых культур в годы различной влагообеспеченности позволяет предложить следующую систему агропроизводственной и мелиоративной диагностики черноземных почв юга Тамбовской равнины (табл. 17)

1. Чернозем типичный диагностируется по наличию однородных светлых округлых карбонатных конкреций глубже 2 м и отсутствию ортштейнов в горизонтах почвенного профиля. Водный режим характеризуется дефицитом влаги, грунтовые воды находятся глубже 10 м. Возможно любое сельскохозяйственное использование. Для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур необходимы мероприятия по накоплению влаги в почве (чистые пары, снегозадержание, орошение).

2. Черноземовидная глубокооглеенная почва характеризуется наличием в профиле угловато-округлых двухслойных конкреций на верхней границе капиллярной каймы (60-70 см) и черных плотных округлых ортштейнов в пахотном горизонте. В средние и влажные годы застой поверхностных вод в верхнем метре продолжается 2-3 недели, грунтовые воды находятся на глубине 3-5 м. Без дренажа эти почвы можно использовать под полевые культуры и залужение. Для улучшения водного режима необходимо введение сидеральных паров и посевов многолетних трав.

3. В черноземовидной оподзоленной глееватой почве формируются угловатые карбонатные конкреции с кавернами и острыми ребрами на верхней границе грунтовых вод (150 см) и пористые однородные бурые Mn-Fe ортштейны в пахотном горизонте.

Таблица 17. Диагностическое значение карбонатных и Mn-Fe конкреций чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины, для диагностики элементов гидрологического режима.

Глубина грунтовых вод, м	Продолжительность застоя влаги в гумусовом горизонте	Продуктивность озимых, зерновых культур (по сравнению с черноземом типичным)	Карбонатные конкреции				Ортштейны горизонта Ап	
			Горизонт, глубина, см	Морфологическое описание и характеристика под увеличением	Диагностическое значение	Mn/Fe	Морфологическое описание и характеристика под увеличением	Диагностическое значение
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Почвы катены I								
1. Чернозем типичный								
Более 10	Отсутствует	Во влажные и средние годы 35-45 ц/га, в сухие снижение на 30-70%	Сса 200 - 250	2-3 см, округлые, светло-бурые, плотные, однородные, сложены призматическими кристаллами, 5-10 % зерна кварца	Глубина ежегодного промачивания	11,2	Отсутствуют	
2.Черноземовидная глубокооглеенная								
3-7	Во влажные годы 1-2 недели	Во влажные годы снижение на 20-30 %, в сухие повышение на 30-40%	Вса 120-150	1-2 см, округлые, светло-бурые, темное аморфное ядро с трещинами и мелкозернистая оболочка, с Mn вкрапления	Верхняя граница капиллярной каймы	9,1	1-3 мм угловато-округлые, черные, темно-бурая оболочка и Mn ядро	Застой влаги 1-2 недели
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая								
2-3	В средние годы до 1.5-2 месяцев	За исключением сухих лет, вымочки	Сса,g/// 150-200	2-3 см, угловатые бурые с острыми ребрами и кавернами, мелкозернистая оболочка с Mn вкраплениями и стекловидное ядро.	Положение уровня грунтовых вод	4,2	2-3 мм темно-бурые, округлые. пористые, однородные.	Застой влаги 1,5-2 месяца
Почвы катены II								
4. Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная								
1,5-2,0	Во влажные годы 1-2 недели	Во влажные годы такая же как и на черноземе типичном, в средние повышение на 40-50%, в сухие в 3 раза	АВса 37-70	2-3 см, угловатые, буровато-серые, плотные, однородные, Fe и Mn вкрапления, сложены призматическими кристаллами.	Солонцеватый горизонт	4,6	Менее 1мм, темно-бурые, угловатые. Под увеличением окраска пятнистая (черная со светло-бурыми пятнами)	Солонцеватость почв, весенний застой влаги
			В1са,g/ 70-105	1-2 см, округлые, белые, слабоуплотненные, однородные, мелкопористые, мелкокристаллические	Капиллярная кайма	3,9		
			В2са,g/ 105-130	Менее 1см угловатые, бурые, плотные с острыми ребрами, плотная оболочка с ортштейнами и стекловидное ядро	Положение уровня грунтовых	2,4		

					вод			

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная								
1,2-1,5	Во влажные и средние годы застой влаги до 3-4 недель	Во влажные годы такая же как и на типичном черноземе, в средние повышение на 40-50%, в сухие - в 3 раза	Авса,g/ 40-65	1-3 см, угловато-округлые, светло-серые с темно-серыми прожилками, плотные, мелкоребристые, сложены крупными призматическими кристаллами.	Солонцовый горизонт	4,1	Менее 1 мм, темно-бурые, угловатые. Под увеличением окраска пятнистая (черная со светло-бурыми пятнами)	Солонцеватость почв, весенний застой влаги
			В1са,g// 65-80	1-2 см, округлые, белые, слабоуплотненные, однородные, мелкопористые мелкокристаллические	Капиллярная кайма	3,5		
			В2са,g// 80-104	Менее 1 см угловатые, бурые, плотные с острыми ребрами, плотная оболочка с ортштейнами и стекловидное ядро	Положение уровня грунтовых вод	2,2		
6. Солонец черноземовидный глееватый								
1,0-1,2	Ежегодный поверхностный застой влаги	Ежегодные вымочки	АВса,g// 40-75	1-2 см, угловато-округлые, темно-серые, однородные, пористые, с вкраплениями ортштейнов, Mn и Fe, сложены крупными призматическими кристаллами	Солонцовый горизонт	3,4	Менее 1 мм, темно-бурые, угловатые. Под увеличением окраска пятнистая (черная со светло-бурыми пятнами)	Солонцеватость почв, весенний застой влаги
			В1са,g/// 75-110	2-3 см, угловато-округлые, серые и светло-серые, слабоуплотненные, однородные, мелкопористые, мелкокристаллические	Капиллярная кайма	3,2		
			В2са,g/// 110-140	Менее 1 см угловатые, бурые, плотные с острыми ребрами, плотная оболочка с ортштейнами и стекловидное ядро	Положение уровня грунтовых вод	2,0		

Водный режим определяется грунтовыми водами на глубине 2-2,5 м и ежегодным застоем поверхностных вод в верхних горизонтах до 1,5-2 месяцев. Эти почвы без дренажа можно использовать только под залужение, с дренажом – возможно, любое использование.

4. Черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы диагностируются присутствием в их профиле трех видов карбонатных конкреций: бурые плотные однородные - в солонцовом горизонте (60-80 см), белые слабоуплотненные - в зоне капиллярной каймы (80-150 см), угловатые с кавернами и острыми ребрами - на границе грунтовых вод (150-180 см) и угловатые ортштейны пятнистой окраски (черные со светло- бурыми пятнами) в пахотном горизонте. Грунтовые воды находятся на глубине 1,5-2 м, во влажные и средние годы застой поверхностных вод на солонцовом горизонте продолжается 1-2 недели. Почвы можно использовать под полевые культуры, выдерживающие слабощелочную реакцию (пшеница, ячмень, сахарная свекла). Под сады почвы непригодны.

5. Солонец черноземовидный глееватый, характеризуется наличием черных угловатых карбонатных конкреций на глубине 20-60 см, светло-серых – на глубине 60-100 см, угловатых - на глубине 100-120 см и угловатых ортштейнов пятнистой окраски (светло-бурые с черными пятнами) в пахотном горизонте. Грунтовые воды находятся на глубине 1,0-1,5 м, наблюдается ежегодное поверхностное затопление 3-4 недели. Из-за постоянных вымочек почвы лучше исключить из севооборотов, в настоящее время проведение мелиорации нецелесообразно, так как их доля в посевных площадях менее 1%.

7.2.7. Марганцевые и железистые вкрапления

Соединения Mn^{2+} образуется при снижении Eh до значений менее 400 мВ (Савич и др., 2004). Ф.Р. Зайдельман и А.С. Никифорова (2001) отмечали, что эти новообразования характерны для начальной стадии гидроморфизма, когда наблюдается кратковременное небольшое снижение окислительно-восстановительного потенциала. При более глубоких восстановительных условиях марганцевые новообразования тускнеют и маскируются железистыми натеками.

На севере Тамбовской равнины появление мелких 1-2 мм марганцевые вкраплений в черноземовидной глубокооглеенной почве является надежным диагностическим показателем кратковременного весеннего застоя верховодки, и позволяют отличать черноземовидные глубокооглеенные почвы от черноземов выщелоченных. С ростом степени гидроморфизма черноземовидных оглеенных почв количество и размеры марганцевых конкреций возрастают. Железистые вкрапления, натеки и пятна появляются только длительно-затопляемых черноземовидных глеевых почвах (Степанцова, 2012).

В профиле изучаемых черноземов типичных юга Тамбовской равнины марганцевые новообразования отсутствуют. Но они появляются во всех черноземовидных оглеенных почвах катены I и в черноземовидных солонцеватых оглеенных почвах катены II (табл. 8). С увеличением продолжительности застоя влаги размер и количество Mn вкраплений возрастают. В черноземовидной глубокооглеенной почве эти новообразования образуют только единичные вкрапления и их диаметр не превышают 2-3 мм (рис. 9ж), в черноземовидной оподзоленной глееватой почве вся поверхность педов горизонта B2g приобретает пятнистую окраску, а размер Mn вкраплений возрастает до 5-15 мм (рис. 12ж). Под увеличением эти новообразования имеют металлический блеск и натечную форму, цвет их изменяется от черного до малиново-черного (рис. 13а).

В черноземовидных солонцеватых оглеенных почвах катены II марганцевые вкрапления встречаются одновременно с карбонатными (рис. 22ж, з). Размеры их в плотных подсолонцовых горизонтах не превышают 2-3 мм, они имеют зернистую структуру, матовый блеск и тускло-черный цвет (рис. 17в, г; 22ж, з).

Многочисленны марганцевые диффузионные пятна на сколе угловатых карбонатных конкреций, формирующихся на верхней границе грунтовых вод в почвах катен I и II (рис. 13ж; 18з; 23л).

Пятна ожелезнения появляются только в той части профиля, где продолжительность застоя влаги в весенний период более 1 месяца. В черноземовидной оподзоленной глееватой почве их максимум приурочен к пахотному горизонту, в черноземовидных солонцеватых оглеенных почвах - к верхней границе солонцо-

вых горизонтов. В черноземовидной сильносолонцеватой слабооглеенной почве ожелезненные карбонатные мучнистые вкрапления окружают темные буровато-серые конкреции солонцеватого горизонта. В солонце черноземовидном глееватом поверхность агрегатов солонцового горизонта под увеличением пятнистая из-за обилия ржавых вкраплений (рис. 22е).

7.2.8. Скелетаны, глинистые и гумусово-глинистые кутаны

Кутаны - это натечные глинистые новообразования, свойственные почвам, в профиле которых выражен иллювиальный процесс (Зайдельман, Никифорова, 2001). Впервые эти новообразования были изучены В.В. Геммерлингом (1922) и С.С. Морозовым (1938). В трудах этих авторов они получили название «корочек», в работах других исследователей – «глинистые натеки» (Минашина, 1958). Термин «кутаны» предложил R. Brewer (1964). Имеется значительное количество публикаций, рассматривающих морфологию, состав, диагностическое и классификационное значение этих новообразований (Геммерлинг, 1922; Морозов, 1938; Brewer, 1964; Добровольский, Шоба, 1978; Таргульян и др., 1974; Русанова и др., 1978; Зайдельман и др., 1979; Зайдельман, Никифорова, 2001). Скелетаны образуются за счет вымывания илистого вещества (Таргульян и др., 1974).

Присутствие гумуса в кутанах диагностируется уже при макроморфологическом описании профиля по цветовым характеристикам: темно-бурой, шоколадной, серо-бурой окраске (Зайдельман, Никифорова, 2001). Однако нередко глинистые кутаны, не имеющие серых и бурых тонов в окраске, обнаруживают весьма существенное содержание органического углерода при химическом анализе. Это связано с фульватным характером гумуса кутан (Бронникова, Таргульян, 2005).

Исследованиями Ф.Р. Зайдельманом и др. (1974, 1982, 1987, 1992) было положено начало изучению кутан почв катен таежно-лесной зоны европейской части России, приуроченных к разнообразным почвообразующим породам. Ф.Р. Зайдельман и А.С. Никифорова (2001) подчеркивали важное диагностическое значение кутан в оценке гидрологического режима почвы, так как они приурочены к

трещинам, где почвообразовательные процессы реализуются с наибольшей интенсивностью.

На севере Тамбовской равнины скелетаны и кутаны широко представлены в профиле черноземовидных оподзоленных и подзолистых оглеенных почв поверхностного увлажнения, а в выщелоченном черноземе и почвах грунтового заболачивания они отсутствуют (Степанцова, 2012).

В подзоне южной лесостепи в профиле старопахотных черноземов в горизонте АВ и В исследователи иногда отмечают появление пылевато-глинистых гумусовых пленочных образований на поверхности педов (Щеглов, 1999). Для лугово-черноземных почв, особенно солонцеватых и луговых солонцов юга Тамбовской равнины натечные гумусовые образования характерны всегда (Самойлова 1981; Ахтырцев и др. 1981).Однако в профиле изучаемого чернозема типичного данные новообразования нами обнаружены не были.

В черноземовидных оглеенных и черноземовидных солонцеватых оглеенных почвах глинистые и гумусовые кутаны присутствуют всегда и их количество возрастает с ростом степени гидроморфизма. Цвет их определяется химическим составом и продолжительностью застаивания верховодки или грунтовых вод в профиле (табл. 8).

Таблица 18. Фракционный состав органического вещества гумусовых кутан черноземовидной оподзоленной глееватой, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины (среднее по 3-м повторностям).

Почва	Горизонт	С об %	$С_{ФК}$, % от Сорг			$С_{ГК}$, % от Сорг			С ост, % от Сорг	$\sum С_{ФК}$	$\sum С_{ГК}$	$С_{ГК}/С_{ФК}$
			I	II	III	I	II	III				
Кутаны почв катены I												
Черноземовидная оподзоленная глееватая	B1g//	0,6	6,2	4,0	14,9	2,2	6,0	6,6	60,1	25,1	14,8	0,59
	B2g///	0,7	7,3	3,6	16,6	1,6	10,9	6,0	53,9	27,5	18,5	0,67
Кутаны почв катены II												
Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	B1ca,g/	0,9	5,5	7,1	14,7	1,4	12,7	5,9	52,8	27,2	20,0	0,73
Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	B1ca,g//	1,1	5,7	4,7	11,2	0,4	19,3	8,3	50,4	21,6	28,0	1,30
Солонец черноземовидный глееватый	B1ca,g///	0,7	7,5	0,8	14,1	2,4	17,8	2,7	54,7	22,4	22,9	1,02

В черноземовидной глубокооглеенной почве светло-бурые глинистые кутаны встречаются только по ходам корней в иллювиальном горизонте и занимают не более 5% поверхности педов. В черноземовидной оподзоленной глееватой почве серые и светлые полупрозрачные гумусово-глинистые кутаны, занимают 40-70% поверхности педов, придавая горизонту мраморовидную окраску (рис. 13б, д). Под увеличением поверхность кутан струйчатая, гладкая, блестящая (рис. 13в, д). Сквозь прозрачные кутаны, видны марганцевые вкрапления и узор мелких корней на поверхности педов (рис. 13д).

При грунтовом заболачивании гидрокарбонатно-натриевыми водами кутаны приобретают более темный, почти черный цвет, матовую или блестящую шероховатую поверхность (рис. 16е, ж; 22г, в). Они плотные, непрозрачные. С нарастанием солонцеватости от черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почвы к солонцу черноземовидному глееватому окраска кутан, становится более интенсивной, площадь поверхности педов, которую они занимают, возрастает от 40-50% (черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная почва) до 100% (черноземовидный солонец глееватый). В нижних горизонтах, где застой влаги более продолжителен, кутаны приобретают сизоватый оттенок.

Анализ фракционного состава органического вещества кутан подтвердил морфологические наблюдения (табл. 18). Светлая окраска кутан иллювиальных горизонтов черноземовидной оподзоленной глееватой почвы обусловлена преобладанием фульвокислот преимущественно III фракции, прочно связанной с минеральной частью почвы. В составе темных кутан солонцеватого ряда почв катены II с ростом степени солонцеватости возрастает доля гуминовых кислот II фракции, соответственно состав органического вещества становится гуматным. Органическое вещество кутан прочно связано с минеральной частью почвы. Общая сумма нерастворимого остатка составляет 60-70% от общего содержания органического вещества.

В рассматриваемом ряду почв скелетаны формируются только в черноземовидной оподзоленной глееватой почве (рис. 12е). Во влажном состоянии они не видны, только при подсыхании появляется белесость в нижней части гумусового и

в верхней части переходного горизонтов. Исходя из того, что в профиле появился осветленный горизонт, мы диагностировали эту почву как оподзоленную. Назвать эту почву осолоделой нельзя, так как кислая реакция сохраняется вплоть до карбонатного горизонта, а количество обменного натрия в ППК не превышает уровня чернозема типичного. Работами Ф.Р. Зайдельмана было доказано, что формирование кислых белесых (оподзоленных и подзолистых) горизонтов под воздействием оглеения может происходить в любой природно-климатической зоне (Зайдельман, 1998). Появление осветленного горизонта в данной почве целиком обязано ежегодному поверхностному застою вод в ее профиле. Под увеличением скелетаны представляют собой кварцевые зерна размером тонкозернистого песка и крупной пыли на поверхности агрегатов. В почвах катены II осветленный горизонт отсутствует. Только на поверхности солонца черноземовидного глееватого появляется осветленная корочка, образованная отмытым от железа кварцевым материалом размера крупной пыли (рис. 22г, д). Причина ее формирования - ежегодный весенний поверхностный застой влаги на близко расположенном от поверхности солонцовом горизонте.

Таким образом, черноземовидные оглеенные и черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы отличаются появлением новых диагностических горизонтов, которые отсутствуют в черноземе типичном и новообразований обусловленных глееобразованием при кратковременном и длительном застое влаги в их профиле (табл. 8). Важное диагностическое значение имеют особенности твердых конкреционных новообразований (табл. 17). Дополнительную информацию несут особенности кутан иллювиального горизонта (количество, цвет) и неконкреционные формы карбонатных новообразований (табл. 8).

7.3. Химические свойства почв

7.3.1. Валовой состав почвы

Глееобразование может являться причиной дифференциации минеральной части профиля почв в любой климатической зоне (Зайдельман, 1997, 1998). Черно-

земы – это почвы недифференцированные по валовому составу (Афанасьева, 1966). В лугово-черноземных почвах юга Тамбовской равнины молекулярные отношения SiO_2:Fe_2O_3 также мало изменяются по профилю (Ахтырцев и др., 1981). В верхней части профиля луговых почв, отмечается накопление валового железа, что обусловлено процессом гидрогенной аккумуляции. Сильнейшее влияние на распределение элементов по всему профилю оказывают процессы засоления, осолонцевания и осолодения (Самойлова, 1981). Солонцовый процесс приводит к формированию специфического почвенного профиля, характеризующегося вертикальной элювиально-иллювиальной дифференциации по полуторным оксидам (Хитров, 1995).

Для исследуемого чернозема типичного Уваровского района характерно равномерное распределение полуторных окислов по профилю. Происходит биогенное накопление фосфора в верхних гумусовых горизонтах, а кальция и магния - в нижних, карбонатных (табл. 19).

В черноземовидной глубокооглеенной почве несколько более высокое содержание железа характерно для верхних гумусовых горизонтов, и более низкое - для нижних оглеенных. По сравнению с черноземом типичным верхние горизонты обеднены Mn за счет стягивания его в конкреции. Различия достоверны при 95%-м уровне вероятности (Приложение 11).

В черноземовидной оподзоленной глееватой почве железом обеднены не только нижние горизонты, но и верхние, где весной застаивается влага. Его накопление происходит в средней иллювиальной части профиля.

Кроме дифференциации по железу, происходит уменьшение содержания алюминия в верхних гумусовых горизонтах и увеличение - в горизонте B1. Содержания кальция минимально в горизонтах с яркими признаками оподзоливания.

Резкая элювиально-иллювиальная дифференциация характерна для черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонцов черноземовидных глееватых катены II (табл. 19). В направлении от черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почвы к солонцу черноземовидному глееватому наблюдается снижение содержания Fe и Al в толще над солонцеватым горизонтом и увеличение их в солонцовом.

Таблица 19. Валовой состав мелкозема чернозема типичного, черноземовидных оглеенных черноземовидных солонцовых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины.

Разрез почва,	Горизонт, глубина, см		Потери при прокаливании, %	% на прокаленную навеску								
				SiO_2	Al_2O_3	MnO	Fe_2O_3	CaO	MgO	TiO	P_2O_5	SO_2
Почвы катены I												
1.Чернозем типичный	Ап	0-25	15,69	73,96	12,17	0,15	4,58	2,72	2,29	0,61	0,52	0,35
	А1	12-65	14,65	74,49	11,71	0,14	4,65	3,42	1,48	0,62	0,49	0,27
	АВса	65-110	9,47	75,92	11,81	0,13	4,59	2,47	1,44	0,56	0,28	0,10
	Вса	110-130	13,53	71,89	10,49	0,10	4,53	7,35	1,86	0,57	0,21	0,18
	Сса	130-200	12,80	68,94	11,54	0,12	4,48	7,97	3,32	0,63	0,25	0,38
2.Черноземовидная глубокооглеенная	Ап	0-20	14,71	75,08	12,24	0,11	4,83	2,11	1,67	0,59	0,37	0,57
	Апп	20-43	14,62	73,96	12,84	0,10	4,78	2,72	1,67	0,58	0,35	0,55
	А1	43-90	12,74	74,19	12,44	0,11	4,86	2,73	1,80	0,52	0,35	0,64
	АВса	90-105	13,22	72,30	12,06	0,09	4,77	5,71	1,28	0,42	0,36	0,49
	Вса	105-130	13,47	70,58	11,11	0,08	4,68	5,06	4,85	0,27	0,24	0,63
	Сса,g/	130-170	13,91	67,08	12,96	0,09	4,46	6,97	4,79	0,43	0,22	0,85
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	Ад	0-20	11,32	76,94	10,79	0,16	4,45	2,33	1,26	0,63	0,44	0,25
	А1g/	20-60	10,45	75,77	11,71	0,14	4,76	2,10	1,42	0,74	0,36	0,43
	А2Bg/	60-80	9,47	74,79	12,01	0,13	5,45	2,05	1,74	0,59	0,24	0,49
	В1g//	80-110	8,10	75,06	12,26	0,10	5,40	1,76	1,60	0,63	0,19	0,55
	В2g///	110-150	7,59	74,26	11,83	0,09	4,77	3,13	2,02	0,68	0,22	0,54
	Сса,g///	150-170	11,15	71,28	11,09	0,10	4,93	6,32	2,33	0,67	0,28	0,23
Почвы катены II												
4.Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	Ад	0-10	12,42	75,70	11,30	0,15	4,71	2,62	1,47	0,58	0,47	0,35
	А1	10-37	12,39	78,38	11,41	0,14	4,76	2,95	1,19	0,66	0,51	0,22
	АВса	37-70	8,58	73,65	12,79	0,11	5,38	2,34	1,89	0,49	0,38	0,27
	В1са,g/	70-105	7,47	74,49	12,26	0,12	5,22	2,41	1,82	0,48	0,20	0,10
	В2са,g/	105-130	9,15	75,75	11,45	0,12	4,57	2,68	1,55	0,65	0,23	0,18
	Сса,g//	130-150	12,19	69,56	11,48	0,14	5,02	7,03	2,82	0,72	0,20	0,38
5 Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	Ап	0-17	14,41	76,07	11,32	0,40	4,39	2,28	1,90	0,57	0,36	0,73
	А1g/	17-40	12,24	75,81	11,33	0,40	4,50	2,39	1,87	0,55	0,44	0,64
	АВса,g/	40-65	10,11	77,25	11,07	0,09	4,03	1,98	1,76	0,50	0,32	0,49
	В1са,g//	65-80	8,02	73,69	13,34	0,09	5,21	1,80	2,06	0,62	0,19	0,63
	В2са,g//	80-104	10,71	75,16	11,83	0,08	4,46	3,14	1,57	0,55	0,21	0,85
6. Солонец черноземовидный глееватый	Корочка	0-5	11,02	77,50	9,63	0,15	4,41	2,96	1,35	0,73	0,27	0,23
	Апg/	5-20	10,76	75,37	10,86	0,17	5,36	2,34	1,79	0,74	0,37	0,70
	Аппg//	20-27	10,08	73,53	10,28	0,16	7,06	3,19	1,81	0,71	0,26	0,64
	А1са,g//	27-40	8,67	74,12	12,28	0,11	5,23	2,66	1,67	0,69	0,24	0,49
	АВса,g//	40-75	14,34	68,88	10,64	0,08	4,22	8,43	3,97	0,58	0,20	0,55
	В1са,g///	75-110	14,65	68,27	10,87	0,11	4,52	8,77	3,60	0,64	0,22	0,54
	Сса,g///	140-160	12,63	69,57	11,51	0,12	4,30	7,16	3,44	0,69	0,21	0,23

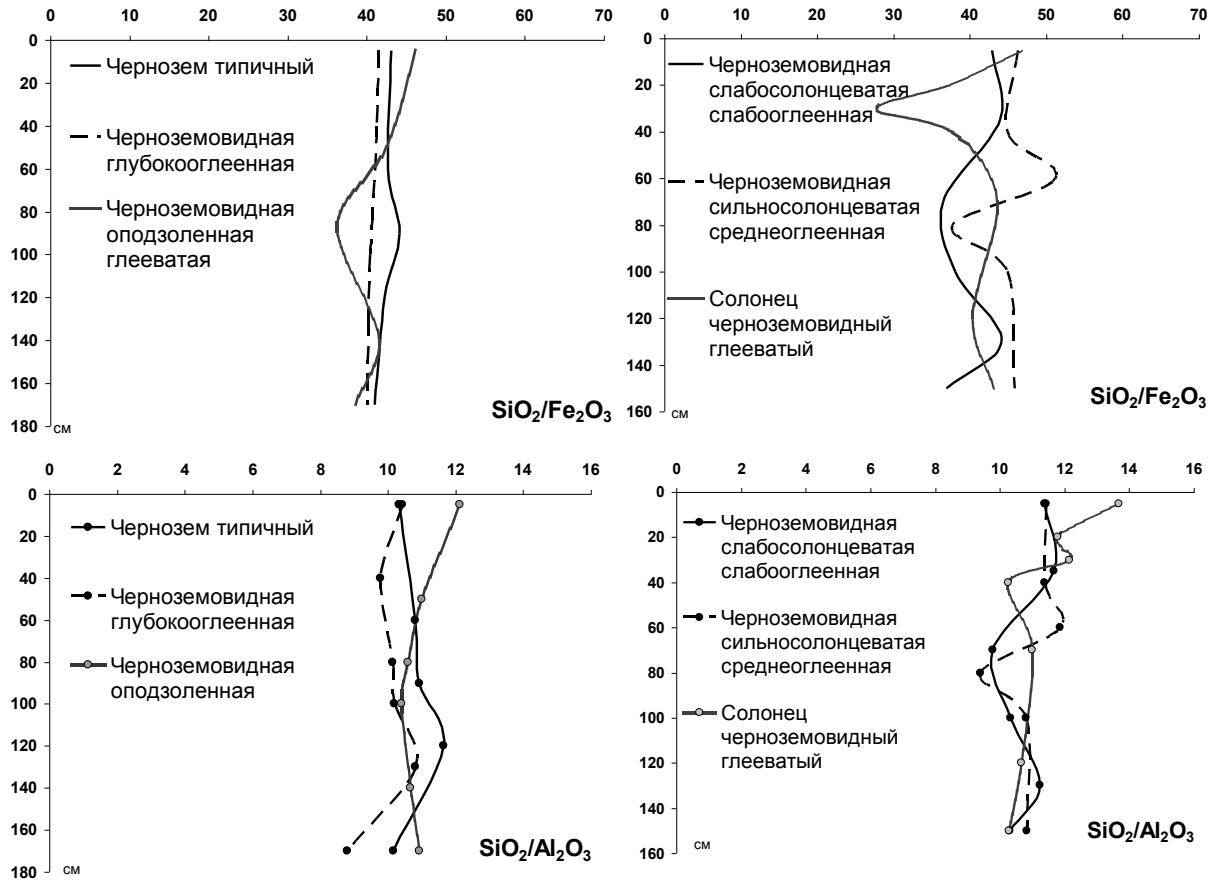

Рисунок 27. Изменение молекулярных соотношений SiO_2/Fe_2O_3 и SiO_2/Al_2O_3 по профилю почв юга Тамбовской равнины: А - первой катены: чернозема типичного и черноземовидных оглеенных почв; Б - второй катены - черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого.

Распределение полуторных окислов в почвах юга Тамбовской равнины иллюстрируется изменением по профилю молекулярных отношений SiO_2/Fe_2O_3 и SiO_2/Al_2O_3 (рис. 27).

Таким образом, при заболачивании поверхностными водами только в черноземовидной оподзоленной глееватой почве наблюдается существенный вынос полуторных окислов (в первую очередь железа) из мелкозема верхних горизонтов. Черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы отличаются более резкой дифференциацией по железу и алюминию. Накопление полуторных окислов происходит в обогащенных илом солонцеватых и солонцовых горизонтах, так как граница капиллярной каймы постоянно увлажнена.

7.3.2. Кислотность, обменные основания, емкость катионного обмена, содержание солей

Основными катионами, входящими в состав ППК черноземов ЦЧЗ являются Ca^{2+} и Mg^{2+}, емкость катионного обмена достигает 47 ммоль/100г почвы. На долю Mg^{2+} приходится 15% (Щеглов, 1999). Отношение обменных кальция и магния изменяется от 5:1 до 7:1 (Большаков, 1961; Иванова, Розов, 1959; Щеглов, 1999). Состав обменных катионов лугово-черноземных почв южной части Окско-Донской равнины характеризуется большим разнообразием. В верхнем метре обычно преобладает Ca^{2+} во втором - может увеличиваться доля Mg^{2+}, содержание Na^{+} достигает 2 ммоль/100г почвы (Ахтырцев и др., 1981). Присутствие обменного Na^{+} в ППК лугово-черноземных почв авторы считают их зональной особенностью, определяющую слабощелочную реакцию в горизонтах ВС и С. В луговых почвах содержание обменного Mg^{2+} повышается до 50% от суммы обменных оснований против 8-23% в черноземе (Самойлова, 1981). В черноземно-луговых солонцах в солонцовом горизонте доля обменного Na^{+} – 25-67%, Mg^{2+} – 34-58%, обменного Ca^{2+} – 39-42% (Ахтырцева и др., 1999).

Физико-химические свойства исследуемого чернозема типичного согласуются с приведенными литературными данными. Он характеризуется нейтральной реакцией, почвенный поглощающий комплекс (ППК) насыщен основаниями, в составе обменных катионов преобладает Ca^{2+} (табл. 20). Емкость катионного обмена гумусового горизонта составляет 45-47 ммоль/100г почвы, в пахотном снижается до 42-43 ммоль/100г почвы.

Дополнительное увлажнение поверхностными водами способствует обеднению основаниями верхних горизонтов черноземовидных оглеенных почв катены I. В черноземовидной глубокооглеенной почве увеличение потенциальной кислотности наблюдается в верхних 40 см, в черноземовидной оподзоленной глееватой - в верхних 150 см. Минимальные значения pH солевой вытяжки характерны для оподзоленных горизонтов, а максимальные значения гидролитической кислотности - для пахотных слоев. Различия по сравнению с черноземом типичным достоверны

при 95%-м уровне вероятности (Приложение 12). Однако при высокой потенциальной кислотности, по актуальной кислотности почвы можно считать нейтральными. Причина повышенной кислотности - глееобразование при застойно-промывном водном режиме (Зайдельман, 1998).

Таблица 20. Содержание и состав солей (анализ водной вытяжки) чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской низменности.

Разрез, почва	Горизонт, глубина, см	Анионы			Катионы			Сухой остаток, %
		HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Na^{2+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
		ммоль/100г почвы						
Катена I - чернозем типичный и черноземовидные оглеенные почвы на повышенном слабодренированном участке водораздела								
1. Чернозем типичный	Ап 0-25	0,63	0,66	0,29	0,19	1,28	0,11	0,11
	А1 12-65	0,56	0,57	0,29	0,04	1,28	0,10	0,08
	АВса 65-110	0,40	0,53	0,28	0,07	1,04	0,10	0,10
	Вса 110-130	0,62	0,55	0,40	0,08	1,04	0,45	0,10
	Сса 130-200	0,60	0,54	0,27	0,04	0,77	0,60	0,08
2. Черноземовидная глубокооглеенная	Ап 0-20	0,96	0,41	0,16	0,21	1,24	0,08	0,10
	Апп 20-43	0,84	0,2	0,38	0.18	1,08	0,16	0,10
	А1 43-90	1,27	0,12	0,58	0,19	1,37	0,41	0,15
	АВса 90-105	1,48	0,12	0,60	0,20	1,4-	0,60	0,16
	Вса 105-130	1,38	0,11	0,60	0,24	1,40	0,45	0,14
	Сса,g/ 130-170	1,52	0,07	0,55	0,29	1,60	0,25	0,16
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	Ад 0-20	0,32	0,01	0,10	0,02	0,35	0,06	0,03
	А1g/ 20-60	0,16	0,02	0,20	0,03	0,32	0,03	0,03
	А2Bg/ 60-80	0,16	0,02	0,25	0,04	0,35	0,04	0,03
	В1g// 80-110	0,16	0,01	0,20	0,04	0,27	0,06	0,04
	В2g/// 110-150	0,36	0,01	0,40	0,10	0,61	0,16	0,05
	Сса,g/// 150-170	0,90	0,02	0,44	0,15	1,05	0,16	0,10
Катена II – черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы и солонец черноземовидный глееватый на пониженном недренированном участке водораздела								
4.Черноземовидная слабосолон-цеватая слабооглеенная	Ад 0-10	1,24	0,12	0,50	0,63	1,15	0,08	0,12
	А1 10-37	1,36	0,15	0,80	1,00	1,19	0,12	0,18
	АВса 37-70	1,68	0,16	1,00	1,50	1,20	0,14	0,22
	В1са,g/ 70-105	0,79	0,50	0,20	0,77	0,34	0,38	0,11
	В2са,g/ 105-130	1,13	0,54	0,40	1,35	0,56	0,16	0,15
	Сса,g/// 130-150	0,92	0,42	0,40	0,85	0,80	0,09	0,14
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	Ап 0-17	0,30	0,04	0,03	0,22	0,10	0,05	0,03
	А1 17-40	0,35	0,20	0,18	0,38	0,25	0,10	0,05
	АВса,g// 40-65	0,79	0,20	0,13	0,52	0,40	0,20	0,08
	В1са,g/// 65-80	1,12	0,40	0,32	1,01	0,58	0,25	0,14
	В2са,g/// 80-104	1,10	0,30	0,18	0,93	0,45	0,20	0,12
6. Солонец черноземовидный глееватый	Апg// 5-20	0,75	0,02	0,20	0,64	0,51	0,42	0,10
	Аппg// 20-27	1,20	0,80	0,40	1,09	1,08	0,23	0,17
	А1са,g// 27-40	0,82	0,45	0,40	1,07	0,48	0,12	0,12
	АВса,g// 40-75	1,60	0,56	0,60	2,00	0,67	0,08	0,20
	Вса,g// 110-140	1,82	0,50	0,40	1,83	0,72	0,17	0,21
	Сса,g/// 140-160	1,80	0,60	0,35	1,80	0,50	0,13	0,18

По сравнению с черноземом типичным в черноземовидной глубокооглеенной почве возрастает доля обменного Mg^{2+} до 20-25% и обменного Na^{+} до 0,8%. В черноземовидной оподзоленной глееватой почве обменные Na^{+} полностью и Mg^{2+} - частично элювиированы из ППК (табл. 21).

Совершенно иная картина наблюдается в почвах катены II. Заболачивание гидрокарбонатно-натриевыми водами ведет к их подщелачиванию. В черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почве реакция изменяется от нейтральной - в верхних горизонтах до слабощелочной - в нижних, в черноземовидной сильносолонцеватой среднеоглеенной почве и солонце черноземовидном глееватом - от слабокислой - в верхних до щелочной - в нижних (табл. 21). Значения pH водной вытяжки для солонцовых горизонтов составляют 8,5-9,0. Подщелачивание и осолонцевание характерно для всех черноземных почв степной и южной лесостепной зон Черноземья, заболачиваемых грунтовыми водами. Подобная ситуация наблюдалась на кубанских мочарах Балахоновского стационара (Зайдельман и др., 1998) и в мочаристых почвах Украины (Полупан и др.,1983).

Солонцеватость рассматриваемых почв обусловлена одновременным присутствием в ППК Na^{+} и Mg^{2+}. Е.М. Самойлова (1981) увеличение содержания поглощенного магния в нижних постоянно влажных горизонтах луговых почв связывает с тем, что растворимость $MgCO_3$, содержащегося в составе почвенных карбонатов, в 20-30 раз выше растворимости $CaCO_3$. Это повышает содержание магния в почвенном растворе переувлажненных горизонтов и соответственно повышает его содержание в составе ППК (Минкин, 1975).

По составу обменных катионов изучаемые нами черноземовидные солонцы глееватые и черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы являются малонатриевыми. По-видимому, процесс осолонцевания почв начал проявляться совсем недавно, так как на почвенной карте хозяйства составленной в 1985 г. солонцеватые почвы и солонцы отсутствуют, а в настоящее время белые пятна бесплодных солонцов четко видны на пашне (рис. 20з). Кислые черноземовидные оподзоленные почвы в основном характерны для севера рассматриваемой территории, на почвенной карте хозяйства они представлены как лугово-болотные.

Таблица 21. Химические свойства чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской низменности.

Разрез, почва	Горизонт, глубина, см	pHвод	pHсол	Обменные основания			Сумма обменных оснований S	Гидролитическая кислотность, Hг	Степень насыщенности основаниями V, %	Na^+	Mg^{2+}
				Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+				% от S	
				ммоль/ 100г почвы							
Катена I - чернозем типичный и черноземовидные оглеенные почвы на повышенном слабодренированном участке водораздела											
1.Чернозем типичный	Ап 0-20	7,88	6,37	39,8	3,6	0,1	43,5	1,9	95,8	0,2	8,2
	А1 20-65	7,89	6,37	40,5	6,9	0,2	47,6	1,9	96,2	0,4	14,4
	АВса 65-110	8,01	7,41	37,1	2,2	0,2	39,5	0	100	0,5	5,5
	Вса 110-130	8,19	7,51	41,4	2,7	0,1	44,2	0	100	0,2	6,1
	Сса 130-180	8,16	7,58	43,8	5,3	0,1	49,2	0	100	0,2	10,7
2.Черноземовидная глубокооглеенная	Ап 0-20	6,84	5,53	38,9	6,7	0,4	46,0	4,2	91,6	0,8	14,5
	Апп 20-43	7,9	5,54	39,7	7,3	0,4	47,4	3,6	92,9	0,8	15,4
	А1 43-90	7,27	5,84	37,4	9,8	0,3	47,5	1,7	96,5	0,6	20,6
	АВса 90-105	8,07	7,28	34,2	12,5	0,4	47,1	0	100	0,8	26,5
	Вса 105-130	8,01	7,44	36,2	10,9	0,21	47,3	0	100	0,4	23,0
	Сса,g/ 130-170	8,05	7,58	36,9	10,5	0,4	47,8	0	100	0,8	23,5
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	Ад 0-20	6,96	5,35	28,0	2,9	0,1	31,0	7,8	79,9	0,3	9,3
	А1g/ 20-60	6,70	5,11	32,0	4,9	0,1	37,0	5,2	87,7	0,2	13,2
	А2Bg/ 60-80	6,68	4,97	36,5	1,6	0,1	38,2	4,1	90,3	0,2	4,1
	В1g// 80-110	6,77	4,92	34,7	2,0	0,2	36,9	2,2	94,4	0,5	5,4
	В2g/// 110-150	6,85	5,76	30,7	5,3	0,1	36,1	1,7	95,5	0,2	14,6
	Сса,g/// 150-170	7,41	7,36	46,9	2,7	0,1	49,7	0	100	0,2	5,4
Катена II – черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы и солонец черноземовидный глееватый на пониженном недренированном участке водораздела											
4. Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	Ад 0-10	8,05	7,43	34,9	13,6	0,7	49,2	0,7	98,6	1,4	27,6
	А1 10-37	8,18	7,38	35,0	11,0	1,0	47,0	0,5	99,0	2,1	23,4
	АВса 37-70	8,66	7,40	30,2	7,3	4,1	41,6	0	100	9,8	17,5
	В1са,g/ 70-105	8,71	7,41	30,5	10,4	3,3	44,2	0	100	7,4	23,5
	В2са,g/ 105-130	8,74	7,50	30,9	9,8	2,3	43,0	0	100	5,3	22,7
	Сса,g// 130-150	8,66	7,51	31,1	10,7	0,8	42,6	0	100	1,8	25,1
5.Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	Ап 0-17	7,68	5,43	39,8	10,7	0,5	51,0	2,8	94,8	0,9	20,9
	А1g/ 17-40	7,87	5,56	32,9	16,7	0,8	50,4	1,4	97,3	1,5	33,1
	АВса,g/ 40-65	7,99	6,70	26,9	18,9	1,5	47,3	0	100	3,1	39,9
	В1са,g// 65-80	8,32	7,18	25,6	20,0	2,6	48,2	0	100	5,3	41,4
	В2са,g// 80-104	8,42	7,43	27,1	16,2	2,5	45,8	0,2	99,6	5,4	35,3
6. Солонец черноземовидный глееватый	Корочк 0-5	7,1	5,9	20,3	2,3	0.1	22,7	1,4	94,2	0,4	10,1
	Апg/ 5-20	8,57	7,49	32,9	7,6	2,2	42,7	0,6	98,6	5,1	17,7
	Аппg// 20-27	8,60	7,42	34,9	6,0	6,6	47,5	0	100	13,8	12,6
	А1са,g// 27-40	8,82	7,49	27,6	9,6	8,9	46,1	0	100	19,3	20,8
	АВса,g// 40-75	8,97	7,51	27,8	9,7	3,1	40,6	0	100	7,6	23,8
	В1са,g/// 110-140	9,02	7,66	30,9	9,3	3,0	43,2	0	100	6,9	21,5
	Сса,g/// 140-160	8,86	7,62	32,7	8,2	2,6	43,5	0	100	5,9	18,8

По-видимому, в последние десятилетия произошел подъем уровня грунтовых вод, обусловленный снижением интенсивной хозяйственной деятельности и повышением числа влажных лет.

Солонцы – это всегда почвы глубокозасоленные (Ковда, 1973; Хитров, 2005). Согласно «Классификации и диагностике почв России» (2004) изучаемые черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы и солонец черноземовидный глееватый юга Тамбовской низменности являются слабо- и глубокозасоленными. Анализ водной вытяжки (табл. 20) показал отсутствие солей в профиле чернозема типичного и черноземовидных оглеенных почв катены I. Различия по сухому остатку между почвами катены I и II достоверны с 95%-м уровнем вероятности (Приложение 13). В составе анионов преобладает гидрокарбонатный, в составе катионов - натрий, поэтому тип засоления – содовый.

7.3.3. Фракционный состав органического вещества

Исследованию состава гумуса черноземных почв посвящено много работ (Тюрин, 1940; Кононова, 1963; Орлов, 1974; Орлов, Бирюкова, 1984; Ахтырцев, Пономарева, 1974; Пономарева, Плотникова, 1980; Щеглов, 1999).

Черноземные почвы имеют преимущественно фульватно-гуматный и гуматный состав гумуса (Бирюкова, Орлов, 2004). В верхних горизонтах отношения Сгк:Сфк изменяются от 1,3 до 2,5. Некоторые авторы (Шевченко, Щербаков, 1984) приводят и более высокие значения этих отношений (2,8-3,2) для типичных и обыкновенных черноземов. Содержание фракций ГК-I составляет несколько процентов от $C_{огр}$ и только в отдельных случаях достигает 8-9%. Содержание фракции ГК-II в верхних горизонтах - 20-30% и вниз по профилю ее доля возрастает. Относительное накопление ГК-II в нижних горизонтах обусловлено свободными карбонатами кальция.

По данным Д.И. Щеглова (1999) для гумусового профиля целинного чернозема типичного ЦЧР характерно очень высокое содержание гумуса в верхнем слое почвы (0-10 см) и очень плавное уменьшение до глубины 100-110 см. Запасы гумуса в метровом слое составляют 520 т/га. Отношения Сгк:Сфк в верхних горизонтах из-

меняются в интервале 1,9-2,8. В пахотных черноземах наблюдается только небольшое уменьшение содержания $C_{орг}$ в верхнем слое и незначительно изменение фракционно-группового состава гумуса.

Содержание гумуса в пахотном и подпахотном горизонтах лугово-черноземных почв южной покатости Окско-Донской равнины может достигать 8,4-10,2% и 6,6-8,1% соответственно. Фракционный состав характеризуется очень низким содержанием (не более 5%) подвижных гуминовых кислот первой фракции и высоким до 40-60% доли негидролизуемого остатка (Ахтырцева и др., 1981).

Е.М. Самойлова (1981) отмечает, что луговые почвы этой территории могут иметь два варианта в распределении гумуса. Первый характерен для влажно-луговых, луговых почв и черноземно-луговых осолонцеватых, осолоделых, солончаковатых - высокое, иногда даже больше чем в черноземах, содержание органического вещества в верхних 20-ти см и резкое падение ниже этой глубины. Второй наблюдается в более или менее выщелоченных луговых почвах - распределение гумуса близкое к чернозему.

Состав гумуса черноземно-луговых солонцов фульвато-гуматный в верхних горизонтах, и гуматно-фульватный в солонцовых (Ахтырцев и др., 2004).

Исследуемый чернозем типичный характеризуется высоким содержанием гумуса и постепенным его снижением вниз по профилю. Состав гумуса на всем протяжении профиля гуматный (Сгк:Сфк > 2), только в горизонте АВса Сгк:Сфк Сгк:Сфк снижается до 1,1 (табл. 22). В составе гуминовых и фульвокислот преобладает II фракция, связанная с кальцием (рис. 28).

Небольшое поверхностное увлажнение, характерное для черноземовидной глубокооглеенной почвы, способствует снижению на 10-20% общего содержания органического вещества и увеличению в его составе доли фульвокислот, при сохранении гуматного типа гумуса. В горизонте АВса количество гуминовых кислот резко сокращается, тип гумуса становится гуматно-фульватным. Высокая насыщенность кальцием определяет преобладание среди гуминовых и фульвокислот II фракции. По сравнению с черноземом типичным снижается количество III фракции гуминовых кислот и негидролизуемого остатка. Различия достоверны при 95%-м

уровне вероятности (Приложение 14). Снижение доли прочносвязанных фракции свидетельствует о том, что в условиях периодического обводнения органическое вещество менее прочно закрепляется на минеральных частицах почвы.

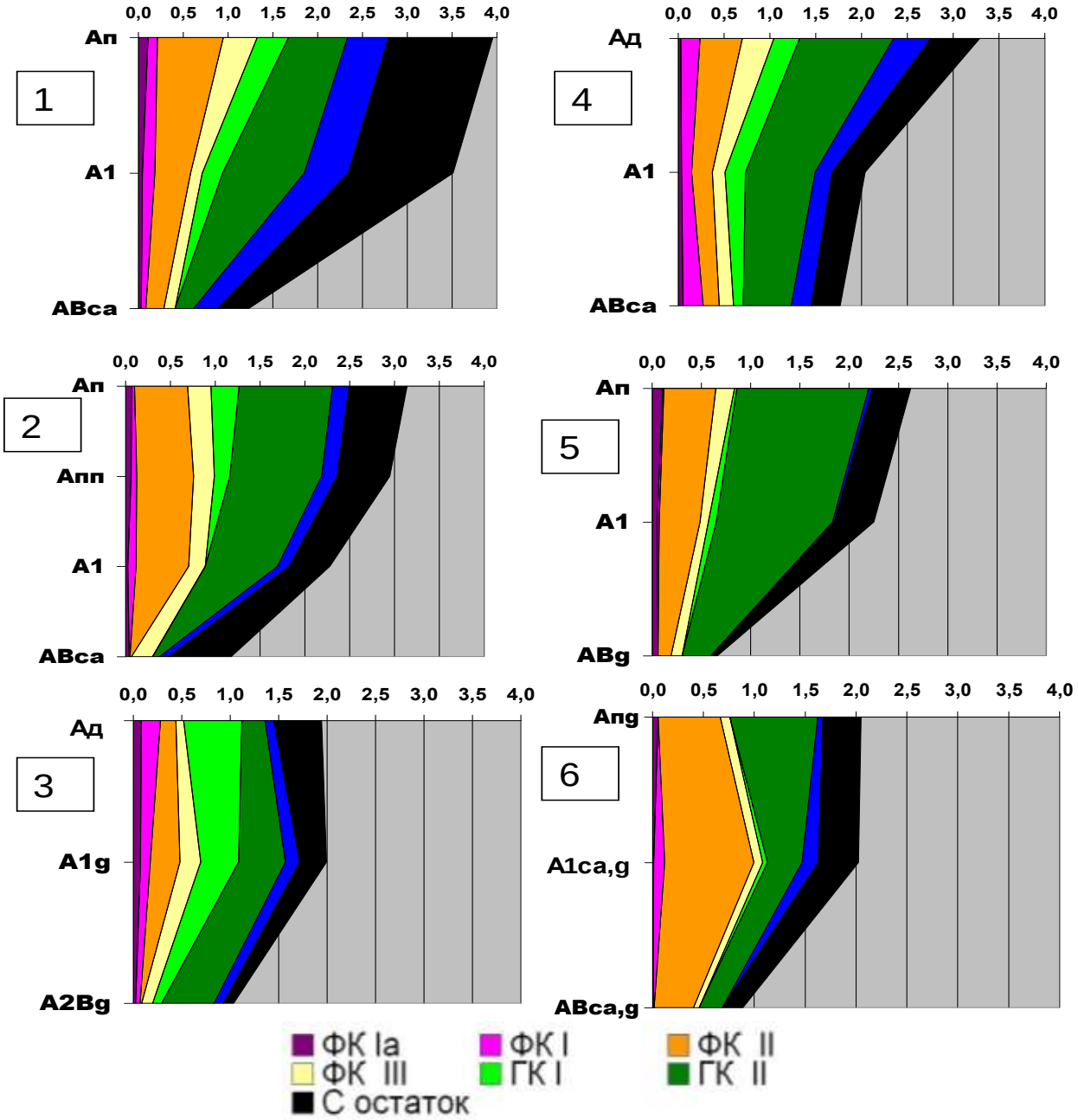

Рисунок 28. Фракционный состав гумуса (приведены абсолютные значения фракций С, %), Почвы: 1 –чернозем типичный; 2 - черноземовидная глубокооглеенная; 3 – черноземовидная оподзоленная глееватая; 4 – черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная; 5 – черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная; 6 – солонец черноземовидный гееватый

Длительный поверхностный застой влаги на плотных нижних горизонтах в черноземовидной оподзоленной глееватой почве привел к более сильному изменению, как количества, так и состава органического вещества. Наблюдается достоверное с 95%-м уровнем вероятности (Приложение 14) снижение его в верхних го-

ризонтах. Большая часть подвижных фульвокислот вымывается вниз по профилю и оседает на поверхности педов иллювиального горизонта, поэтому по составу органическое вещество становится резко гуматным ($C_{гк}$:$C_{фк}$ > 2). Изменяется и его фракционный состав. Возрастает содержание наиболее агрессивных фракций I и Iа фульвокислот. Вымывание кальция ведет к тому, что в составе гуминовых кислот возрастает доля первой фракции. В нижней части гумусового горизонта несущего яркие признаки оподзоливания происходит разрушение прочносвязанной с минеральной частью III фракции органического углерода.

Черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы и солонец черноземовидный глееватый катены II резко отличаются от чернозема типичного как по общему содержанию, так и по фракционному составу органического вещества (рис. 28; табл. 22).

Общее содержание органического вещества и его гуматность снижаются от черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почвы к солонцу черноземовидному глееватому. В солонце черноземовидном глееватом тип гумуса за исключением пахотного горизонта становится фульватным. В составе фульвокислот преобладает II фракция, связанная с кальцием. Более агрессивные фракции I и Iа вымываются вниз по профилю. В составе гуминовых кислот также преобладает II фракция. I фракция в условиях щелочной реакции вместе с фульвокислотами вымывается вниз по профилю. Доля III фракции и нерастворимого остатка в солонцах черноземовидных глееватых незначительна (в сумме составляют не более 20%), что говорит о высокой лабильности органики в условиях заболачивания гидрокарбонатно-натриевыми водами.

Таким образом, в условиях юга Тамбовской равнины даже небольшое изменение водного режима черноземовидных почв ведет к существенному изменению по сравнению с черноземом типичным общего содержания, профильного распределения и фракционного состава органического вещества. Заболачивание поверхностными водами ведет к изменению соотношения I и II фракции гуминовых кислот, осолонцевание под влиянием гидрокарбонатно-натриевых вод затрагивает и III фракцию.

Таблица 22. Фракционный состав гумуса чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины.

Почва	Горизонт	Соб, %	$C_{ФК}$, % от Соб				$C_{ГК}$, % от Соб			С ост, % от Соб	$\sum C_{ФК}$	$\sum C_{ГК}$	$C_{ГК}/C_{ФК}$
			Ia	I	II	III	I	II	III				
Катена I - чернозем типичный и черноземовидные оглеенные почвы на повышенном слабодренированном участке водораздела													
1. Типичный чернозем	Ап	3,94	0,7	2,6	8,7	9,6	8,8	28,8	11,6	29,5	21,6	49,2	2,18
	А1	3,60	1,1	3,9	11,1	3,6	6,3	25,3	13,6	32,5	19,7	45,2	2,29
	АВса	1,26	2,5	3,7	16,3	9,9	0	16,2	21,5	27,8	32,4	37,7	1,16
2.Черноземовидная глубокооглеенная	Ап	3,27	2,1	0,8	18,1	7,9	9,6	31,9	5,6	19,7	28,9	47,1	1,63
	Апп	3,06	1,8	2,0	20,8	7,5	5,7	33,5	5,6	19,2	32,1	44,8	1,39
	А1	2,25	0,9	4,2	26,0	8,2	0	36,0	5,7	20,2	39,3	41,7	1,06
	АВса	1,60	2,3	7,0	0,8	14,9	0	4,7	6,6	43,5	25,0	11,3	0,60
3. Черноземовидная оподзоленная глееватая	Ад	2,01	3,9	9,8	8,1	3,9	29,9	11,9	4,6	24,5	25,7	46,4	2,63
	А1g/	1,99	3,6	5,0	15,5	10,7	19,6	24,4	7,4	13,7	34,8	51,4	1,48
	А2В g/	1,03	2,1	4,3	1,6	11,1	9,0	52,7	9,3	10,3	19,1	71,0	3,73
Катена II – черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы и солонец черноземовидный глееватый на пониженном недренированном участке водораздела													
4. Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	Ад	3,40	0,7	6,3	13,5	10,2	8,3	30,2	12,0	15,6	30,7	42,2	1,64
	А1	2,07	1,6	5,2	11,1	6,7	10,7	36,8	8,8	17,5	24,6	56,3	2,30
	АВса	1,80	2,8	12,2	9,8	8,5	6,0	29,3	12,3	17,4	33,3	47,6	1,43
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	Ап	2,58	4,0	0,4	20,5	7,4	1,0	51,7	1,7	15,0	32,3	54,4	1,68
	А1g/	2,65	1,9	0,7	15,6	3,3	3,1	44,5	0,6	15,2	21,5	48,2	2,24
	АВса,g/	0,99	5,9	0	13,3	11,5	0	29,0	0,6	6,5	30,7	29,6	1,90
6. Солонец черноземовидный глееватый	Апg/	2,17	2,4	0	28,2	4,4	3,5	39,7	2,4	17,4	35,0	45,6	1,44
	А1са,g//	2,27	0,4	4,6	38,8	3,8	2,1	14,8	7,0	17,4	47,6	23,9	0,50
	АВса,g//	1,01	0,4	0,9	38,2	5,3	0	22,6	0	20,2	44,8	22,6	0,50

7.3.4. Содержание различных соединений «несиликатного» железа

Современная библиография располагает значительным числом работ, посвященных исследованиям вторичных оксидов и гидроксидов железа с целью диагностики тех или иных почвообразовательных процессов (Schwertmann, 1964; Зонн и др., 1976; Зайдельман, Никифорова, 1986; Никифорова и др., 1989).

Обычно выделяют пять форм железа (Зонн, 1982, Орлов, 1985): 1 – силикатное железо (по разности между валовым железом и извлекаемым вытяжкой Мера-Джексона); 2 – несиликатное сильноокристаллизованное (разность между железом по Мэру – Джексону и вытяжкой Тамма); 3 – несиликатное слабоокристаллизованное (разность между железом по Баскомбу и Тамму); 4 – несиликатное аморфное неорганическое (разность между железом по Тамму и экстрагируемым пирофосфатом калия); 5 – несиликатное аморфное органическое (экстрагируемое пирофосфатом калия).

В степной зоне оксиды железа обладают малой подвижностью. С.В. Зонн (1982) связывает это с коагуляцией железа карбонатами кальция и малой увлажненностью. Кроме того, в почвах с нейтральной и слабощелочной реакцией железо образует неподвижные комплексы с гуминовыми кислотами (Кудеярова, 2000). Так, например, в черноземах типичных Воронежской области содержание свободных соединений железа составляет менее 2% (Водяницкий, 1993).

В профиле лугово-черноземных почв Окско-Донской равнины валовое содержание железа составляет 4,7-6,0% (Ахтырцев и др., 1981). Почвы лугового комплекса обладают высоким окислительно-восстановительным потенциалом, что объясняет слабое оглеение и низкую подвижность железа. В солонцах, напротив, наблюдаются восстановительные условия и высокое содержание закисных соединений железа (Самойлова, 1981).

В последние десятилетия появилось много публикаций, посвященных изменению подвижности железа в переувлажненных почвах черноземной зоны (Ачканов и др., 1997; Николаева, Еремина, 2001). В мочарах наблюдается увеличение доли аморфных форм, извлекаемых вытяжкой Тамма, и железа связанного с органическим веществом. В условиях отточного режима мобилизация подвижных форм

железа приводит к неизбежному выносу его из почв (Зайдельман, 2007). В условиях застойного режима содержание железа, извлекаемого вытяжкой Мера-Джексона, практически не меняется (Зайдельман, 1974, 1998, 2007 и др.).

Валовое содержание железа в исследуемом черноземе типичном - 4,5%, что характерно для покровных лессовидных глин. Доля несиликатных форм - 30-45%. Этим обусловлена приглушенная палевая окраска почвообразующей породы. Аморфные формы несиликатного железа составляют 5-6% от валового содержания. На 30% они представлены органическими соединениями (табл. 23). Значения критерия Швертманна изменяются от 0,10 до 0,15. Высокая окристаллизованность несиликатного железа определяет равномерный характер его распределения по профилю.

Для черноземовидной глубокооглеенной почвы, так же характерно равномерное распределение железа по профилю, но в составе несиликатного железа возрастает доля аморфных соединений, а среди них органических. В результате значения критерия Швертманна в верхних горизонтах повышаются по сравнению с черноземом типичным. Различия достоверны при 95%-м уровне вероятности.

Профиль черноземовидной оподзоленной глееватой почвы дифференцирован по содержанию валовых соединений железа. Обеднение верхних горизонтов этим элементом происходит за счет конкрециобразования, а нижних оглееных - за счет диффузии, в результате железом обогащен слой 60-110 см. Длительный поверхностный застой влаги ведет к тому, что в пахотном горизонте в составе несиликатного железа в 2 раза по сравнению с черноземом типичным возрастает содержание его аморфных соединений. В результате значения критерия Швертманна достоверно при 95%-м уровне вероятности возрастают по сравнению с черноземом типичным и черноземовидной глубокооглеенной почвой (табл. 23).

Резкое возрастание содержания силикатного железа в солонцовых горизонтах почв катены II обусловлено увеличением содержания илистой фракции. Максимальная дифференциация характерна для солонца черноземовидного глееватого.

Таблица 23. Содержание различных соединений железа в черноземе типичном, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почвах и солонце черноземовидном глееватом юга Тамбовской равнины, мг/100г почвы.

Разрез, почва	Горизонт, см	Валовое содержание	$Fe_{орг}$	Fe_o	Fe_d	$\frac{Fe_o}{Fe_d}$***	$\frac{Fe_o}{Fe_d - Fe_o}$****
1	2	3	4	5	6	7	8
Почвы катены I							
1. Чернозем типичный	Ап 0-20	4578	87 ± 4 / 35,8*	243 ± 16 / 5,3**	2061 ±138 / 45,0**	0,137±0,012	0,159±0,015
	А1 20-65	4650	90± 2 / 33,2	271 ± 8 / 5,8	2199 ± 366 / 47,3	0,130±0,012	0,149±0,017
	АВса 65-110	4586	50 ± 5 / 19,8	252 ± 16 / 5,5	1876 ± 212 / 41,0	0,146±0,014	0,171±0,017
	Вса 110-130	4527	62 ± 3 / 29,8	151 ± 24 / 3,3	1922 ± 169 / 42,4	0,108±0,013	0,121±0,016
2.Черноземовидная глубокооглеенная	Ап 0-20	4825	106 ±23 / 39,1	271 ± 8 / 5,6	1968 ± 138 / 40,6	0,137±0,009	0,159±0,012
	Апп 20-43	4775	80 ± 24 / 28,6	280 ± 19 / 5,9	2061± 120 / 41,4	0,136±0,013	0,158±0,017
	А1 43-90	4857	63 ± 5 / 25,9	243 ± 8 / 5,0	1870 ± 110 / 40,6	0,130±0,012	0,149±0,017
	АВса 90-105	4766	57 ± 3 / 29,7	192 ± 14 / 4,0	1322 ± 107 / 27,8	0,146±0,013	0,171±0,018
	Вса 105-130	4679	45 ± 4 / 32,8	137 ± 14 / 2,9	1276 ± 130 / 27,2	0,108±0,013	0,121±0,016
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	Ад 0-20	4445	67 ± 4 / 12,5	534 ± 8 / 12,0	1368 ± 138 / 30,8	0,393±0,041	0,652±0,114
	А1g/ 20-60	4762	56 ± 3 / 10,4	538 ± 28 / 11,3	2061 ± 240 / 43,2	0,263±0,021	0,357±0,039
	А2Bg/ 60-80	5449	38 ± 3 / 8,3	455 ± 28 / 8,4	2615 ± 138 / 48,0	0,175±0,017	0,212±0,024
	В1g// 80-110	5115	24± 2 / 7,7	312 ± 40 / 6,1	2292 ± 120 / 44,8	0,137±0,022	0,159±0,030
	В2g/// 110-150	4774	25± 6 / 12,7	197 ± 8 / 4,1	2522 ± 110 / 50,8	0,078±0,014	0,085±0,017

Продолжение таблицы 23

1	2		3	4	5	6	7	8
Почвы катены II								
4.Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	Ад	0-10	4707	52 ± 3 11,5*	451 ± 56 9,6**	1876 ± 123 39,8**	0,240±0,022	0,316±0,040
	A1	10-37	4760	60± 7 13,0	460 ± 16 9,6	1868 ± 212 38,8	0,247±0,020	0,328±0,036
	ABca	37-70	5379	34 ± 4 9,7	349 ± 21 6,5	2569 ± 105 47,8	0,136±0,010	0,157±0,012
	B1ca,g/	70-105	5221	41 ± 3 21,4	197 ± 16 3,8	2338 ± 138 44,8	0,084±0,011	0,093±0,013
	B2ca,g/	105-130	4568	56 ± 12 32,2	174 ± 21 3,8	2061 ± 366 45,0	0,087±0,021	0,095±0,026
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	Ап	0-17	4391	64 ± 2 17,0	377 ± 42 8,6	1738 ± 160 38,6	0,219±0,042	0,283±0,067
	A1g/	17-40	4500	33 ± 5 8,9	372 ± 37 8,3	1876 ± 110 41,6	0,199±0,026	0,249±0,041
	ABca,g/	40-65	4031	26 ± 2 6,7	386 ± 24 9,6	2338 ± 138 48,6	0,165±0,012	0,198±0,017
	B1ca,g//	65-80	5231	37 ± 2 16,2	229 ± 21 4,4	2061 ± 138 39,4	0,112±0,016	0,126±0,019
	B2ca,g///	80-104	4465	29 ± 2 18,7	155 ± 21 3,5	1738 ± 102 39,0	0,089±0,010	0,098±0,012
6. Солонец черноземовидный глееватый	Корочка	0-5	4419	67 ± 7 15,5	432 ± 35 9,8	1599 ± 160 36,2	0,271±0,011	0,372±0,022
	Апg/	5-20	5358	66 ± 8 18,4	358 ± 28 6,7	1645 ± 263 30,7	0,224±0,042	0,291±0,070
	Аппg//	20-27	7060	84 ± 4 26,9	312 ± 21 4,4	1968 ± 108 27,8	0,159±0,015	0,189±0,022
	A1ca,g//	27-40	5273	82 ± 2 58,1	141 ± 16 2,7	2384 ± 180 45,2	0,059±0,010	0,063±0,012
	ABca,g//	40-75	4220	43 ± 6 55,8	77 ± 8 1,8	1922 ±122 45,5	0,040±0,020	0,042±0,025
	B1ca,g///	110-140	4518	43 ± 4 55,8	77 ± 8 1,7	1784 ± 138 39,5	0,043±0,012	0,045±0,014

* - процент от аморфной формы ** - процент от валового содержания; *** - критерий Швертманна; **** - модифицированный критерий Швертманна

В пахотных горизонтах черноземовидных солонцеватых оглеенных почвах и солонца черноземовидного глееватого содержание железа, извлекаемого вытяжкой Тамма и Мера-Джексона, приблизительно одинаковое, различия между почвами по данному показателю не достоверны при 95%-м уровне вероятности. Поэтому критерий Швертманна для всех почв катены II составляет 0,2-0,3.

Таким образом, в условиях юга Тамбовской равнины переувлажнение способствует резкому увеличению подвижности железа по сравнению с типичным черноземом. Однако диагностировать степень гидроморфизма по критерию Швертманна можно только при поверхностном заболачивании. При заболачивании грунтовыми водами степень солонцеватости черноземовидных оглеенных почв практически не влияет на степень окристаллизованности несиликатного железа.

7.3.5. Содержание элементов питания

По данным Н.П. Юмашева (2004) черноземы Уваровского района Тамбовской области хорошо обеспечены элементами питания (подвижный фосфор - 10-15 мг/100г почвы, обменный калий - 8-12 мг/100г почвы).

Выбранный нами в качестве контроля чернозем типичный имеет повышенную обеспеченность элементами питания для зерновых и зернобобовых культур по легкогидролизуемому азоту, подвижному фосфору и высокую обеспеченность по обменному калию (табл. 24). Черноземовидные глубокооглеенные почвы по содержанию легкогидролизуемого азота не отличаются от чернозема типичного. Застой в верхних горизонтах пресных поверхностных вод способствует обеднению профиля обменным калием на 30-40% и резкому (в 3 раза) снижению содержания подвижного фосфора. Различия по сравнению с черноземом типичным достоверны при 95%-м уровне вероятности. Замкнутый характер депрессии определяет накопление в верхних горизонтах черноземовидной оподзоленной глееватой почве значительного количества обменного калия (его содержание для зерновых и зернобобовых культур характеризуется как очень высокое).

Таблица 24. Содержание элементов питания в черноземе типичном, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почвах и солонце черноземовидном глееватом юга Тамбовской равнины.

Почва, разрез	Горизонт, глубина, см	Содержание элементов питания почв юга Тамбовской равнины, мг/100г почвы		
		P_2O_5	K_2O	Nлг
		По Чирикову		По Тюрину и Кононовой
Почвы катены I				
1. Чернозем типичный	Ап 0-20	15,5±2,8	17,7±1,6	5,4±0,4
	А1 20-65	11,7±1,5	15,9±1,3	4,9±0,3
	АВса 65-110	2,6±0,5	21,4±2,7	4,3±0,2
	Вса 110-130	1,7±1,0	18,3±5,3	не опр.
	Сса 130-180	2,5±0,5	14,0±3,2	не опр.
2.Черноземовидная глубокооглеенная	Ап 0-20	4,7±0,4	11,0±1,3	5,5±0,2
	Апп 20-43	3,9±0,5	8,9±0,7	4,6±0,5
	А1 43-90	3,7±0,1	9,1±0,2	4,8±1,0
	АВса 90-105	1,3±0,1	8,6±0,4	3,5±0,4
	Вса 105-130	0,6±0,1	8,6±0,8	не опр.
	Сса,g/ 130-170	1,1±0,4	8,2±0,5	не опр.
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	Ад 0-20	3,8±0,4	24,6±6,0	3,8±0,2
	А1g/ 20-60	3,4±0,4	13,6±0,4	2,9±0,2
	А2Bg/ 60-80	2,7±0,5	12,6±0,6	2,7±0,4
	В1g// 80-110	3,5±0,5	12,5±0,2	не опр.
	В2g/// 110-150	2,5±0,7	11,3±0,8	не опр.
	Сса,g/// 150-170	0,8±0,1	10,5±0,6	
Почвы катены II				
4.Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	Ад 0-10	9,5±1,2	30,0±2,2	5,7±0,2
	А1 10-37	6,0±0,5	20,5±0,5	4,8±0,4
	АВса 37-70	0,3±0,1	8,5±0,5	3,8±0,1
	В1са,g/ 70-105	1,9±0,6	8,5±0,3	не опр.
	В2са,g/ 105-130	0,2±0,2	8,4±0,4	не опр.
	Сса,g// 130-150	0,2±0,1	9,1±1,0	
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	Ап 0-17	6,3±0,6	12,6±0,8	5,5±0,2
	А1g/ 17-40	3,2±0,2	12,4±1,4	4,7±0,4
	АВса,g// 40-65	1,9±0,5	10,1±0,5	3,0±0,4
	В1са,g// 65-80	1,7±0,3	8,8±1,0	не опр.
	В2са,g/// 80-104	1,8±0,9	7,9±0,4	не опр.
6.Солонец черноземовидный глееватый	Апg/ 5-20	4,8±0,5	16,0±0,7	4,7±0,4
	Аппg// 20-27	2,5±0,5	11,4±0,5	2,3±0,3
	А1са,g// 27-40	2,4±0,4	8,8±0,5	1,6±0,2
	АВса,g// 40-75	следы	7,0±0,3	не опр.
	В1са,g/// 110-140	следы	7,2±0,1	не опр.
	Сса,g/// 140-160	следы		

Длительный поверхностный застой влаги ведет к снижению общего содержания органического вещества и низкой обеспеченности легкогидролизуемым азотом. Высокая подвижность железа определяет дефицит подвижных соединений фосфора.

Осолонцевание так же сопровождается изменением доступности элементов питания. Для черноземовидной слабосолонцеватой слабооглеенной почвы харак-

терна очень высокая обеспеченность обменным калием, повышенная - легкогидролизуемым азотом и средняя - подвижным фосфором (табл. 24). В черноземовидной сильносолонцеватой среднеоглеенной почве и солонце черноземовидном глееватом происходит снижение содержания всех элементов питания. Уменьшение содержания легкогидролизуемого азота обусловлено снижением количества органического вещества в почве, калий частично вымывается поверхностными водами. Наблюдается и снижение содержания подвижных форм фосфора, но менее значительное, чем при заболачивании поверхностными водами.

Таким образом, на юге Тамбовской равнины переувлажнение черноземовидных почв сопровождается изменением подвижности и доступности элементов питания. Отмечается отток калия со склонов и накопление его в почвах депрессий. Деградация и снижение содержания органического вещества в почвах с высокой степенью гидроморфизма сопровождается снижением содержания легкогидролизуемого азота. Наибольший дефицит испытывают почвы по содержанию подвижных форм фосфора. В этой связи был изучен фракционный состав фосфора чернозема типичного, черноземовидных оглеенных и черноземовидных солонцеватых оглеенных почв.

7.3.6. Фракционный состав фосфора

Установлено, что в черноземах среди минеральных фосфатов преобладают фосфаты кальция. Содержание фосфатов полуторных окислов незначительно (Аскинази 1949; Гинзбург, 1981; Адерихин, 1970). Черноземы – это почвы богатые органическими формами фосфора. А.Д. Фокин (1975) приводит данные о том, что в черноземах треть поглощенного фосфора связана с гумусом. По мнению многих авторов, это одна из причин того, что на черноземах сельскохозяйственные культуры ощущают большой недостаток фосфора и в большой мере отзываются на фосфорные удобрения (Адерихин, 1970).

Наиболее подробные сведения о фракционном составе фосфора черноземных почв ЦЧП содержатся в монографии П.Г. Адерихина (1970) «Фосфор в почвах и

земледелии Центрально-Черноземной полосы». Значительно меньше сведений о фосфатном состоянии гидроморфных аналогов черноземов.

Влияние окислительно-восстановительных условий на фосфатное состояние почв таежно-лесной зоны изучалось как путем постановки специальных модельных опытов по компостированию почв (Ярков, 1949; Кауричев, 1947), так и в природных условиях (Ярков, 1949; Кауричев, 1947; Ноздрунова, 1957). При временном избыточном увлажнении и развитии в почвах восстановительных процессов, наряду с образованием закисных соединений железа, одновременно повышается растворимость фосфатов. В результате периодической смены окислительных и восстановительных процессов отмечается преобладание труднорастворимых фосфатов окиси железа. Процесс связывания фосфора с железом отмечен и в периодически переувлажняемых бурых лесных почвах Приморья (Стрельченко, 1982). Очень мало данных о фосфатном состоянии солонцовых почв. К.Е. Гинзбург (1981), отмечает, что «… валовое содержание фосфора колеблется от 0,8-0,15%... Органический фосфор составляет примерно 30%... Во фракции минеральных фосфатов преобладает фракция фосфатов кальция, преимущественно высокоосновная труднорастворимая форма».

Было установлено, что на севере Тамбовской равнины при поверхностном заболачивании происходит вымывание фосфатов железа и сорбции их органическим веществом в черноземовидных оподзоленных почвах склонов и накопление фосфатов железа в мелкоземе и ортштейнах черноземовидных подзолистых почв западин. При грунтовом заболачивании даже при высоком содержании закисного железа в черноземовидных оглеенных почвах среди «минеральных» фосфатов преобладают фосфаты кальция, содержание органического фосфора значительно ниже, чем в почвах поверхностного заболачивания (Степанцова, 2012). Подобные исследования для юга Тамбовской равнины не проводились.

Изучаемый чернозем типичный характеризуется высоким валовым содержанием фосфора (0,5%).

Таблица 25. Фракционный состав фосфора (P_2O_5 мг/100г почвы) мелкозема чернозема типичного, черноземовидных оглеенных черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины.

Разрез, почва	Горизонт, глубина, см	Валовое содержание	Органический фосфор	Минеральные фосфаты						
				Активные						Прочно связанные
				Ca – PI	Ca – PII	Al – P	Fe - P	Ca – PIII	Всего	
Почве катены I										
1. Чернозем типичный	Ап 0-20	547	122/22*	44	142	25	44	69	324/59*	106/19*
	A1 12-65	512	134/26	45	87	15	51	62	260/50	124/24
	ABca 65-110	292	42/14	29	45	6	17	66	163/56	87/30
2.Черноземовидная глубокооглеенная	Ап 0-20	449	225/50	6	21	13	29	54	123/27	100/23
	Апп 20-43	356	164/46	6	22	9	19	52	108/30	83/24
	A1 43-90	396	166/42	5	32	8	14	59	118/30	111/28
	ABca 90-105	367	125/34	6	36	7	16	42	107/29	135/37
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	Ад 0-20	486	148/30	27	28	15	92	67	229/47	107/23
	A1g/ 20-60	344	65/19	28	38	15	68	50	199/58	86/25
	A2Bg/ 60-80	264	39/16	41	32	8	33	33	147/56	74/28
Почвы катены II										
4.Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	Ад 0-10	474	144/30*	25	43	13	50	59	190/40*	140/30*
	A1 10-37	506	190/38	27	43	13	48	59	190/38	122/24
	ABca 37-70	377	128/34	10	56	7	23	50	146/40	98/26
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	Ап 0-17	361	134/37	6	21	13	29	54	123/35	100/28
	A1g/ 17-40	355	164/46	6	22	9	19	52	108/30	83/24
	ABca,g/ 40-65	347	118/34	5	32	8	14	59	118/34	111/32
6. Солонец черноземовидный глееватый	Апg/ 5-20	403	140/35	17	33	4	37	67	158/39	100/26
	Аппg// 20-27	362	113/31	18	39	13	45	72	187/52	62/17
	A1ca,g// 27-40	386	83/21	39	122	9	31	54	255/66	54/13
	ABca,g// 40-75	320	33/10	29	98	6	21	67	221/69	66/21

*- процент от валового содержания.

Нейтральная реакция и практически 100% насыщенность ППК основаниями определяют низкую способность органического вещества связывать фосфаты, поэтому содержание органических соединений фосфора не велико - 20-25%. Доля прочносвязанного фосфора около 30%.

Среди активных минеральных фосфатов преобладают фосфаты кальция, причем высока доля свежеосажденных фракций Са -PI и Са-PII (табл. 25). В черноземовидной глубокооглеенной почве доля органических соединений возрастает до 50%, так как в условиях кислой реакции органическое вещество приобретает большую способность связывать фосфор. Различия по содержанию органического фосфора по сравнению с черноземом типичным достоверны при 95%-м уровне вероятности (Приложение 15). Фосфаты железа и свежеосажденные фракции Са -PI и Са-PII активного минерального фосфора вымываются из профиля. Снижение их содержания определяет соответственное уменьшение подвижности соединений фосфора.

Значительного накопления фосфора в мелкоземе черноземовидной оподзоленной глееватой почве замкнутой депрессии не наблюдается, так как большая его часть концентрируется в ортштейнах. В условиях длительного застоя влаги и высокой активности железа роль органического вещества в сорбировании фосфатов снижается. В составе активных минеральных фосфатов преобладают фосфаты железа, а среди фосфатов кальция - III апатитовая фракция.

Осолонцевание черноземовидных оглеенных почв под воздействием грунтовых гидрокарбонатно-натриевых вод так же сопровождается достоверным при 95%-м уровне вероятности снижением содержания активных минеральных фосфатов по сравнению с черноземом типичным (табл. 25, Приложение 15). При этом содержание органических и прочносвязанных соединений во всех почвах катены II находится на уровне чернозема типичного. Накопления фосфатов железа так же не наблюдается. Снижение содержания подвижных соединений фосфора в почве обусловлено только переходом фосфатов кальция из свежеосажденных фракций Са -PI и Са-PII в апатитовую фракцию Са-PIII.

Таким образом, на юге Тамбовской равнины при заболачивании поверхностными водами дефицит фосфора в черноземовидных оглеенных почвах обусловлен

накоплением его подвижных соединений в ортштейнах и оклюдированием органическим веществом, а при заболачивании гидрокарбонатно-натриевыми водами – переходом в апатитовую фракцию.

7.4. Количественные критерии диагностики

Проблема количественной диагностики степени заболоченности почв черноземного ряда Тамбовской равнины остается не решенной до настоящего времени.

В качестве диагностических показателей были рассмотрены критерий Швертманна (Feo/Fed) и новый, предложенный Л.В. Степанцовой и В.Н. Красиным (2003) для севера Тамбовской равнины коэффициент степени гидроморфизма черноземовидных почв по соотношению оптической плотности щелочной и щелочной пирофосфатной вытяжек ($К_{I-II}$).

7.4.1. Критерий Швертманна.

Число работ, посвященных исследованиям вторичных оксидов и гидроксидов железа с целью диагностики тех или иных почвообразовательных процессов, значительно (Благовидов и др., 1957; Завалишин, 1928; Афанасьева, 1930).

В почвоведении широко используются вытяжки Тамма (Tamm, 1934) и Мера-Джексона (Mehra, Jackson, 1960). На их основе разработан критерий Швертманна (Schwertmann¸ 1964). Работ по его применению для диагностики разнообразных почвообразовательных процессов (в том числе и процесса оглеения) достаточно много (Зонн и др., 1976; Никифорова, 1989; Рыдкин и др., 1996).

Было установлено, что на севере Тамбовской равнины критерий Швертманна применим для диагностики черноземовидных оподзоленных оглеенных почв (Никифорова, Степанцова, 2005; Степанцова 2012). На юге Тамбовской равнины возможность его применения не рассматривалось.

Наши наблюдения показали, что при поверхностном заболачивании в мелкоземе пахотного горизонта черноземовидных оглеенных почв юга Тамбовской равнины наблюдается по сравнению с типичным черноземом достоверное при 95%-м уровне вероятности увеличение содержания аморфного железа. Содержание суммарного несиликатного железа, напротив, снижается. Однако критерий Швертман-

на обладает низкой чувствительностью. Доверительные интервалы значений критерия Швертманна для типичного чернозема и черноземовидной глубокооглеенной почвы совпадают (табл. 26). Нет существенных различий в значениях данного показателя между черноземовидными солонцеватыми оглеенными почвами, заболоченными гидрокарбонатно-натриевыми водами.

Для оценки степени гидроморфизма черноземовидных оглеенных почв юга Тамбовской равнины можно предложить следующие интервалы граничных значений критерия Швертманна (Fe_o/Fe_d) (табл. 26):

1) 0,10-0,15 - черноземы типичные и черноземовидные глубокооглеенные почвы - пригодны для возделывания почти всех районированных культур.

2) 0,3-0,50 - черноземовидные оподзоленные глееватые почвы - использование в естественном состоянии только в качестве сенокосов и пастбищ.

3) 0,15-0,30 - черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы– пригодны под полевые культуры, выдерживающие слабощелочную реакцию (озимую пшеницу, сахарную свеклу, ячмень).

7.4.2. Коэффициент степени гидроморфизма черноземовидных почв по соотношению оптической плотности различных вытяжек

Оптическая плотность ГК является важным диагностическим признаком, позволяющим оценить химическое строение, гидрофильность гумусовых кислот, их способность к образованию комплексных соединений (Плотникова, 1972; Орлов и др., 2004). М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой (Орлов, Гришина, 1991) была предложена пропись простого метода измерения оптических плотностей гумусовых кислот. Этот метод получил широкое применение при зонально-генетических исследованиях почв. Например, К.Ш. Казеев и др. (1998) указывают, что невысокие значения оптических плотностей гуминовых кислот почв предгорий Северо-Западного Кавказа свидетельствуют об их относительной молодости.

Однако для оценки водного режима этот показатель использовали мало (Старцев, 1989; Зайдельман, 1992), хотя многие исследователи отмечают изменение оптической плотности гумусовых кислот с ростом степени гидроморфизма почв. Так, Д.С. Безуглова и О.Т Назаренко (1998) указывают, что в мочаристой почве в

слое 20-40 см коэффициент цветности гуминовых кислот второй фракции увеличивается по сравнению с черноземом почти в 3 раза: от 2,8 до 7,4. Растет и коэффициент цветности ГК III от 3,7 - в черноземе до 5,3 - в мочаре. Это свидетельствует о росте доли алифатических структур в молекулах гуминовых кислот мочаристой почвы.

Для диагностики черноземовидных почв севера Тамбовской равнины был предложен критерий, основанный на соотношении оптических плотностей гумусовых кислот I и II фракции – K_{I-II} (Зайдельман и др., 2012). Полевые наблюдения показали, что его можно успешно использовать для уточнения почвенных границ при крупномасштабном картографировании (Степанцова, Красин, 2011). Методика его определения представлен в приложении 2.

В ряду почв катены I различия в значениях коэффициента K_{I-II} между черноземом типичным, черноземовидной глубокооглеенной и черноземовидной оподзоленной глееватой почв достоверны при 95%-м уровне вероятности (табл. 26). Так как поверхностное заболачивание способствует выносу кальция из ППК и увеличению доли I фракции, извлекаемой щелочью без декальцирования, щелочная вытяжка в направлении от чернозема типичного к черноземовидной оподзоленной глееватой почве становится более темной. Значения K_{I-II} соответственно возрастают.

Различия в значениях изучаемого показателя между почвами катены II не достоверны, так как заболачивание гидрокарбонатно-натриевыми водами приводит к сокращению доли I фракции и щелочная вытяжка становится светлой для всех черноземовидных солонцеватых почв. Кроме того, нет существенных различий в значениях K_{I-II} чернозема типичного и черноземовидных почв солонцового ряда, хотя абсолютные значения оптической плотности щелочной и щелочной пирофосфатной вытяжек достоверно различаются.

Анализ фракционного состава органического вещества показал, что в черноземовидных солонцеватых почвах по сравнению с черноземом типичным значительно уменьшается содержание III фракции гуминовых кислот и негидролизуемого остатка. Учесть изменение этих фракций можно по общему содержанию органического вещества в почве.

Таблица 26. Количественные показатели степени гидроморфизма черноземовидных оглеенных почв юга Тамбовской равнины.

Почва, разрез	Морфологические критерии гидроморфизма	Продуктивность с.-х. культур	Количественные показатели степени переувлажнения и заболачивания					
			Критерий Швертманна **Feo/ Fed** по мелкозему пахотного горизонта		**K_{I-II}** по мелкозему пахотного горизонта		Модифицированный показатель **K_{I-II} x $C_{орг}$** по мелкозему пахотного горизонта	
			$X \pm t_{0,95}m$	Интервал	$X \pm t_{0,95}m$	Интервал	$X \pm t_{0,95}m$	Интервал
1. Чернозем типичный	Отсутствуют	Возможно возделывание всех районированных культур, лимитируются количеством влаги	0,118±0,014	0,10-0,13	0,94±0,31	0,61-1,30	3,59±1,06	2,5-5,0
Катена I - черноземовидные оглеенные почвы								
2. Черноземовидная глубокооглеенная	Ортштейны, мелкие Mn вкрапления, пятна оглеения в нижней части профиля	В сухие годы повышение урожайности зерновых на 10-20% по сравнению с черноземом типичным	0,137±0,012	0,12-0,15	2,04±0,53	1,6-3,00	6,85±1,41	5,1-9,0
3. Черноземовидная оподзоленная глееватая	Ортштейны, гумусовые кутаны, Mn вкрапления, пятна оглеения в нижней части профиля	Ежегодные вымочки зерновых	0,392±0,041	0,30-0,50	5,53±1,20	3,1-8,0	14,66±3,38	10-20
Катена II - черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы и солонец черноземовидный глееватый								
4. Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	Ортштейны, гумусовые кутаны, Mn вкрапления, пятна оглеения	В сухие и средние годы повышение урожайности зерновых на 20-50% по сравнению с типичным черноземом	0,240±0,023	0,20-0,30	0,60±0,15	0,4-0,8	2,10±0,43	1,5-2,5
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная			0,219±0,042	0,15-0,30	0,42±0,10	0,3-0,6	1,28±0,23	1,0-1,5
6. Солонец черноземовидный глееватый	Ортштейны, гумусовые кутаны, Mn вкрапления, оглеен весь профиль	Ежегодные вымочки зерновых	0,270±0,011	0,25-0,30	0,43±0,12	0,3-0,6	0,79±0,22	Менее 1,0

Поэтому, нами был предложен модифицированный коэффициент степени гидроморфизма черноземовидных почв юга Тамбовской равнины ($К_{I-II}$*$С_{орг}$) (Зайдельман и др., 2013). Методика его определения представлена в приложении 2. Модифицированный коэффициент обладает высокой чувствительностью. Для диагностики почв юга Тамбовской равнины были предложены следующие его значения:

1) < 1 – солонцы черноземовидные глееватые, низкая продуктивность, в настоящее время освоение нецелесообразно, поскольку они рассеяны мелкими пятнами 0,2га;

2) 1,0-1,5 – черноземовидные сильносолонцеватые среднеоглеенные почвы – пригодны под полевые севообороты, за исключением плодовых культур и культур чувствительных к слабощелочной реакции почв (картофель, гречиха, лен, люпин);

3) 1,6-2,5 - черноземовидные слабосолонцеватые слабооглеенные почвы, пригодны под полевые севообороты, исключить только плодовые культуры;

4) 2,5-5,0 – черноземы типичные – пригодны для возделывания любых районированных культур, для получения стабильных урожаев целесообразно орошение;

5) 5,1-9,0 – черноземовидные глубокооглеенные почвы - интенсивные севообороты, продуктивные луга;

6) > 10 – черноземовидные оподзоленные глееватые почвы – без дренажа только как сенокосы и пастбища, с дренажом - любое использование.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные лабораторные и полевые исследования позволили нам:

1) Дать оценку влияния нарастающего в пространстве гидроморфизма при заболачивании пресными поверхностными и гидрокарбонатно-натриевыми грунтовыми водами на морфологические особенности, агрофизические, физико-химические и химические свойства черноземовидных оглеенных и черноземовидных солонцеватых оглеенных почв юга Тамбовской низменности (табл. 27);

2) Разработать рекомендации по их рациональному использованию в естественном состоянии и обосновать целесообразность проведения мелиоративных мероприятий (табл. 27 и 29);

3) Разработать для использования в почвенно-картографической и агрономической практике новую методику количественной полевой диагностики черноземовидных почв юга Тамбовской равнины по макроморфологическим особенностям и новообразованиям (табл.28);

4) Предложить новый аналитически количественный показатель – модифицированный коэффициент степени гидроморфизма черноземовидных почв по соотношению оптической плотности различных вытяжек и разработать его градации почв (табл. 27).

Научная новизна исследований. Впервые для юга Тамбовской низменности дана сравнительная характеристика агрофизических особенностей, водного режима и продуктивности, черноземовидных оглеенных и черноземовидных солонцеватых оглеенных почв в 4-х летнем периоде. Получены новые данные об их морфологических и химических особенностях. Установлено влияние поверхностного и грунтового заболачивания на дифференциацию их профиля, содержание различных форм соединений железа, качественный состав органического вещества. Изучены макро- и мезоморфологические особенности и химический состав карбонатных и марганцево-железистых конкреций. Выявлено их диагностическое значение для оценки гидрологического режима и агроэкологического состояния, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных и солонцов черноземовидных глееватых юга Тамбовской низменности.

Таблица 27. Гидрологическая оценка, диагностика, морфологические признаки, агрофизические свойства и рекомендации по использованию типичного чернозема, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины, в естественном состоянии и после мелиорации.

Почва	Глубина грунтовых вод	Водный режим гумусового горизонта	Морфологические признаки оглеения	Карбонатные новообразования	Mn-Fe новообразования	Агрофизические свойства	Урожайность зерновых культур по сравнению с черноземом типичным	Сельскохозяйственное использование		$К_{I-II}$* $С_{орг}$
								в естественных условиях	после осушения	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Катена I - чернозем типичный и черноземовидные оглеенные почвы										
1.Чернозем типичный	Более 10 м	Периодически промывной	Отсутствуют	Мицелий, однородные конкреции с 2 м	Отсутствуют	Благоприятные для сельскохозяйственных культур	Во влажные и средние годы 35-45 ц/га	Полевые севообороты с парами для накопления влаги		2,5-5,0
2.Чернозем овидная глубокооглеенная	3-7 м	Застой влаги 1-2 недели – во влажные годы	Сизые пятна 5-10% с глубины 130 см	Пропитка, мучнистые вкрапления, редкие двухслойные «журавчики» со 120 см	Мелкие угловато округлые, черные ортштейны, мелкие Mn вкрапления	Образование плужной подошвы на 20-40 см, уплотнение нижних горизонтов	Во влажные годы снижение озимых на 20-30%, в сухие повышение на 30-40%	Полевые севообороты, занятой пар	Любон использование	5,1-9,0
3.Чернозем овидная оподзоленная глееватая	2 м	Застой влаги в средние и влажные годы до 1,5-2 месяцев	Скелетаны на 30-70 см, на 70-130-сизовато-серые кутаны, пятна оглеения с 80 см, со 110-мраморовидный горизонт	Пропитка, натеки со 150 см, угловатые, сильно изрезанная, буровато-серые угловатые с острыми ребрами конкреции	Округлые, черные и бурые ортштейны 1-3 мм, многочисленные Mn вкрапления	Повышенная плотность и низкая пористость и воздухоемкость всего профиля	За исключением сухих лет ежегодные вымочки, в сухие выше в 2 раза	Естественные сенокосы и пастбища	Полевые севообороты	10-20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Катена II – черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы и солонец черноземовидный глееватый										
4.Чернозем овидная слабосолонцеватая слабооглеенная	1,5-2,0 м	Застой влаги 1-2 недели во влажный год	60-80 см – темно-серые гумусовые кутаны, сизые пятна с 70см 10-20%, , со 105 см – мраморовидный горизонт	Карбонатные мучнистые вкрапления, три горизонта карбонатных конкреций, вверху плотные серые, в середине округлые белые, внизу – угловатые белые	Округлые пестрые ортштейны 1-3 мм, редкие Mn вкрапления	Повышенная плотность со 40 см, снижение пористости и воздухоемкости, солонцеватый горизонт комковато-призматической структуры 70-110 см	Во влажные годы такая же, как и на типичном черноземе, в средние повышение на 40-50%, в сухие - повышение в 3 раза	Возделывание всех культур, преимущественно зерновых, выдерживающих слабощелочную реакцию	Дренаж нецелесообразен	1,5-2,5
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	1,2-1,5 м	Застой влаги во влажные и средние годы до 3-4 недель	С 60-80 см - темно-серые гумусовые кутаны, сизые пятна с 50 см 10-20%, со 105 см – мраморовидный горизонт	Карбонатные мучнистые вкрапления, три типа карбонатных конкреций, вверху очень плотные буровато-серые, в середине округлые белые, внизу - угловатые ребристые, белые	Округло-угловатые, пестрые ортштейны 0,25-2 мм, редкие Mn вкрапления					
6. Солонец черноземовидный глееватый	1,0-1,2 м	Застой влаги на глубине 20-40 см в средние и влажные года до 1,5 месяца	Осветленная слоеватая корочка на поверхности, 60-80 сизовато-черные гумусовые кутаны, сизые пятна с 50 см 10-20%, со 105 см – мраморовидный горизонт	Карбонатные мучнистые вкрапления, три горизонта карбонатных конкреций, вверху темно-серые, в середине округлые белые и серые, внизу - угловатые белые	Угловатые пятнистые ортштейны 0,25-2 мм, обильные Mn вкрапления	Повышенная плотность, снижение воздухоемкости, слитой пахотный горизонт солонцовый горизонт на 20-40 см	Ежегодные вымочки	Освоение солонцов нецелесообразно, поскольку они рассеяны мелкими пятнами 0,2 га	Дренаж нецелесообразен	Менее 1,0-1,5

$K_{I\text{-}II}$* $C_{орг}$ – модифицированный коэффициент степени гидроморфизма черноземовидных почв юга Тамбовской низменности

Таблица 28. Морфологические особенности чернозема типичного, черноземовидных оподзоленных оглеенных, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого Тамбовской равнины.

Почвы	Гумусовый горизонт, цвет, структура, мощность	Диагностические горизонты			Новообразования		
		Оподзоленные (осветленные)	Оглеенные	Солонцовые	Карбонатные новообразования	Mn-Fe конкреции	Другие новообразования
1.Чернозем типичный	Темно-серый, среднезернистый 80-110 см	Нет	Нет	Нет	Карбонатный мицелий, однородные карбонатные конкреции с 200 см	Нет	Нет
Почвы катены I – чернозем типичный и черноземовидные оглеенный почвы							
2.Черноземовидная глубокооглеенная	Темно-серый, среднезернистый 90-110 см	Нет	Горизонт Cg со 180 см	Нет	Мучнистые вкрапления, угловатые конкреции на верхней границе капиллярной каймы	Мелкие 0,5-1 мм черные угловато-округлые ортштейны	Редкие Mn вкрапления и светло-бурые глинистые кутаны по корневым ходам (не более 5% от поверхности педов)
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	Темно-серый, комковато-зернистый, 60-70 см	Горизонт A2B мощностью 10-15 см под гумусовым горизонтом	Горизонт $Bg^{///}$ и Cca,g	Нет	Угловатые конкреции с острыми ребрами и Mn вкраплениями на уровне ГВ	Бурые и черные округлые ортштейны 1-3 мм	Скелетаны, Mn вкрапления и сизовато-серые гумусовые кутаны на 70-100% поверхности педов
Почвы катены II – черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы и солонец черноземовидный глееватый							
4.Черноземовидная солонцеватые оглеенные почвы	Темно-серый комковато-зернистый или порошистый, 50-60 см	нет	Горизонты Bca,$g^{///}$и Cca,$g^{///}$	На глубине 40-60 см, призматический	В солонцеватом горизонтом 3 вида: серовато бурые, плотные, угловато-округлые, в зоне капилярной каймы - белые рыхлые округлые, на верхней границе ГВ угловатые с Mn вкраплениями	Пестрые мелкие 0,5-1 мм угловатые ортштейны	Многочисленные Mn вкрапления и темно-серые гумусовые кутаны 70-100% поверхности педов иллювиального горизонта, пятна ожелезнения
5.Солонец черноземовидный глееватый	Темно серый, призматический, 40-45 см	Осветленная кремнистая слоистая корочка мощностью 5 см на поверхности	Оглеен весь профиль, горизонты Bca,$g^{///}$ и Cca,$g^{///}$	На глубине 40-60 см, призматический	В солонцовом горизонтом Звида: черные пористые, угловато-округлые, в зоне капилярной каймы - светло-серые рыхлые округлые, на верхней границе ГВ - угловатые с Mn вкраплениями	Пестрые мелкие 0,5-1 мм угловатые ортштейны	Многочисленные Mn вкрапления и темно-серые гумусовые кутаны 70-100% от поверхности педов иллювиального горизонта, пятна ожелезнения

Практическая значимость работы.

1. Предложена система мероприятий по рациональному сельскохозяйственному использованию черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных и солонцов черноземовидных глееватых в естественном состоянии.

2. На основе морфологических и эколого-гидрологических исследований черноземов типичных, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных и солонцов черноземовидных глееватых юга Тамбовской низменности рекомендована для использования в почвенно-картографической, агрономической и мелиоративной практике новая методика их количественной полевой диагностики.

3. Предложен новый аналитический количественный показатель – модифицированный критерий степени гидроморфизма черноземных почв (K_{I-II}*$C_{орг}$) по соотношению оптических плотностей различных вытяжек из гумусовых горизонтов и общему содержанию органического вещества (табл. 27 и 28).

1. Рекомендации по использованию черноземных почв юга Тамбовской равнины с учетом степени их гидроморфизма и агрофизических особенностей (табл. 29):

1.1. Черноземы типичные пригодны для возделывания всех районированных культур без дренажа. Для получения стабильных урожаев овощных и полевых культур целесообразно орошение в средние и сухие годы.

1.2 Черноземовидные глубокооглеенные почвы пригодны для возделывания полевых культур и многолетних трав. Дренаж необходим только для плодовых культур. Под овощные целесообразно проводить орошение в сухие годы.

1.3. Черноземовидные оподзоленные глееватые почвы без дренажа можно использовать только как сенокосы и пастбища. Из однолетних трав возможен только посев клевера розового или канареечника. После проведения дренажа можно возделывать овощные и полевые культуры. Известкование необходимо только под чувствительные к повышенной кислотности культуры - яровой ячмень, сахарную свеклу.

1.4. На черноземовидных слабо- и сильносолонцеватых оглеенных почвах без проведения мелиоративных мероприятий можно получать высокие урожаи ярового ячменя, озимой пшеницы, сахарной свеклы, т.е. культур выдерживающих слабощелочную реакцию. Под плодовые культуры эти почвы не пригодны. Из многолетних трав можно возделывать люцерну желтую, костер безостый, донник, житняк, овсяницу. Естественные травостои малопродуктивны.

1.5. Солонцы черноземовидные глееватые характеризуются низким плодородием. Так как они занимают незначительные площади (0,5% от сельскохозяйственных угодий) в настоящее время проведение коренных мелиоративных мероприятий нецелесообразно. В естественном состоянии их можно использовать под посевы донника и овса на сено.

2. Разработаны критерии полевой диагностики чернозема типичного и черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонцов черноземовидных глееватых юга Тамбовской равнины (табл. 29).

3. При крупномасштабном картировании, рекогносцировочных исследованиях и для уточнения границ почвенных разновидностей можно использовать модифицированный коэффициент степени гидроморфизма черноземовидных почв юга Тамбовской равнины ($К_{I-II}*С_{орг}$).

Таблица 29. Рекомендации по использованию в естественном состоянии чернозема типичного черноземовидных оглеенных черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины и целесообразность мелиорации.

Почва	Лимитирующий фактор	Рекомендации по использованию в естественном состоянии				Целесообразность применения орошения и дренажа	Использование после мелиорации
		Полевые культуры	Овощные	Плодовые и ягодные культуры	Травы		
1.Чернозем типичный	В сухие и средние годы резкий дефицит влаги	Севообороты с чистыми парами, оз. пшеница, яр. ячмень, сахарная свекла, подсолнечник	С орошением столовая свекла, капуста, лук, томаты, огурцы, картофель и др.	Яблоня, груша, вишня, смородин и др.	Люцерна желтая, эспарцет	Орошение зерновых и овощных культур	Все районированные культуры
Почвы катены I - чернозем типичный и черноземовидные оглеенный почвы							
2.Черноземовидная глубокооглеенная	Во влажные годы застой влаги в верхнем метре профиля1-2 недели на плужной подошве	Севообороты с занятыми парами, оз.пшеница, яр. ячмень, сахарная свекла, подсолнечник	Столовая свекла, капуста, лук, томаты, огурцы, картофель и др.	Смородина и др. ягодники	Клевер луговой, люцерна посевная, ежа сборная, овсяница луговая	Чизелевание для разрушения плужной подошвы, для овощных - орошение	Все районированные культуры
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	Ежегодный за исключением сухих лет 1,5-2 месяца застой влаги на плотных нижних горизонтах, повышенная потенциальная кислотность	Посев многолетних трав, сенокосы, пастбища	Не пригодны, вымочки	Не пригодны, гибель деревьев и кустарников	Клевер розовый, бекмания, канареечник	Для полевых культур дренаж, под сахарную свеклу + известкование	Районированные полевые и овощные культуры
Почвы катены II – черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы и солонец черноземовидный глееватый							
4.Черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы	Грунтовые воды на глубине 1,5-2,0 м, во влажные годы застой влаги на солонцеватом горизонте 2-3 недели, солонцеватый горизонт на 60-80 см, слабощелочная реакция с 60 см, плотность более 1,4 г/см^3 с 60 см	Севообороты с занятыми парами, озимая пшеница, яровой ячмень, сахарная свекла	Малопригодны, возможно - кукуруза, огурцы, капуста	Не пригодны, гибель деревьев и кустарников	Кострец безостый, люцерна желтая, донник, житняк, овсяница	Под полевые культуры не требуется, под сады - систематический дренаж	Районированные полевые и овощные культуры устойчивые к слабощелочной реакции
5.Солонец черноземовидный глееватый	ГВ на глубине 1-1,5 м, во влажные и средние годы застой влаги на солонцовом горизонте 3-4 недели, кислая реакция в верхних 20 см, слабощелочная реакция с 20 см. высокая плотность - 1,4 г/см^3	Не пригодны	Не пригодны,	Не пригодны	Донник, овес на сено	Дренаж, гипсование, внесение органики	Районированные полевые и овощные культуры

ВЫВОДЫ

1. В условиях юга Тамбовской равнины заболачивание кислыми атмосферными водами способствует снижению водопрочности структуры, образованию плужной подошвы, увеличению потенциальной кислотности и ухудшению других агрофизических свойств черноземовидных оглеенных почв. Заболачивание грунтовыми водами гидрокарбонатно-натриевого состава ведет к элювиально-иллювиальной дифференциации по илу и сопровождается формированием в их профиле глыбистого или столбчато-призматического солонцового горизонта с щелочной реакцией, высокой плотностью и низким коэффициентом фильтрации.

2. Для чернозема типичного характерен резкий дефицит влаги в сухие и средние по обеспеченности осадков годы. В профиле черноземовидных глубокооглеенной и оподзоленной глееватой почвах в средние и влажные по зимним осадкам годы верховодка наблюдается до середина мая и середины июля соответственно. Водный режим черноземовидных солонцеватых оглеенных почв определяется высоким уровнем грунтовых вод (1,5-2 м). Для верхних 50 см характерна контрастная смена весеннего переувлажнения летним иссушением до значения ВЗ, влажность их нижних горизонтов находится в интервале ВРК-НВ.

3. Урожайность зерновых и многолетних трав на черноземе типичном лимитируется среднегодовым количеством осадков. По сравнению с черноземом типичным на черноземовидных глубокооглеенных почвах урожайность зерновых во влажные и средние годы уменьшается на 20-30%, а в сухие увеличивается на 20-30%, на черноземовидных оподзоленных глееватых почвах длительный застой влаги ведет к постоянным вымочкам зерновых, урожайность многолетних трав на 50-100% выше. Лучшая обеспеченность влагой черноземовидных солонцеватых оглеенных почв определяет повышение урожайности зерновых в средние годы на 20-30%, в сухие в 2-3 раза, продуктивность естественного травостоя невысокая.

4. В черноземе типичном неконкреционные формы карбонатов представлены карбонатным мицелием, в черноземовидных оглеенных и солонцеватых почвах – натеками, прожилками, мучнистыми вкраплениями. Важное диагностическое значение имеют твердые конкреции. В черноземе типичном плотные однородные светло-бурые стяжения указывают на глубину сезонного промачивания, в чернозе-

мовидных глубокооглеенных почвах угловато-округлые слабодифференцированные - на верхнюю границу капиллярной каймы, в черноземовидных глееватых и черноземовидных солонцеватых почвах - угловатые с острыми ребрами и кавернами - на положение уровня грунтовых вод. В летний период черные угловатые конкреции образуются в солонцеватых горизонтах, светлые слабоуплотненные - в зоне капиллярной каймы. Цвет темных конреций обусловлен гуминовыми кислотами, светлых - преобладанием фульвокислот.

5. Оглеение в условиях застойно-промывного водного режима ведет к формированию в черноземовидных оглеенных и солонцеватых оглеенных почвах новообразований не характерных для типичных черноземов: Mn вкраплений, ортштейнов, гумусовых кутан, «скелетан». Светло-серый цвет кутан черноземовидных оглеенных почв обусловлен фульвокислотами, черных в солонцеватых оглеенных почвах - гуминовых. Диагностическое значение имеет строение Mn-Fe ортштейнов при 40-50-ти кратном увеличении. Кратковременный 2-3 недели застой влаги ведет к формированию черных плотных конкреций, длительный до 1,5 месяцев – бурых пористых, осолонцевание под влиянием гидрокарбонатно-натриевых вод – пятнистых.

6. Заболачивание поверхностными водами ведет к вымыванию из ППК кальция, а при длительном застое влаги - и магния. Черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы и солонцы черноземовидные глееватые являются малонатриевыми, но с высокой долей магния (Na - 15-20%, Mg – 20-40%).

7. Чернозем типичный и черноземовидная глубокооглеенная почва отличаются равномерным распределением SiO_2 и полуторных окислов по профилю. В черноземовидной оподзоленной глееватой почве наблюдается обеднение верхних горизонтов Fe и Al. Солонцы черноземовидные глееватые и черноземовидные солонцеватые оглеенные почвы резко дифференцированы по элювиально-иллювиальному типу.

8. Черноземовидные оглеенные почвы отличаются от чернозема типичного увеличением в составе органического вещества доли гуминовых и фульвокислот I фракции. При заболачивании грунтовыми водами увеличивается содержание II и

уменьшается доля III фракции и негидролизуемого остатка. С ростом степени гидроморфизма снижается общее содержание и гуматность органического вещества.

9. Все исследуемые почвы имеют высокую обеспеченность по легкогидролизуемому азоту и обменному калию для зерновых культур. Содержание подвижного фосфора в черноземовидных оглеенных и черноземовидных солонцеватых оглеенных почвах уменьшается за счет сорбции минеральных фосфатов органическим веществом и накопления фосфатов железа в ортштейнах - при поверхностном заболачивании и переходом активных минеральных форм фосфора в апатитовую фракцию – при грунтовом.

10. Значения критерия Швертманна для чернозема типичного составляют 0,1-0,15, в черноземовидных оглеенных и черноземовидных солонцеватых возрастают до 0,30-0,50. Состав органического вещества резко изменяется при наличии дополнительного поверхностного и грунтового увлажнения. Это позволило предложить новый количественный показатель - модифицированный коэффициент степени гидроморфизма черноземовидных почв по оптической плотности щелочной, щелочной пирофосфатной вытяжках и общему содержанию органического вещества в почве.

Литература

1. *Агроклиматический справочник* по Тамбовской области. Л.:Гидрометеоиздат, 1959.
2. *Адерихин П.Г.* Изменение структуры почв Воронежской области при использовании их в сельском хозяйстве // Охрана природы Центрально-Черноземной полосы. Воронеж, 1960. С. 9-30.
3. *Адерихин П.Г.* Почвы Воронежской области. Изд-во ВГУ, Воронеж, 1963. 264с.
4. *Адерихин П.Г.* Фосфор в почвах и земледелии Центрально-Черноземной полосы. Изд-во ВГУ, Воронеж, 1970, 248с.
5. *Адерихин П.Г., Ахтырцев Б.П., Мусиков К.К.* Земельный фонд Тамбовской области и его качественная оценка. Изд-во ВГУ. Воронеж, 1974, 182с.
6. *Адерихин П.Г., Джегерис Б.Т.* Комплексы засоленных почв подзоны типичных черноземов Окско-Донской низменности. – Тр. Воронежского ун-та. Воронеж, 1968, т. 65.
7. *Александрова Л.И., Найденова О.А.* Лабораторно-практические занятия по почвоведению.//Л., «Колос», Ленинградское отделение, 1976, 280с.
8. *Алисов Б.П.* Климатический очерк Курской, Орловской, Тамбовской и Воронежской областей//Вопросы географии. Сб. 13. Воронеж, 1949. С. 23-35.
9. *Андреев Б.В.* Теоритические основы повышения плодородия солонцов и солонцеватых почв // Научный ежегодник за 1954 год. Саратов: Саратов. ун-т, 1955. С. 339 – 340.
10. *Антипов – Каратаев И.Н.* Вопросы происхождения и географического распространения солонцов СССР // Мелиорация солонцов в СССР. М., 1953. С. 11 – 266.
11. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1962. 463 с.
12. *Аристовская Т.В.* Микробиология процессов почвообразования. Л.: Наука, Ленингр. отд-ние. 1980. 187 с.
13. *Артемьева З.С.* Состав белоглазки черноземов теплой фации // Вестн. МГУ. Сер. почвоведение. 1986. № 3. С. 55-56.
14. *Аскинази Д.Л.* Фосфатный режим и известкование почв с кислой реакцией. Изд-во Академии Наук СССР. Москва-Ленинград,1949. 213с.
15. Атлас Тамбовской области // И-1183М ГУГК. Тамбовская обл. Карты и атласы. 1981. 33с
16. *Афанасьев Я.Н.* Из области анаэробных и болотных процессов // Почвоведение, 1930. №6. С. 5-45.
17. *Афанасьева Е.*А. Солевой профиль черноземов и пути его формирования // Черноземы СССР. М.: Колос, 1974. Т.1. С. 145 – 156.r
18. *Афанасьева Е.А.* Черноземы Среднерусской возвышенности. М.: Наука, 1966. 224с.
19. *Ахтырцев А.Б.* Гидроморфные почвы и переувлажненные земли лесостепи и степи Русской равнины. Автореф. дис. … докт.биол.н. Воронеж. 1999. 42 с.

20. *Ахтырцев А.Б.* К характеристике почв западин северной части Тамбовской равнины // Науч. зап. Воронежского отд. геогрф. Об-ва СССР. Изд-во ВГУ. Воронеж, 1974. С. 30-39.
21. *Ахтырцев А.Б., Адерихин П.Г., Ахтырцев Б.П.* Лугово-черноземные почвы центральных областей Русской равнины Воронеж: Изд-во ВГУ, 1981, 176с.
22. *Ахтырцев Б.П, Шевченко Г.А.* Лесные черноземы Среднерусской лесостепи// Научные записки Воронежского отдела географического общества СССР.-Воронеж, 1974. -.60-75.
23. *Ахтырцев Б.П. Ахтырцев А.Б.* Почвенный покров Среднерусского Черноземья. Изд-во ВГУ. Воронеж, 1993. 214с.
24. *Ахтырцев Б.П.* К характеристике лугово-черноземных почв юга Окско-Донской низменности // Биол. науки, 1960. № 1. С. 188-192.
25. *Ахтырцев Б.П.* К характеристике почвообразующих пород Центрально-Черноземных областей. В кн.: Почвы Европейской части СССР и пути их рационального использования. Изд-во ВГУ. Воронеж, 1972. С. 14-21.
26. *Ахтырцев Б.П. Лепелин И.А*. Водно-физические свойства типичных черноземов Среднерусской возвышенности в условиях интенсивного использования // Почвоведение, 2001. №4. С. 444-454.
27. *Ахтырцев Б.П.* Лесные почвы Среднерусской лесостепи Автореф. докт. дис. Воронеж, 1968. 48 с.
28. *Ахтырцев Б.П.* Особенности почв западин Среднерусской возвышенности и Тамбовской равнины // Почвоведение, 1974. № 9. С. 14-26
29. *Ахтырцев Б.П.* Почвенные комплексы Окско-Донской низменности // Известия Воронеж. отд. геогр. Об. СССР. Вып.4. Изд-во ВГУ. Воронеж, 1962. С 161-168.
30. *Ахтырцев Б.П*. Почвы осиновых кустов Окско-Донской равнины и их эволюция. – Науч. зап. Воронеж. отд. Геогр. о-ва СССР. Воронеж, 1972.
31. *Ахтырцев Б.П.* Серые лесные осолоделые почвы Среднерусской лесостепи. – Науч. зап. Воронеж. отд. Геогр. о-ва СССР. Воронеж, 1971
32. *Ахтырцев Б.П., Адерихин П.Г., Кадер Г.М.* Осолоделые почвы Окско-Донской равнины и их эволюция. Воронеж, 1975.
33. *Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б.* История формирования и эволюция черноземно-луговых палеосолонцов лесостепи Русской равнины в голоцене // Почвоведение. 1997. № 9. 1058-1067.
34. *Ахтырцев Б.П., Ахтырцев Л.А., Яблонских Л.А.* Особенности гидроморфных солонцов пойм Среднерусского Черноземья. // Почвоведение. 2004. № 1. С. 5 – 17.
35. *Ахтырцев Б.П., Джегерис Б.Т.* К вопросу об эволюции солодей. – Почвоведение, 1959, № 6.
36. *Ахтырцев Б.П., Лепилин И.А.* Влияние сельскохозяйственного использования на водно-физические свойства выщелоченных черноземов Среднерусской лесостепи // Почвоведение, 1985. № 8. С. 91-102.
37. *Ачканов С.А. Николаева С.А.* Вторичный гидроморфизм почв степных ландшафтов Западного Предкавказья // Почвоведение, 1999. №12. С. 1424-1432.

38. *Ачканов С.А., Николаева С.А., Блынская И.В.* Изменение свойств черноземов под влиянием переувлажнения в условиях Предкубанской степной равнины // Проблемы охраны и повышения плодородия почв на Северном Кавказе в современных экономических условиях. Тез. докл. на научно-практ. конф. Краснодар, 1997. С.44-46.
39. *Бабанин В.Ф., Карпачевский Л.О., Опаленко А.А., Шоба С.А.* О формах Fe-соединений в конкрециях из разных почв // Почвоведение, 1976. № 5. С. 132 – 138.
40. *Базилевич Н.И.* Геохимия почв содового засоления. М.: Наука. 1965. 350с.
41. *Базыкина Г.С., Бойко О.С.* Влияние аномальных погодных условий десятилетий на водный режим типичных черноземов заповедной степи (Курская область) // Почвоведение, 2008. № 7. С. 833 – 844
42. *Безуглова О.С., Назаренко О.Т.* Генезис и свойства мочаристых почв Предкавказья. //Почвоведение, 1998, № 12. С.
43. *Безуглова О.С., Юдина Н.В.* Взаимосвязь физических свойств и гумусированности в черноземах юга Европейской России // Почвоведение, 2006. № 2. С. 211 – 219.
44. *Бирюкова О.Н., Орлов Д.С.* Содержание и состав гумуса в основных типах почв России // Почвоведение, 2004. №2. С.171-188.
45. *Благовидов Н.Л., Рабинович В.А., Сель-Бекман Н.Я.* О характере изменения окислительного потенциала по профилю некоторых почв Ленинградской области // Почвоведение, 1957. №6. С.81-85.
46. *Большаков А.Ф.* Водный режим мощных черноземов Средне-Русской возвышенности. М.:АН СССР. 1961. 200 с.
47. *Бондарев А.Г., Кузнецова И.В.* Агрофизический блок в моделях плодородия почв, приемы управления. //Бюллетень Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1988. Вып.48. С.55-58
48. *Бондарев А.Г., Кузнецова И.В.* Проблема деградации физических свойств почв России и пути ее решения // Почвоведение, 1999. №9. С.1126-1131.
49. *Бондарев А.Г., Кузнецова И.В*. Физические основы повышения плодородия почв. Органическое вещество пахотных почв. Научные труды Почв. ин-та им. Докучаева. 1987. С. 28-36.
50. *Бондарев А.Г., Кузнецова И.В., Тихонравова П.И., Уткаева В.Ф*. Агрофизические свойства и режимы почв в решении современных проблем почвоведения и земледелия. Проблемы почвоведения. Науч.тр. Почв. ин-та им. Докучаева. 2006. С. 56-80
51. *Боронтов О.К., Никульников И.М., Кураков В.И., Сумин А.Н.* Водно-физические свойства и элементы водного режима чернозема выщелоченного при разных способах основной обработки и внесения удобрений в севообороте // Почвоведение, 2005. №5. С. 113-121.
52. *Бронникова М.А., Таргульян В.О.* Кутанный комплекс текстурно-дифференцированых почв. М.: Академкнига, 2005. С. 275.
53. *Бугаевский В.К.* О структуре почвенного покрова луговых почв лесостепи // Биологические науки, 1972. № 2. С. 124-128.
54. *Бугаевский В.К.* П изд., перераб. И доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с., ил.

55. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв.- 3-е.
56. *Василько В.П.* Предупреждение переувлажнения почвы в замкнутых понижениях рельефа. Автореферат канд. дис. Краснодар, 1975. 32 с.
57. *Вильямс В.Р.* Морфологические признаки черноземов. Собрание сочинений. Т.5. Москва, 1950. С. 547-566.
58. *Вильямс В.Р.* Почвоведение с основами земледелия. М.:Сельхозгиз, 1939. 205с.
59. *Водяницкий Ю.Н.* Гидроксиды железа в биогенных новообразованиях лесных почв Русской равнины // Почвоведение, 2003. № 12. С. 1440 – 1452.
60. *Водяницкий Ю.Н.* О способах обобщения данных химического фракционирования соединения железа в почвах // Почвоведение, 1993. № 2. С. 20 – 35.
61. *Воробьева Л.А.* Теория и практика химического анализа почв./ Под ред. Л.А. Воробьевой. – М.: ГЕОС, 2006. – 400с.
62. *Воробьева Л.А., Герасименко Н.М., Хитров Н.Б.* Влияние переувлажнения на природу щелочности обыкновенных черноземов и лугово-черноземных почв Ростовской области // Почвоведение, 2002. №4. С.431-442,
63. *Воронин А.Д.* Основы физики почв. Изд-во МГУ. Москва, 1986. 243с.
64. *Воскресенский К.П.* Сток рек и временных водостоков на территории лесостепной и степной зон европейской части СССР. – Тр. Гидрогогическ. ин-та. 1951. вып. 29.
65. *Высоцкий Г.Н.* Водоразделы и увлажнение степей. Изб. соч. Т.2. Изд-во АН СССР. М, 1962. С.372-384.
66. *Высоцкий Г.Н.* Глей //Почвоведение, 1905. №4. С.291-327.
67. *Гедройц К.К.* Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация. Носовская опытная станция. М., 1955. Т. 3. С. 5-133.
68. *Геммерлинг В.В.* Некоторые данные для характеристики подзолистых почв // Русский почвовед. 1922. Вып. 4 – 5. С. 20 – 27.
69. *Герасимова М.И. Губин С.В. Шоба С.А.* Микроморфология почв природных зон СССР. Пущино: ОНТИ ПНЦ, 1992. 215 с.
70. *Герцык В.В.* Материалы многолетних наблюдений над влажностью мощных черноземов в Центрально-черноземном заповеднике// Тр. ЦЧЗ, 1979. Вып.12. С.73.
71. *Гинзбург К.Е. Лебедева Л.В.* Методика определения минеральных форм фосфора в почвах - Агрохимия, 1971, №1, с. 25-68.
72. *Гинзбург К.Е.* Фосфор основных типов почв СССР. М.: Наука, 1981. 242с.
73. *Глинка К. Д.* Почвоведение. М.: Сельхозгиз. 1927. 580 с.
74. *Гниненко Н.В., Коваленко В.Е., Чабан В.И., Клявзо С.П.* Некоторые аспекты эволюции черноземов при их длительном интенсивном сельскохозяйственном использовании. // Почвоведение. 1998. №6. С. 732-738.
75. *Девятова Т.А. Щербаков А.П.* Изменение биологической активности черноземов русской равнины под влиянием гидроморфизма // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2005. №6. С. 24-25
76. *Денисов П.С.* Почвы Воронежской и Курской областей и их отношение к агротехнике. Воронеж. 1935.

77. *Добровольский В.В.* Карбонатные стяжения в почвах и почвообразующих породах Центрально-Черноземной области // Почвоведение, 1956. № 5. С. 31-42.
78. *Добровольский Г.В., Терешина Т.В.* Марганцево-железистые новообразования в почвах южной тайги // Почвоведение, 1970. № 12. С. 16 – 25.
79. *Добровольский Г.В., Шоба С.А.* Растровая электронная микроскопия почв. М.: Изд-во МГУ, 1978. 141с.
80. Доклад о состоянии окружающей природной среды и использование природных ресурсов Тамбовской области в 2000 году. Тамбов, 2001. 150с.
81. *Докучаев В.В*. Русский чернозем. Избранные сочинения. Т.1. М.: Сельхозгиз, 1948. С. 21-476.
82. *Докучаев В.В*. Картография русских почв. Избранные сочинения. Т.3. М.:Сельхозгиз, 1949. С.13-159.
83. *Докучаев В.В*. Наши степи прежде и теперь. Избранные сочинение. Т.2. М.:Сельхозгиз, 1949. С. 163-224.
84. *Докучаев В.В.* Русский чернозем М.-Л.: ОГИЗ – Сельхозиздат, 1936. 551 с.
85. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979, 416с.
86. *Егоров В. В.* Солевые аномалии в профиле степных солонцов и их причины. // Почвоведение 1967. № 5. С. 108 – 119.
87. *Завалишин А.А.* Несколько наблюдений к познанию почв с близким глеевым горизонтом // Сб. Памяти акад. К.А.Глинки. М.: АН СССР, 1928.
88. *Зайдельман Ф.Р.* Деградация богарных и орошаемых черноземов под влиянием переувлажнения и их мелиорации. М.: ООО АПР, 2012.
89. *Зайдельман Ф.Р.* Вторичное заболачивание почв их деградация, диагностика и защита // Почвоведение, 1998. № 3. С. 321 – 327.
90. *Зайдельман Ф.Р.* Генезис и проблемы классификации почв со светлыми кислыми элювиальными горизонтами // Почвоведение, 2004. № 2. С.233-242.
91. *Зайдельман Ф.Р.* Гидрологический режим почв Нечерноземной зоны. Л.: Гидрометеоиздат, 1992. 228с.
92. *Зайдельман Ф.Р.* Гидрологический фактор антропогенной деградации почв и меры ее предупреждения // Почвоведение, 2000. №10. С. 1272-1284.
93. *Зайдельман Ф.Р*. Гидроморфные почвы // Почвоведение, 2003. №8. С. 911-920.
94. *Зайдельман Ф.Р. Гинзбург Т.М.* Фракционный состав гумуса чернозема выщелоченного и черноземовидной оглеенной почвы севера лесостепи. //Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17, почвоведение. 2008. №4. С. 3 - 6.
95. *Зайдельман Ф.Р. Данилова Г.А*. Изменение органического вещества тяжелых дерново-подзолистых почв под влиянием глееобразования // Вестник МГУ. Сер.17. Почвоведение, 1992. №4. С. 25-36.
96. *Зайдельман Ф.Р.* Естественное и антропогенное переувлажнение почв. Гидрометеоиздат. Санкт-Питербург, 1992. 288 с.
97. *Зайдельман Ф.Р*. Методы эколого-мелиоративных изысканий и исследований почв. М.: Колос, 2008. 486 с.
98. *Зайдельман Ф.Р. Никифорова А.С. Степанцова Л.В*. Формы и свойства гумуссированных «языков» в профилях выщелоченного чернозема и лугово-

черноземных почв севера Тамбовской равнины// Вестник МГУ. 2001. Сер.17. Почвоведение. № 2. С 15-26.
99. *Зайдельман Ф.Р.* Подзоло- и глееобразование. М.: Наука, 1974. 208с.
100. *Зайдельман Ф.Р.* Принципы и опыт классификации минеральных почв гумидных ландшафтов по степени гидроморфизма и заболоченности // Почвоведение, 1984. № 2. С. 5-14.
101. *Зайдельман Ф.Р.* Причины образования светлых кислых элювиальных горизонтов в профиле почв // Почвоведение, 2007. № 10. С. 1155-1167.
102. *Зайдельман Ф.Р.* Процесс глееобразования и его роль в формировании почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 300 с.
103. *Зайдельман Ф.Р., Банников М.В.* Диагностика степени заболоченности почв флювиогляциальных низменностей и их мелиоративная оценка. //Вестник МГУ, сер. 17, почвоведение, 1997а, №2, с. 19-20.
104. *Зайдельман Ф.Р. Тюльпанов В.П., Ангелов Е.Н., Давыдов А.И.* Почвы мочарных ландшафтов (формирование, агроэкология и мелиорация). М.: Изд-во МГУ, 1998. 160 с.
105. *Зайдельман Ф.Р., Давыдов А.И.* Генетические и мелиоративные особенности черноземно-луговых засоленных почв Левобережья р. Кубань // Почвоведение, 1992. № 7. С. 5 – 15.
106. *Зайдельман Ф.Р., Давыдов А.И., Давыдова И.Ю.* Генетические особенности и гидрофизические свойства почв степных и мочарных ландшафтов юга России // Вест. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение, 1993. № 1. С. 15 – 21.
107. *Зайдельман Ф.Р., Никифорова А.С.* Экспериментальное моделирование процесса образования железо-марганцевых конкреций. // Вестник МГУ. Сер. Почвоведение. 1997. №1. С. 27 – 31.
108. *Зайдельман Ф.Р., Никифорова А.С.* Mn-Fe конкреции почв и их изменения под влиянием оглеения на почвообразующих породах разного генезиса // Почвоведение, 1998. № 8. С. 901-909.
109. *Зайдельман Ф.Р., Никифорова А.С.* Генезис и диагностическое значение новообразований почв лесной и лесостепной зон. Изд-во МГУ. М., 2001. 216с.
110. *Зайдельман Ф.Р., Никифорова А.С.* Диагностика степени гидроморфизма светло-бурых и дерново-подзолистых почв // Почвоведение, 1986. № 2. С. 5 – 14.
111. *Зайдельман Ф.Р., Никифорова А.С. Степанцова Л.В.* Химические свойства автоморфных и гидроморфных почв севера лесостепи // Вестн. Моск ун-та. Сер 17. Почвоведение. 2006. №1. С 18-26
112. *Зайдельман Ф.Р., Никифорова А.С. Степанцова Л.В., Сафронов С.Б., Красин В.Н.* Химические свойства почв замкнутых западин севера Тамбовской равнины// Вестн Моск. ун-та сер 17. Почвоведение. 2007. С. 35-41
113. *Зайдельман Ф.Р., Никифорова А.С., Санжаров А.И.* Кутаны и ортштейны неоглеенных и оглеенных почв на карбонатной морене и их диагностическое значение // Почвоведение, 1979. № 1. С.20-28.
114. *Зайдельман Ф.Р., Никифорова А.С., Степанцова Л.В.* Эколого-гидрологические особенности выщелоченных черноземов и лугово-черноземных почв севера Тамбовской равнины// Почвоведение. 2002. №9. С.1102-1114.

115. *Зайдельман Ф.Р., Никифорова А.С., Степанцова Л.В., Красин В.Н., Сафронов С.Б.* Эколого-гидрологические и генетические особенности черноземовидных почв замкнутых западин севера Тамбовской равнины // Почвоведение. 2008. № 2. С.198-213
116. *Зайдельман Ф.Р., Никифорова А.С., Степанцова Л.В., Сафронов С.Б., Красин В.Н.* Марганец, железо и фосфор в ортштейнах черноземовидных почв севера Тамбовской равнины и их значение для диагностики степени оглеения // Почвоведение. 2009. № 5. С 521-531
117. *Зайдельман Ф.Р., Степанцова Л.В., Никифорова А.С., Красин В.Н., Сафронов С.Б., Красина Т.В.* Генезис и деградация черноземов Европейской России под влиянием переувлажнения. Способы защиты и мелиорации // Воронеж: Кварта, 2013. – 352 с., ил.
118. *Зайдельман Ф.Р., Оглезнев А.К.* Определение степени заболоченности по свойствам конкреций // Почвоведение, 1971. №10. С. 94-101.
119. *Зайдельман Ф.Р., Рыдкин Ю.И.* Почвы ополий лесной зоны – генезис, гидрология, мелиорация и использование // Почвоведение, 2003. № 3. С.261-274.
120. *Зайдельман Ф.Р., Санжаров А.И. Полонская Л.И.* Кутаны и ортштейны дерново-подзолистых неоглеенных и оглеенных почв на ленточных глинах и их диагностическое значение // Почвоведение, 1982. № 11. С. 17-25.
121. *Зайдельман Ф.Р., Шваров А.П., Гинзбург Т.М.* Генезис, гидрология и свойства переувлажненных поверхностными водами почв мезопонижений севера Рязанской лесостепи. // Почвоведение, 2007. № 9. С. 1020 – 1040.
122. *Захаров С.А.* Курс почвоведения. М.-Л.:Гост. издат., 1927. 440с.
123. *Зонн С.В.* Железо в почвах. М.:Наука, 1982. 207с.
124. *Зонн С.В. Иванова Н.Б.* Зона аэрации и ее значение в водном режиме степей // Почвоведение, 1997. №10. С. 1187-1199.
125. *Зонн С.В., Ерошкина А.Н., Карманова А.Н.* О группах и формах железа как показателях генетических различий почв // Почвоведение, 1976. №10. С.3-12.
126. *Зонн С.В., Иванова Н.Б.* Зона аэрации и ее значение в водном режиме степей // Почвоведение, 1997. № 10. С. 1186 – 1199.
127. *Иванова Е.И., Розов И.Н.* Опыт систематики почв степной зоны СССР // Почвоведение, 1959. № 1. С. 59-70.
128. *Иванова Е.Н.* Генезис и эволюция засоленных почв в связи с географической средой // Почвы СССР. М.; Изд-во АН СССР, 1939. 235с.
129. *Иванова Е.Н.* Классификация почв СССР. М., 1976.
130. *Иванова Е.Н.* О распространении и генезисе лугово-черноземных почв ЦЧО // Классификация почв СССР. М.: Наука, 1976. С.145-156.
131. *Измаильский А.А.* Избранные сочинения. М.:Сельхозгиз, 1949. 335 с.
132. *Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф.* Гумусное состояние почв предгорий Северо-Западного Кавказа // Почвоведение. № 7. 1998. С. 848-853.
133. *Калиниченко В.П., Назаренко О.Г. Ильина Л.П.* Особенность структурной организации почвенной массы в переувлажненных склонов Черноземной зоны // Доклады Россельхозакадемии, 1997. №5. С. 22-24.
134. *Канев В.В. Казаков В.Г.* Оглеенные почвы западин в агроценоза бассейна р. Летка (республика Коми) // Почвоведение, 2006. №6. С. 645-656.

135. *Кауричев И.С.* Растворимость фосфатов дерново-подзолистых почв в зависимости от динамики железа в естественных условиях и в условиях коренной переделки почв. Автореферат дис. канд. с.-х. наук. М., 1947. 24с
136. *Качинский Н.А*. Физика почв. Ч.2. «Водно-физические свойства и режимы почв», М.: Высшая школа 1970, 358с.
137. *Кисис Т.Я.* О влагообеспеченности озимой пшеницы на черноземах обыкновенных и лугово-черноземных почвах // В сб.: Водный и солевой режимы, свойства и продуктивность почв. М., 1982. С. 42-45.
138. *Классификация почв России* (составили Тонконогов В.Д., Лебедева И.И.). М: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 1997. 236с.
139. *Классификация и диагностика почв СССР*. М.: Колос, 1977. 223 с.
140. *Ковда В.А.* Происхождение и режим засоленных почв. М.-Л., Изд-во АН СССР. 1946. Т. 1. 568 с.
141. *Ковда В.А.* Солонцы // Почвы СССР. М.-Л., Изд-во АН СССР. 1939. Т. 1. С. 299 – 348.
142. *Ковда В.А.* Солончаки и солонцы. М.: Изд-во АН СССР, 1937. 235с.
143. *Ковда В.А*. Солончаки и солонцы. М.-Л.:АН СССР, 1973. 468с
144. *Ковда И.В*. Карбонатные новообразования в почвах: старые и новые проблемы изучения// Почвы, биохимические циклы и биосфера (отв. ред. Н.Ф. Глазовский). М.: КМК, 2004. С. 115-136.
145. *Коковина Т.П.* Водный режим мощных черноземов и влагообеспеченность на них сельскохозяйственных культур. М.:Колос, 1974. 304с.
146. *Коковина Т.П.* Водный режим черноземов. Русский чернозем – 100 лет после Докучаева. М.:Наука, 1983. С. 50-68.
147. *Коковина Т.П.* Температурный и водный режим черноземов Поволжья // Черноземы СССР (Поволжье и Предуралье). М.:Колос, 1978. С. 251-270.
148. *Кононова М.М.* Органическое вещество почвы. Изд-во АН СССР. М., 1963. 314с.
149. *Кригер Н.И.* Лесс, его свойства и связь с географической средой. М., 1965.
150. *Кудеярова А.Ю.* Влияние фосфатов на трансформацию гумусовых производственных Fe Al P в серой лесной почве. Агрохимия, 2000. № 2. С. 11- 21.
151. *Кузнецов М.С., Демидов В.В., Демидова Е.В*. Влияние глобальных изменений климата на эрозионные процессы // Глобальные проявления изменений климата в агропромышленной сфере. М.: Изд-во РАСХН, 2004. С.72-81.
152. *Кузнецова И.В*. Современные тенденции эволюции физических свойств черноземов среднерусской провинции лесостепной зоны. Черноземы Центральной России: генезис, географии, эволюция. Воронеж, 2004. С. 288-292
153. *Кузнецова И.В.* К вопросу об оптимальной пористости почв // Почвоведение, 1990. №5. С. 43-54.
154. *Кузнецова И.В*. Черноземные почвы ЦЧО // В кн.: Переуплотнение пахотных почв (под ред. В.А. Ковды). М.: Наука, 1987. С. 86-98.
155. *Кузнецова И.В., Виноградова Г.Б.* Влажность завядания растений в уплотненных горизонтах почв.// Почвоведение. 1983. № 5. С. 58-64.
156. *Кузнецова И.В., Савин И.Ю., Силаков С.Н., Коновалов* Сравнительная характеристика и пути оптимизации агрофизических свойств черноземов в различных структурах почвенного покрова / Почвоведение. 1993. №4. с. 40-51.

157. *Лебедева И.И.* Гидрологические профили миграционно-карбонатных (типичных) черноземов и агрочерноземов // Почвоведение, 2002. №10. С. 1214-1223.
158. *Лебедева И.И.* Гидрологические профили южных черноземов и агрочерноземов // Почвоведение, 2004. № 7. С. 837 – 846.
159. *Лебедева И.И., Овечкин С.В.* Карбонатные новообразования в черноземах Левобережья Украины // Почвоведение, 1975. №11. С. 14-30.
160. *Луковская Т.С.* Антропогенно-вторичный гидроморфизм черноземов // Тез. докл. межд. конф. «Проблемы антропогенного почвообразования». М., 1979. Т. 1. С. 112-115.
161. *Любимова И.Н. Грачев В.А.* Генетическое разнообразие солонцов и их послемелиоративные изменения // Почвоведение. 1994. № 4. С. 92-99.
162. *Максимов С.З.* Морфолого-генетический анализ рельефа Окско-Донской низины. – Изв. Воронежск. гос. пед. ин-та. Т. 62. Воронеж, 1966. с. 5-24.
163. *Медведев В.В*. Оптимизация агрофизических свойств черноземов. М.: Агропромиздат, 1988. 160с.
164. *Мильков Ф.Н.* Физико-географические провинции и типы местности. – В кН.: Лесостепь и степь Русской равнины. М., 1956. с. 209-273.
165. *Минашина Н.Г.* Оптически ориантированные глины в почвах // Почвоведение, 1958. № 4. С. 90 – 96.
166. *Минеев В.Г.* Практикум по агрохимии (под ред. В.Г.Минеева). М.; Изд. МГУ, 2001, 688с.
167. *Минкин М.*Б. Физико-химические исследования поглощающего комплекса почв нижнего Дона и некоторые вопросы их мелиорации. – Автореф. д окт. дис. М., 1975.
168. *Минкин М.Б., Горбунов Н.И., Садименко П.А.* Актуальные вопросы физической и коллоидной химии почв. Ростов-на-Дону. Изд-во РГУ. 1982. 270 с.
169. *Минкин М.Б., Калиниченко В.П., Садименко П.А.* Регулирование гидрологического режима комплексных солонцовых почв. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та. 1986. 231 с.
170. *Михайличенко В.Н.* Галогенез и осолонцвание почв Северного Казахстана. Алма-Ата. Наука. 1979. 170 с.
171. *Морозов С.С.* Некоторые данные для характеристики корочки иллювиальных горизонтов подзолистых почв // Почвоведение, 1938. № 3. С. 436 - 443.
172. *Неуструев С.С.* Классификация почвообразовательных процессов. Пг., 1916.
173. *Никанорова Н.И.* Естественно-исторические условия Каменной степи и основных почвенных разновидностей. В кн.: Вопросы травопольной системы земледелия. Т. 2. М., 1953. С. 55-204.
174. *Никифорова А.С.* Аналитические методы определения степени заболоченности минеральных почв на тяжелых покровных отложениях. // Тезисы докл. VI Всесоюзного съезда почвоведов. Кн. 5. Новосибирск, 1989. С.225.
175. *Никифорова А.С.* Растворимость железа ортштейнов в разных вытяжках // Вестник МГУ. Сер.17. Почвоведение, 1990. №1. С. 53-54.
176. *Никифорова А.С., Степанцова Л.В.* Содержание несиликатных форм железа в выщелочном черноземе и лугово-черноземных почвах различного типа и

степени гидроморфизма севера Тамбовской низменности // Тез. докл. конф. «Биосферные функции почвенного покрова». Пущино, 2005, с. 69.
177. *Николаева С.А., Еремина А.М.* Окислительно-восстановительное состояние периодически переувлажняемых черноземных почв // Почвоведение, 2005. № 3. С. 328 – 336.
178. *Николаева С.А., Еремина А.М.* Трансформация соединений железа в черноземах в условиях повышенной увлажненности почв // Почвоведение, 2001. № 8. С. 963 – 969.
179. *Ноздрунова Е.М.* К вопросу о динамике минеральных соединений фосфора в дерново-подзолистых почвах.// Докл. ТСХА. 1957. Вып. 29. С. 220-224.
180. *Овечкин С.В.* Генезис и минералогический состав карбонатных новообразований черноземов Левобережной Украины и Заволжья // Почвы и почвенный покров лесной и степной зон СССР и их рациональное использование. М., 1984. С. 184-189.
181. *Овечкин С.В., Исаев В.А.* Периодически переувлажняемые почвы ЦЧР // Генезис, антропогенная эволюция и рациональное использование почв. Науч. Тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1989. С. 18 – 26.
182. *Оликова И.С., Сычева С.А.* Водный режим целинных черноземов Средне-Русской возвышенности и его изменения // Почвоведение, 1996. № 5. С. 640 – 649.
183. *Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С.* Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение, 2004. №8. С. 918-926.
184. *Орлов Д.С.* Химия почв. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1985. 375с.
185. *Орлов Д.С., Гришина Л.А.* Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 270с.
186. *Орлов Д.С., Бирюкова О.Н.* Гумусное состояние почв как функция их биологической активности.// Почвоведение.- 1984. №8. С.39-49.
187. *Панов Н.П., Азнабеков Т.А., Кокурина Э.И., Фомина М.Н.* Опыт освоения черноземных лугово-степных солончаковых солонцов колочной степи Павлодарского Прииртышья // Мелиорация солонцов. Ч. 2. Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М.: Изд-во Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1972. С. 255 – 270.
188. *Паракшин Ю.П., Паракшина Э.М., Уваров С.А.* Проблема прогрессирующего переувлажнения земель в Центрально – Черноземном регионе // Проблемы антропогенного почвообразования: Тез. докл. междунар.конф. М., 1997. Т. 2. С. 22 – 25.
189. *Парфенова Е.И., Ярилова Е.А.* Руководство к микроморфологическим исследованиям в почвоведении. М.: Наука, 1977. 198 с.
190. *Петропавловский Б.К.* Геологическое строение и подземные воды. // В кн. Природа Тамбовской области. Изд-во Тамбовская Правда, Тамбов, 1955. С. 5-24.
191. *Поздняк С.П.* Деградационные процессы в черноземах Украины // Сохраним планету Земля. Спб. 2004. С. 110-113.
192. *Полупан Н.И., Нестеренко А.Ф., Яровенко Е.В.* О мочарах и мочаристых почвах // Почвоведение, 1983. № 12. С. 5-16.

193. *Пономарева В.В.* О генезисе гумусового профиля черноземов // Почвоведение. 1974. №7. С.27-38.
194. *Пономарева В.В., ПлотниковаТ.А.* Гумус и почвообразование. –Л., 1980. 221с.
195. *Попов Т.И.* Происхождение и развитие осиновых кустов в пределах Воронежской области // Труды Докучаевского почв. комитета. СПб. 1914. Вып. 2. 172с.
196. *Раскатов Г.И.* Геоморфология и неотектоника территории Воронежской антеклизы. Воронеж. 1969.
197. *Ревут И.Б.* Физика почв. Л. Колос. 1964. 318с.
198. *Роде А.А.* Основы учения о почвенной влаге. Т. 2. Л., 1969.
199. *Роде А.А.* Основы учения о почвенной влаге. Т.1. Л.: Гидропромиздат, 1965. 664с.
200. *Розов Л.П.* Солонцовые процессы в мелиорации // Почвоведение. 1932. № 2. С 216 – 236.
201. *Розов Н.И.* Почвы Центральной лесостепной области // Почвы СССР. М.-Л.: АН СССР. 1939. С. 85-129.
202. *Розов Н.И., Вадковская О.Л.* Почвы // В кн.: Лесостепь и степь Русской равнины. М.: АН СССР. 1956. С. 107-124.
203. *Росликова В.И.* Марганцево-железистые новообразования в почвах равнинных ландшафтов гумидной зоны. Владивосток: Дальнаука, 1996. 290 с.
204. *Русанова Г.*В., *Соколова Т.А., Кузнецова Е.Г., Слобода А.В.* Почвообразование на пылеватых суглинках в таежной зоне Европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1978. 128 с.
205. *Рыдкин Ю.И., Никифорова А.С., Беличенко М.В.* Диагностика степени оглеения почв на двучленных отложениях средней тайги // Тез. Докладов II съезд общества почвоведов. Кн.2. С.-Пб, 1996. С. 320.
206. *Савич В.И., Кауричев И.С., Шишов Л.Л., Никольский Ю.Н., Романчик Е.А.* Агрономическая оценка окислительно-восстановительного состояния почв // Почвоведение. 2004. №6. С.702-712.
207. *Самойлова Е.М.* Луговые почвы лесостепи. Изд-во Моск.ун-та. 1981. 284 с.
208. *Самойлова Е.М.* Почвообразующие породы. Изд-во Моск. ун-та, 1983. 171 с
209. *Самойлова Е.М.* Черноземно-луговые почвы лесостепи Русской равнины. – Вест. Моск.ун-та. Сер. Почвовед. 1978 б, № 3.
210. *Самойлова Е.М., Дронова Н.Я.* Динамика питательных элементов в черноземе и черноземно-луговой почве // Агрохимия, 1979. №10. С. 86-91.
211. *Самойлова Е.М., Макеева В.И.* Черноземно-луговые почвы и их диагностика. //Почвоведение. 1979. №12. С. 16-22.
212. *Самойлова Е.М., Якушевская И.В.* О почвенно-геохимических особенностях ландшафта Тамбовской низменности // Биол. науки, 1969. № 4. С. 117-124.
213. *Самойлова Е.М., Якушевская Н.В*. Характеристика комплекса луговых почв колочной лесостепи // Почвоведение, 1970. № 3. С. 60-67.
214. *Самойлова ЕМ.* Слитоземы и слитые почвы. Изд-во Моск. ун-та, 1990. 143 с

215. *Сибирцев Н.М.* Об основаниях генетической классификации почв. – Зап. Новоалексаедрийск. с.-х. ин-та и лесоводства. Варшава, 1895, т. 9, вып. 2, с.1 -23.
216. *Спиридонов А.И.* Основные черты рельефа Черноземного Центра. Вопросы географии, 1953. № 32.
217. *Старцев А.Д.* Ортштейны дерново-карбонатных выщелоченных и дерново-глеевых карбонатных почв на пермском глинистом элювии // Почвоведение, 1989. №8. С.19-25
218. *Степанцова Л.В.* Агрофизические свойства, гидрологический режим и диагностика черноземовидных почв севера Тамбовской низменности / Автореферат на соискание ученой степени доктора биологических наук. 2012. с. 47.
219. *Степанцова Л.В., Красин В.Н.* Количественный показатель глубины залегания грунтовых вод в черноземовидных почвах севера Тамбовской равнины / Вестник МичГАУ. Мичуринск, 2011. №2. Ч.1. С.106-110.
220. *Степанцова Л.В., Красин В.Н.* Место лугово-черноземных почв северной лесостепи в новой «Классификации почв России» (2004)/ Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2011. Том 16. Вып.5. С. 1562-1566.
221. *Степанцова Л.В., Красин В.Н.* Особенности карбонатных конкреций черноземовидных почв севера Тамбовской равнины / Вестник ОГУ. Оренбург, 2011. №12. С. 92-95.
222. *Степанцова Л.В., Красин В.Н.* Характеристика почвенного покрова Первомайского района Тамбовской области на примере ООО «Биопрогресс» / Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2011. Том 16.Вып.5. С. 1325-1328.
223. *Стрельченко Н.Е*. Влияние почвенных условий на аккумуляцию фосфатов в конкреции // Почвоведение, 1987. №5. С. 33-38.
224. *Стрельченко Н.Е.* Роль конкреций в формировании фосфатного режима временного избыточного увлажнения.// Почвоведение, 1984, № 10, с. 28-33.
225. *Стрельченко Н.Е.* Фосфатный режим переувлажненных почв юга Дальнего Востока. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1982. 142 с.
226. *Сувак П.А.* Окультуривание почв гидроморфных и автоморфных солонцевато-солончакового комплексов при интенсивном земледелии Молдавии. Кишенев: Штинца, 1986. 162 с.
227. *Таргульян В.О., Соколова Т.А., Бирина А.Г., Куликов А.В., Целищева Л.К.* Организация, состав, и генезис дерново-палево-подзолистой почвы на покровных суглинках. Аналитическое исследование. М.: Наука, 1974. 55с.
228. *Трощий А.И.* Почвенно-грунтовые воды Окско-Донской низменности и глубина их залегания. Почвоведение, 1970. № 3.
229. *Трубников А.В.* Агроэкологическая оценка полугидроморфных структур почвенного покрова южной лесостепи Тамбовской равнины., диссертация. М., 2009. 155 с.
230. *Тумин Г.М.* Почвы Тамбовской губернии. Механический состав, структура и химический состав почв. Тамбов, 1916. 223с.
231. *Тумин Г.М.* Почвы Тамбовской губернии. Общие данные о морфологии, генезисе и залегании почвы. Тамбов, 1915. 102 с.

232. *Тюрин И.В.* Из результатов по изучению состава гумуса в почвах СССР. В сб.: Проблемы советского почвоведения. Изд. АН СССР, 1940.
233. *Уваров В.И.* О происхождении слитых почв // Почвоведение, 1986. № 3. С.118-128.
234. *Фокин А.Д.* Исследования процессов трансформации взаимодействия и переноса органических веществ, железа и фосфора в подзолистой почве. Автореф. дис. д. б. н. М.:МГУ, 1975. 43 с.
235. *Францессон В.А.* Черноземные почвы. Избранные труды. М.: Сельхозиздат, 1963. 383с.
236. *Хитров Н.Б.* Выбор диагностических критериев существования и степени выраженности солонцового процесса в почвах // Почвоведение. 2004. № 1. С. 18-31.
237. *Хитров Н.Б.* Связь почв солонцового комплекса Северного Прикаспия с микрорельефом. // Почвоведение, 2005. № 3. С. 271 – 284.
238. *Хитров Н.Б., Назаренко О.Г.* Формирование структуры почвенного покрова при локальном переувлажнении на склоне в степном агроландшафте // Почвоведение,2000. № 9. С. 1054-1063.
239. *Хитров Н.Б., Чевердин Ю.И., Поротиков И.Ф.* Солонцовый процесс в постагрогенных и постмелиоративных условиях Каменной степи. // Почвоведение, 2009. № 11. С. 1381 – 1391.
240. *Хохлова О.С., Олейник С.А., Ковалевская И.С.* Отличия диагенетических типоморфных карбонатных аккумуляций в голоценовых погребенных почвах черноземных зоны // Почвоведение. 2000. № 1. С. 28 – 37.
241. *Хохлова О.С., Седов С.Н., Хохлов А.А.* Карбонатное состояние современных и палеопочв сунженской котловины // Почвоведение. 2000. № 4. С. 416 – 426.
242. *Черниченко И.Д.* Гидроморфные почвы // Почвы Краснодарского края, их использование и охрана. Ростов н/Дон: Изд-во СКНЦ, 1996. 117 с.
243. *Черниченко И.Д. Суетов В.П.* Влияние переувлажнения на свойства черноземов в условиях Краснодарского края // Проблемы охраны и повышения плодородия почв на Северном Кавказе в современных экономических условиях. Тезисы докл. на науч.-практ. конференции. Краснодар, 1997. С.46-48.
244. *Школьная Г.П.* Биологическая продуктивность агроценозов на типичном черноземе и на черноземно-луговой почве. Автореферат дис. к. б. н. Москва, 1978. 24 с.
245. *Шоба С.А., Зайдельман Ф.Р., Шеин Е.В.* Всероссийская научно-практическая конференция «Гидроморфные почвы – генезис, мелиорация, использование» // Почвоведение, 2003. № 4. с. 501 – 504.
246. *Шпедт А.А., Пурлуар В.К., Михайленко Н.В., Кузьмин П.В.* Влияние мезорельефа на продуктивность зерновых культур и плодородиечернозема Красноярской лесостепи / Почвоведение. 2004. №м10. с. 1228-1234.
247. *Щеглов Д.И.* Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. М.: «Наука», 1999. 214с.
248. *Щербаков А.П., Васенёв И.И.* Проблемы использования и охраны черноземов // Почвоведение, 1999. №1. С.83-89.
249. *Юмашев Н.П.* Агрохимическая характеристика почв Тамбовской области. Изд-во ТОГУП «Тамбовская типография». Тамбов, 2004. 56с.

250. *Ярков С.П.* К вопросу образования труднорастворимых фосфатов в почве.// Докл. ТСХА. 1949. Вып.9. С. 73-80.
251. *Blume H.P., Schwertman U.* Genetic evaluation of profile distribution of aluminum, iron and manganese oxides // Soil Sci. Soc. Proc. 1969. V. 33. P. 438 – 444.
252. *Brewer R.* Fadric and mineral analysis of soil. N.Y. London-Sydney. 1964. 470 p.
253. *Drees L.*R., *Wilding L.P.* Micromorfhic record and interpretations of carbonate forms in the Rolling Plains of Texas // Geoderma. 1987. 40. P. 157 – 175.
254. *Folk R.*L. The natural history of crystalline calcium carbonate: effect of magnesium content and salinity // J. Petrol. 1974. 44. P. 40 – 53.
255. *Goton S., Patrick H.* Transformation of iron in water-logged soils as influensed by redox potential and pH // Soils Sci Sos. Amer. Proc. 1974. V. 38. № 1. P. 66 – 71.
256. *Kelly W.P*/ Alkali soils, their formation, properties and reclamation. N.Y., 1951. 176 p.
257. *Khormali F., Adtahi A., Stoops G.* Micromophology of calcitic features in highly calcareous soils of fars province, Southern Iran/ 12^{tm}IWMSM, Adana, Turkey. 2004. P. 106 – 107.
258. *Kubiena W.* L. Micropedology. Ames, Iowa: Collegiste Press, 1938, 243 p.
259. *Mehra O.P., Jackson M.L.* Iron oxide removal from soils and clays by a dithionit-citrate system buffered with sodium bicarbonate. // Clays Clay Miner. V.7. 1960. P.317-327.
260. *Mermut A.R., Dasog G.S.* Nature and micromorphology of carbonate globules in some vertisols of India.// Soil Sci. Soc. Am. J. Vol. 50. 1986., P. 382-390.
261. *Schwertmann U., Fanning D.S.* Iron mangenese concretions in hydrosequence of soils in loess in Bavaria. // Soil Sci. Sos. Amer. J. N5. 1976. p.731-738.
262. *Sehgal J.*L., Stoops G. Pedogenic calcite accumulation in arid and semi-arid regions of the Indo-Gangetic alluvial plan of Ertwhile Punjab (India) – Ther morphology and origin // Geoderma. 1972. 8. P. 59 – 72.
263. *Tamm O.* Uber der oxalat methode in der chemishen Bodenanalyse. // Medl. Fr. Stat. Skogsforsk. H. 27. 1934. S. 1-20.
264. *Taylor R.M., Schwertmann U.* Maghemite in soil and its origin. 1. Propertis and observations on soil maghemite.// Clay miner., 1974, v. 10, № 4, p. 289-298.
265. *Wright V. P., Tucker M.E.* Calcretes – an introduction // Int. Assoc. Sediment. Blackwell Scientific, Oxford. 1991. 2. P. 1 – 22.

Приложение 1.

Химический состав верховодки и грунтовых вод черноземовидных оглеенных почв, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской низменности.

Разрез, почва	Глубина, см	Единицы измерения	n*	Анионы			Катионы			Сухой остаток
				HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Na^{2+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
				$M \pm t_{0,95}m$			$M \pm t_{0,95}m$			$M \pm t_{0,95}m$
Верховодка										
2. Черноземовидная глубокооглеенная	70-90	мг/л	3	213,5 ±20,5	0	0	2,3 ± 1,7	62,0 ±60,7	3,6 ±2,2	281,4 ±27,1
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	160-190	мг/л	4	366 ±34,6	0	15,4 ±13,4	15,3 ±13,8	118,4 ± 10,0	10,6 ±2,7	527,5 ±41,0
Грунтовые воды										
4.Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	180-200	мг/л	4	732 ± 61,4	19,2 ±17,8	76,8 ± 5,8	130,1 ±12,0	126,4 ± 11,2	15,4 ±2,1	1241,9 ±132,8
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	150-160	мг/л	4	744,2 ± 52,8	14,0 ±12,7	76,8 ± 6,7	179,4 ±16,1	68,0 ± 66,5	36,0 ±14,8	1118,4 ±110,0
6. Солонец черноземовидный глееватый	140-150	мг/л	4	756,4 ± 84,0	6,3 ±5,7	76,8 ± 6,5	186,9 ±17,0	28,8 ± 26,4	19,2 ±10,9	1074,7 ±16,9

***** - отбор проб проводили 1 раз в год в конце мая;

n – объем выборки;

$M \pm t_{0,95}m$ – доверительный интервал.

Приложение 2.

Для оценки водного режима, степени переувлажнения и заболоченности черноземовидных почв для севера Тамбовской равнины Л.В. Степанцовой и В.Н. Красиным (2003) было предложено использовать критерий, основанный на соотношении оптических плотностей гумусовых кислот I и II фракции – K_{I-II}. Он может быть рассчитан по следующей формуле:

$$K_{I-II} = \frac{10 \cdot (D_1 \cdot F_1)}{D_2 F_2}$$, где

K_{I-II} – критерий переувлажнения и заболачивания черноземовидных почв; D_1 – оптическая плотность щелочной вытяжки, D_2 –оптическая плотность щелочной пирофосфатной вытяжки, F_1, и F_2 соответствующие разбавления. Измерения проводились при длине волны λ=440 нм (Синий светофильтр). Щелочную вытяжку разбавляли в 2-25раз в зависимости от цвета вытяжки, щелочную пирофосфатную – в 25раз. Использование в качестве критерия диагностики соотношение оптических плотностей разных вытяжек позволяет значительно снизить систематическую ошибку и исключает необходимость построения калибровочного графика. Образцы почв для определения оптической плотности отбирали в 2009 и 2010гг. в апреле, мае, июне и августе.

Методика определения K_{I-II}. Для определения данного коэффициента необходимо взять две параллельных навески:

1 навеска. 2г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито 1мм заливают 50мл 0,1n NaOH тщательно в течении 5 минут перемешивают и оставляют на 15-18 часов. На следующий день вытяжку центрифугируют или фильтруют, отбрасывая первые мутные порции фильтрата. В зависимости от интенсивности окраски вытяжку разбавляют дистиллированной водой (в 2 раза при светло-желтой окраске вытяжки, в 5 раз - от интенсивно желтой до светло-коричневой, в 10 раз - при коричневой и в 25 раз - при черной) и фотометрируют при длине волны λ=440 нм (Синий светофильтр).

2 навеска. 2г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито 1мм заливают 50мл свежей щелочной пирофосфатной вытяжки (44.4г $Na_4P_2O_7$ $9H_2O$ и 4г NaOH на 1л) тщательно в течении 5 минут перемешивают и оставляют на 15-18 часов. На следующий день вытяжку центрифугируют или фильтруют, отбрасывая первые мутные порции фильтрата. Вытяжку разбавляют в 25 раз дистиллированной водой и фотометрируют при длине волны λ=440 нм (Синий светофильтр).

Методика определения модифицированного коэффициента K_{I-II}*$C_{орг}$ для

Для оценки водного режима, степени переувлажнения и заболоченности, черноземовидных оглеенных почв юга Тамбовской равнины мы предлагаем использовать критерий, основанный на соотношении оптических плотностей гумусовых кислот I и II фракции – K_{I-II} и общего содержания органического вещества. Он может быть рассчитан по следующей формуле:

$$K_{I-II} * C_{орг} = \frac{10 \cdot (D_1 \cdot F_1) \cdot C_{орг}}{D_2 \cdot F_2}$$, где

$K_{I-II*}C_{орг}$ – модифицированный критерий переувлажнения и заболачивания длячерноземовидных оглеенных почв юга Тамбовской равнины; D_1 –оптическая плотность щелочной вытяжки, D_2 – оптическая плотность щелочной пирофосфатной вытяжки, F_1, и F_2 соответствующие разбавления. $C_{орг}$ – содержание органического вещества Измерения проводились при длине волны λ=440 нм (синий светофильтр). Щелочную вытяжку разбавляли в 2-10 раз в зависимости от цвета вытяжки, щелочную пирофосфатную – в 25 раз.

Использование в качестве критерия диагностики соотношение оптических плотностей разных вытяжек позволяет значительно снизить систематическую ошибку и исключает необходимость построения калибровочного графика. Образцы почв для определения оптической плотности отбирали в 2008 – 2011гг.

Для определения данного коэффициента необходимо взять три параллельных навески:

1 навеска. 2 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито 1мм заливают 50 мл 0,1n NaOH тщательно в течении 5 минут перемешивают и оставляют на 15-18 часов. На следующий день вытяжку центрифугируют или фильтруют, отбрасывая первые мутные порции фильтрата. В зависимости от интенсивности окраски вытяжку разбавляют дистиллированной водой (без разбавления при светло-желтой окраске вытяжки, в 2-5 раз - от интенсивно желтой до светло-коричневой, в 10 раз - при коричневой и в 25 раз - при черной) и фотометрируют при длине волны λ=440 нм (синий светофильтр).

2 навеска. 2 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито 1 мм заливают 50мл свежей щелочной пирофосфатной вытяжки (44.4 г $Na_4P_2O_7$ $9H_2O$ и 4 г NaOH на 1л) тщательно в течении 5 минут перемешивают и оставляют на 15-18 часов. На следующий день вытяжку центрифугируют или фильтруют, отбрасывая первые мутные порции фильтрата. Вытяжку разбавляют в 25 раз дистиллированной водой и фотометрируют при длине волны λ=440 нм (Синий светофильтр).

3. навеска. $C_{орг}$ определяется по Тюрину в модификации Симакова.

Приложение 3.

Содержание ила и физической глины в черноземе типичном, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почвах и солонце черноземовидном глееватом юга Тамбовской низменности.

Почва	Горизонт, глубина, см	Содержание фракции, мм в %	
		< 0,001	< 0,01
Почвы катены I			
1. Чернозем типичный	Ап 0-25	27±1	56±4
	А1 12-65	25±7	58±1
	АВса 65-110	25±4	58±6
	Вса 110-130	19±2	58±4
	Сса 130-200	14±3	52±2
2.Черноземовидная глубокооглеенная	Ап 0-20	26±3	64±1
	Апп 20-43	28±3	64±1
	А1 43-90	34±4	65±2
	АВса 90-105	30±3	63±2
	Вса 105-130	24±3	63±2
	Сса,g$^{/}$ 130-170	16±2	50±2
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	Ад 0-20	17±4	41±4
	А1g$^{/}$ 20-60	25±4	52±3
	A_2Bg$^{/}$ 60-80	36±4	55±2
	В1g$^{//}$ 80-110	37±4	62±3
	В2g$^{///}$ 110-150	37±3	67±1
	Сса,g$^{///}$ 150-170	27±5	68±3
Почвы катены II			
4.Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	Ад 0-10	18±2	64±3
	А1 10-37	22±1	64±3
	АВса 37-70	34±1	69±3
	В1са,g$^{/}$ 70-105	46±2	61±1
	В2са,g$^{/}$ 105-130	33±3	57±4
	Сса,g$^{//}$ 130-150	24±1	51±3
5 Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	Ап 0-17	15±3	46±4
	А1g$^{/}$ 17-40	19±3	42±4
	АВса,g$^{/}$ 40-65	18±2	46±5
	В1са,g$^{//}$ 65-80	18±1	51±5
	В2са,g$^{///}$ 80-104	13±4	44±5
	Сса,g$^{///}$ 104-120	18±3	46±4
6. Солонец черноземовидный глееватый	Корочка 0-5	14±0	42±2
	Апg$^{/}$ 5-20	32±2	69±3
	Аппg$^{//}$ 20-27	41±2	74±4
	А1са,g$^{//}$ 27-40	46±2	73±3
	АВса,g$^{//}$ 40-75	12±3	52±4
	В1са,g$^{///}$ 75-110	15±4	52±4
	Сса,g$^{///}$ 140-160	12±3	52±3

Приложение 4

Гидрологические константы чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской низменности.

Разрез, почва,	Горизонт, глубина, см	n	МГ	n	ВЗ	n	ППВ
			$M \pm t_{0,95}m$		$M \pm t_{0,95}m$		$M \pm t_{0,95}m$
		% от объема					
Почвы катены I							
1. Чернозем типичный	Ап 0-25	6	10,54±0,64	6	16,57±0,94	6	25,8±4,19
	А1 12-65	6	10,41±0,63	6	16,57±0,78	6	23,3±4,39
	АВса 65-110	4	9,88±0,18	4	13,36±0,73	4	26,9±3,01
	Вса 110-130	4	8,43±1,02	4	12,96±1,49	4	24,7±3,99
	Сса 130-200	4	9,35±0,29	4	14,42±0,35	4	23,1±2,87
2.Черноземовидная глубокооглеенная	Ап 0-20	6	10,70±0,55	6	15,01±0,69	6	32,9±4,32
	Апп 20-43	6	11,69±0,50	6	14,84±0,59	6	35,9±2,48
	А1 43-90	4	10,26±0,53	4	14,37±0,78	4	31,3±2,43
	АВса 90-105	4	9,98±0,70	4	15,04±0,97	4	32,8±1,76
	Вса 105-130	4	8,98±0,59	4	13,25±0,55	4	29,2±4,9
	Сса,$g^{/}$ 130-170	4	8,36±0,53	4	11,97±1,13	4	28,7±1,42
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	Ад 0-20	6	10,16±0,20	6	14,21±1,13	6	25,9±4,17
	А1$g^{/}$ 20-60	6	10,32±0,21	6	15,60±0,85	6	24,7±4,31
	$A_2Bg^{/}$ 60-80	4	11,52±0,23	4	16,51±1,49	4	27,2±4,76
	В1$g^{//}$ 80-110	4	10,96±0,62	4	15,79±0,53	4	25,9±4,86
	В2$g^{///}$ 110-150	4	10,81±0,52	4	15,61±0,49	4	24,9±4,64
	Сса,$g^{///}$ 150-170	4	10,22±0,88	4	15,19±1,70	4	17,4±4,08,
Почвы катены II							
4.Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	Ад 0-10	6	15,73±0,80	6	13,96±0,62	6	33,0±1,10
	А1 10-37	6	16,08±0,73	6	13,98±0,69	6	33,4±1,42
	АВса 37-70	4	16,77±0,61	4	14,79±0,93	4	35,5±2,08
	В1са,$g^{/}$ 70-105	4	16,01±0,49	4	14,87±0,99	4	29,5±1,27
	В2са,$g^{/}$ 105-130	4	13,31±0,30	4	14,77±0,76	4	29,4±4,08
	Сса,$g^{//}$ 130-150	4	14,60±0,69	4	13,97±0,32	4	28,1±4,10
5 Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	Ап 0-17	6	15,63±0,70	6	17,17±0,71	6	27,8±4,51
	А1$g^{/}$ 17-40	6	16,11±0,76	6	16,12±0,70	6	26,5±4,36
	АВса,$g^{/}$ 40-65	4	16,66±0,51	4	14,96±0,75	4	27,7±4,37
	В1са,$g^{//}$ 65-80	4	15,87±0,39	4	15,82±0,74	4	26,7±4,83
	В2са,$g^{///}$80-104	4	13,21±0,27	4	14,77±0,76	4	25,7±3,41
	Сса,$g^{///}$104-120	4	14,54±0,59	4	15,93±0,61	4	28,1±4,10
6. Солонец черноземовидный глееватый	Корочка 0-5	6	14,83±0,21	6	14,56±0,56	6	26,5±4,36
	Ап$g^{/}$ 5-20	6	15,10±0,38	6	14,94±0,67	6	27,8±4,51
	Аппg$^{//}$ 20-27	6	10,23±0,22	6	16,52±0,85	6	25,5±4,88
	А1са,$g^{/}$ 27-40	4	9,63±0,58	4	17,51±1,73	4	37,0±3,41
	АВса,$g^{//}$ 40-75	4	7,43±0,20	4	13,74±1,10	4	31,9±2,03
	В1са,$g^{///}$ 75-110	4	7,43±0,22	4	15,28±0,56	4	27,4±1,37
	Сса,$g^{///}$ 140-160	4	8,37±0,23	4	15,93±0,61	4	27,6±2,56

n – объем выборки;

$M \pm t_{0,95}m$ – доверительный интервал.

Приложение 5

Показатели структурного состояния черноземовидных почв замкнутых западин поверхностного и грунтового увлажнения и заболачивания юга Тамбовской равнины.

Разрез, почва,	Горизонт, глубина, см	n	$К_{стр}$	Мокрое просеивание, содержание агрегатов, размером, мм в %	
				> 1	> 0,25
			$M \pm t_{0.95}m$	$M \pm t_{0,95}m$	$M \pm t_{0,95}m$
Почвы катены I					
1. Чернозем типичный	Ап 0-25 А1 12-65 АВса 65-110	9 9 9	9,0±2,8 3,0±0,3 2,2±0,1	63,9±2,8 49,6±3,5 34,2±1,6	80,8±1,0 77,7±1,8 70,2±1,7
2.Черноземовидная глубокооглеенная	Ап 0-20 Апп 20-43 А1 43-90 АВса 90-105	9 9 9 9	1,4±0,3 1,3±0,6 5,3±1,4 1,9±2,0	31,3±3,0 45,3±3,3 54,8±1,2 37,4±5,0	64,4±2,5 74,5±2,0 78,3±2,9 66,7±9,4
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	Ад 0-20 $A1g^{/}$ 20-60 $A_2Bg^{/}$ 60-80	9 9 9	1,7±0,9 2,5±3,0 4,2±0,5	44,2±7,6 35,2±7,5 43,9±6,6	82,2±7,5 69,7±2,3 84,4±9,6
Почвы катены II					
4.Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	Ад 0-10 А1 10-37 АВса 37-70	9 9 9	2,0±0,8 1,1±0,6 0,4±0,1	31,8±5,2 32,3±5,3 20,7±8,0	63,7±5,4 68,0±3,4 59,4±4,6
5 Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	Ап 0-17 $A1g^{/}$ 17-40	9 9	3,0±0,7 7,1±2,3	12,7±2,0 37,0±3,7	48,4±3,5 63,4±2,7

6. Солонец черноземовидный глееватый	$Апg^{/}$ 5-20
	$Аппg^{//}$ 20-27
	$A1ca,g^{//}$ 27-40
		9
		9
		9
			0,2±0,2
			0,10±0,1
			0,1±0,1
				25,6±2,0
				29,4±5,2
				14,5±3,3
					59,0±6,2
					61,8±9,7
					62,3±4,4

n – объем выборки;

$M \pm t_{0,95}m$ – доверительный интервал;

$К_{стр}$ – коэффициент структурности.

Приложение 6

Валовый химический состав карбонатных конкреций типичного чернозема, черноземовидных оглеенных и черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины.

Разрез, почва	Горизонт, глубина, см	Потери при прокаливании, %		Валовой состав, % на прокаленную навеску							
				SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	P_2O_5	TiO	CaO	MgO
		n	$M \pm t_{0.95}m$								
1. Чернозем типичный	Cca	4	36,6±1,0	22,4±1,8	4,8±1,4	0,78±0,1	0,07±0,02	0,27±0,07	0,33±0,05	58,4±0,02	5,3±1,67
Почвы катены I											
2. Черноземовидная глубокооглеенная	Bca	4	35,4±3,1	20,3±1,6	2,9±1,1	0,73±0,2	0,08±0,01	0,26±0,05	0,30±0,07	59,0±0,83	5,0±1,53
3. Черноземовидная оподзоленная глееватая	Cca,g$^{///}$	4	33,5±0,7	24,8±2,9	14,1±0,4	0,82±0,1	0,27±0,03	0,16±0,01	0,36±0,03	53,5±1,49	1,0±0,17
Почвы катены II											
4. Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	ABca	4	31,3±0,3	31,2±2,4	17,3±1,1	0,55±0,1	0,12±0,08	0,12±0,02	0,29±0,03	46,2±0,29	0,8±0,09
	B1ca,g$^{/}$	4	35,2±3,1	18,4±1,7	13,4±2,4	0,36±0,1	0,20±0,22	0,20±0,05	0,27±0,03	55,6±5,55	1,0±0,12
	Cca,g$^{//}$	4	32,7±1,3	27,3±2,5	12,6±0,3	0,62±0,1	0,26±0,13	0,24±0,02	0,32±0,13	55,6±3,87	1,0±0,08
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	ABca,g$^{/}$	4	29,7±0,5	34,2±4,8	14,0±4,8	0,70±1,8	0,17±0,08	0,14±0,02	0,28±0,03	44,7±0,75	1,2±0,04
6. Солонец черноземовидный глееватый	ABca,g$^{//}$	4	39,3±0,7	36,7±1,8	21,1±2,0	0,67±0,1	0,13±0,06	0,20±0,02	0,32±0,03	39,4±0,55	0,9±0,17
	B1ca,g$^{///}$	4	31,3±0,7	32,7±1,7	16,6±0,6	0,57±0,1	0,18±0,01	0,20±0,06	0,33±0,07	46,8±0,87	0,9±0,25
	Cca,g$^{///}$	4	32,3±0,3	29,2±2,9	16,9±1,7	0,67±0,1	0,35±0,01	0,16±0,07	0,33±0,08	50,0±0,79	0,9±0,05

n – объем выборки;

$M \pm t_{0.95}m$ – доверительный интервал.

Приложение 7

Фракционный состав органического вещества карбонатных конкреций чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины.

Почва	Горизонт, глубина, см	$C_{об}$ %	$C_{ФК}$, % от $C_{орг}$			$C_{ГК}$, % от $C_{орг}$			$C_{ост}$, % от $C_{орг}$	$C_{ГК}/C_{ФК}$
			I	II	III	I	II	III		
Конкреции почв катены I										
1.Чернозем типичный	Cca	0,3±0,3	4,9±4,9	4,9±4,9	22,2±2,2	0	2,8±2,8	8,9±8,9	56,5±5,7	0,36±0,4
2.Черноземовидная глубокооглеенная	Bca	0,5±0,5	6,1±6,1	4,3±4,3	14,2±4,2	0	1,2±1,2	6,1±6,1	68,1±6,8	0,30±0,3
3.Черноземовидная оподзоленная	Cca,g$^{///}$	0,5±0,5	4,4±4,4	5,9±5,9	14,7±4,7	0	1,8±1,8	8,8±8,8	64,5±6,5	0,42±0,4
Конкреции почв катены II										
4.Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	ABca	0,6±0,6	2,7±2,7	11,7±1,2	10,7±1,7	0	2,2±2,2	9,1±9,1	63,6±6,4	0,45±0,1
5.Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	ABca,g$^{/}$	0,5±0,5	2,2±2,2	4,7±4,7	11,5±1,5	0	2,5±2,5	10,5±1,5	68,6±6,9	0,70±0,1
	B1ca,g$^{/}$	0,4±0,4	2,5±2,5	4,9±4,9	10,2±1,2	0	1,8±1,8	9,2±9,2	71,3±7,1	0,63±0,1
	B2ca,g$^{///}$	0,5±0,5	5,1±5,1	2,4±2,4	17,1±1,7	0	6,3±6,3	5,3±5,3	63,8±6,4	0,47±0,1
6.Солонец ченоземовидный глееватый	ABca,g$^{//}$	0,7±0,7	3,6±3,6	12,3±2,3	4,5±4,5	7,4±7,4	11,2±1,2	13,6±3,6	47,6±4,7	1,57±0,2
	B1ca,g$^{///}$	0,7±0,7	2,5±2,5	10,3±2,3	8,2±8,2	0	3,1±3,1	12,0±1,2	63,8±6,4	0,72±0,1
	B2ca,g$^{///}$	0,5±0,5	2,9±2,9	14,9±4,9	8,7±8,7	0	3,9±3,9	13,0±1,3	56,6±5,7	0,64±0,1

Приложение 8.

Валовой химический состав ортштейнов чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины.

Почва	Горизонт	n	Потери при прокаливании,%	Валовой состав, % на прокаленную навеску							
				SiO_2	Al_2O_3	MnO	Fe_2O_3	CaO	MgO	TiO	P_2O_5
				$M \pm t_{0.95}m$							
Почвы катены I											
2.Черноземовидная глубокооглеенная почва	Ап	4	14,77±2,74	67,69±0,30	9,68±0,51	1,95±0,26	14,78±1,48	0,08±0,02	0,47±0,03	0,31±0,02	2,40±0,28
	А1	4	14,28±0,81	67,80±0,68	11,10±0,80	3,30±0,39	15,02±1,49	0,29±0,03	0,23±0,06	0,25±0,03	1,29±0,25
	АВса	4	12,01±0,80	66,25±0,15	11,50±0,25	4,18±0,52	13,90±0,14	0,44±0,02	0,21±0,02	0,21±0	0,89±0,13
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая почва	Ад	4	13,18±0,09	69,92±3,65	9,94±0,35	1,33±0,22	12,45±0,43	0,19±0,07	0,54±0,05	0,29±0,03	1,96±0,16
	А1g/	4	12,58±0,16	66,28±4,14	10,73±0,49	3,11±0,30	12,80±0,46	0,11±0,04	0,38±0,06	0,34±0,09	1,17±0,07
	А2Bg/	4	11,95±0,50	69,27±0,51	9,19±1,85	3,41±0,74	10,37±1,16	0,07±0,02	0,38±0,06	0,23±0,07	0,83±0,09
	В1g//	4	12,37±1,30	78,36±1,74	9,42±0,14	3,36±1,25	9,24±2,40	0,92±0,05	0,27±0,12	0,32±0,03	1,35±0,30
Почвы катены II											
4. Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная почва	Ад	4	11,59±0,46	72,00±0,50	8,18±1,84	2,38±0,69	10,91±0,16	0,04±0,01	0,36±0,05	0,26±0,06	1,19±0,04
	А1	4	12,99±0,67	69,80±0,41	9,41±0,25	3,64±0,42	13,90±0,84	0,25±0,02	0,40±0,01	0,27±0	1,24±0,14
	АВса	4	16,84±0,08	64,89±2,64	12,05±1,08	5,56±0,54	13,00±0,48	0,78±0,13	0,27±0,04	0,21±0,03	0,98±0,15
	В1са,g/	4	14,29±0,84	74,95±1,74	8,80±0,43	6,77±1,49	10,80±2,38	0,20±0,06	0,46±0,07	0,20±0,03	0,65±0,07
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная почва	Ап	4	11,69±0,78	75,00±1,33	8,77±0,54	4,21±1,49	9,60±2,09	0,24±0,07	0,24±0,07	0,32±0,02	1,23±0,19
	А1g/	4	14,00±0,96	67,92±0,03	11,02±1,73	4,08±0,86	11,82±2,32	0,46±0,01	0,46±0,04	0,23±0,03	0,74±0,10
6. Солонец черноземовидный глееватый	Апg/	4	13,79±0,64	67,22±0,97	9,57±0,17	5,04±0,20	12,84±1,22	0,26±0,05	0,30±0,04	0,18±0,03	1,13±0,08
	Аппg//	4	13,09±0,47	71,97±1,48	9,03±1,46	5,32±0,79	14,22±0,55	0,16±0,02	0,25±0,02	0,27±0,02	1,09±0,21
	А1са,g//	4	13,01±0,24	62,82±0,69	10,00±0,24	4,61±0,56	13,47±0,72	0,39±0,08	0,38±0,20	0,25±0,03	1,06±0,06
	АВса,g//	4	15,94±1,28	68,81±0,40	10,11±0,28	3,70±0,36	11,93±0,28	0,88±0,08	0,42±0,04	0,22±0	0,75±0,01

n – объем выборки; $\mathbf{M \pm t_{0.95}m}$ – доверительный интервал.

Приложение 9

Фракционный состав фосфора ортштейнов черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины, мг/100г почвы.

Почва	Горизонт, глубина, см		Валовое содержание, % на прокаленную навеску	Фракционный состав фосфора, % от валового содержания ($M \pm t_{0,95}m$)		
				Активный минеральный фосфор (сумма)	Органический фосфор	Прочносвязанный фосфор
Почвы катены I						
2.Черноземовидная глубокооглеенная почва	Ап	0-20	2,40±0,28	75,8±2,4	18,8±23,6	5,4±0,8
	Апп	20-43	1,29±0,25	75,9±9,3	11,9±2,1	12,2±2,8
	А1	43-90	0,89±0,13	56,3±10,3	22,9±9,4	20,8±2,6
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая почва	Ад	0-20	1,96±0,16	84,8±5,2	8,6±2,0	6,7±1,3
	$A1g^{/}$	20-60	1,17±0,07	71,9±8,4	11,6±4,0	16,5±3,5
	$A_2Bg^{/}$	60-80	0,83±0,09	54,7±1,9	15,4±1,7	29,8±9,1
Почвы катены II						
4. Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная почва	Ад	0-10	1,19±0,04	68,1±0,8	6,4±0,9	25,5±0
	А1	10-37	1,24±0,14	77,6±7,2	6,7±5,8	15,7±3,4
	АВса	37-70	0,98±0,15	64,4±4,3	10,1±3,5	25,5±2,5
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная почва	Ап	0-17	1,23±0,19	66,6±1,8	5,0±4,0	28,5±1,2
	$A1g^{/}$	17-40	0,74±0,10	58,3±1,5	20,3±0,8	21,5±1,1
6. Солонец черноземовидный глееватый	$Апg^{/}$	5-20	1,13±0,08	76,4±4,5	1,1±8,2	22,4±5,2
	$Аппg^{//}$	20-27	1,09±0,21	64,9±0,8	9,8±2,7	25,3±2,4
	$A1ca,g^{//}$	27-40	1,06±0,06	72,7±0,8	5,1±2,4	22,2±2,2
	$ABca,g^{//}$	40-75	0,75±0,01	57,5±0,9	20,0±1,2	22,5±3,2

Приложение 10

Содержание различных форм соединений марганца и железа в ортштейнах черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины (на прокаленную навеску), мг/100г почвы.

Разрез, почва	Горизонт, глубина, см		Валовое содержание		Содержание в вытяжках				
			Fe	Mn	Пирофосфатная вытяжка	Оксалатной вытяжка (Тамма)		Дитионит-цитратная вытяжка (Мера-Джексона)	
					Fe	Fe	Mn	Fe	Mn
Почвы катены I									
2.Черноземовидная глубокооглеенная почва	Ап	0-20	14,78±1,48	1,95±0,26	128±10	5061±64	1560±19	7650±73	1806±53
	Апп	20-43	15,02±1,49	3,30±0,39	92±20	4424±17	2270±26	7002±73	2389±51
	А1	43-90	13,90±0,14	4,18±0,52	27±20	3603±36	2631±27	5312±11	4120±44
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая почва	Ад	0-20	12,45±0,43	1,33±0,22	106±10	4033±13	1204±21	5802±15	1203±14
	А1g/	20-60	12,80±0,46	3,11±0,30	120±30	3795±33	2548±20	6378±39	2549±19
	A_2Bg/	60-80	10,37±1,16	3,41±0,74	53±10	3084±13	2506±25	5567±42	2671±32
Почвы катены II									
4. Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная почва	Ад	0-10	10,91±0,16	2,38±0,69	144±10	3719±18	1702±24	6378±41	1921±30
	А1	10-37	13,90±0,84	3,64±0,42	74±20	3418±18	255±17	7966±58	2552±60
	АВса	37-70	13,00±0,48	5,56±0,54	169±10	1646±18	3176±26	6350±57	3178±32
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная почва	Ап	0-17	9,60±2,09	4,21±1,49	33±60	2853±32	1160±69	3880±30	2195±46
	А1g/	17-40	11,82±2,32	4,08±0,86	110±10	2949±29	2693±44	4867±36	2691±11
6. Солонец черноземовидный глееватый	Апg/	5-20	12,84±1,22	5,04±0,20	89±30	3748±44	2421±29	7233±44	2482±78
	Аппg//	20-27	14,22±0,55	5,32±0,79	164±50	3508±36	3074±42	5972±29	3071±38
	А1са,g//	27-40	13,47±0,72	4,61±0,56	138±20	3679±39	2558±19	7359±30	4240±64
	АВса,g//	40-75	11,93±0,28	3,70±0,36	52±10	1991±21	2410±26	5855±90	2895±70

Приложение 11. Валовый химические состав чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской низменности.

Разрез, почва	Горизонт	Потери при прокаливании, %		Валовой состав, % на прокаленную навеску							
				SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	P_2O_5	TiO	CaO	MgO
		n	$M \pm t_{0,95}m$								
1. Чернозем типичный	Ап	4	15,69±0,41	71,41±7,61	12,17±0,16	4,58±0,22	0,15±0,01	0,52±0,07	0,61±0,01	2,72±0,59	2,29±0,49
	А1	4	14,65±0,31	73,13±1,28	11,71±0,42	4,65±0,10	0,14±0,01	0,49±0,08	0,62±0,09	3,42±0,02	1,98±0,73
	АВса	4	9,47±0,07	75,83±2,77	11,81±0,61	4,59±0,01	0,13±0,00	0,28±0,02	0,56±0,04	2,47±0,46	1,44±0,03
	Вса	4	13,53±0,23	72,34±1,62	10,49±0,21	4,53±0,15	0,10±0,01	0,21±0,02	0,57±0,01	7,35±0,35	1,86±0,64
	Сса	4	12,80±0,56	56,41±5,87	11,54±0,48	4,48±0,28	0,12±0,02	0,25±0,04	0,63±0,08	7,97±0,02	3,33±0,75
2. Черноземо видная глубоко-оглеенная	Ап	4	14,71±0,53	75,96±1,37	12,24±0,36	4,82±0,12	0,11±0,02	0,37±0,06	0,59±0,02	2,11±0,40	1,67±0,25
	Апп	4	14,02±0,37	74,13±1,04	12,84±0,20	4,77±0,24	0,10±0,01	0,35±0,04	0,58±0,02	2,72±0,73	1,67±0,31
	А1	4	12,74±0,22	76,64±5,09	12,44±0,68	4,86±0,28	0,11±0,02	0.35±0.04	0,52±0,09	2,73±0,62	1,81±0,83
	АВса	4	13,22±0,32	74,38±4,34	12,06±0,47	4,77±0,18	0,09±0,01	0,36±0,02	0,43±0,01	5,71±0,10	1,29±0,51
	Вса	4	13,47±0,27	65,00±1,29	11,11±0,38	4,68±0,34	0,08±0,01	0,24±0,02	0,27±0,01	5,06±0,12	4,86±0,34
	Сса,g$^{/}$	4	13,91±0,12	61,67±0,79	10,96±0,96	4,46±0,09	0,09±0,01	0,22±0,03	0,43±0,01	6,97±0,50	4,79±0,88
3.Черноземо видная оподзоленная глееватая	Ад	4	11,32±0,23	75,66±1,25	10,29±0,26	4,44±0,09	0,16±0,02	0,44±0,04	0,63±0,07	2,33±0,13	1,26±0,12
	А1g$^{/}$	4	10,45±0,32	75,39±0,34	11,71±0,22	1,16±0,17	0,14±0,01	0,36±0,03	0,74±0,10	2,11±0,15	1,42±0,11
	A_2Bg$^{/}$	4	9,47±0,28	75,30±0,22	12,01±0,97	5,45±±0,26	0,13±0,03	0,24±0,03	0,59±0,07	2,05±0,35	1,74±0,49
	В1g$^{//}$	4	8,10±0,40	73,58±2,25	12,26±0,38	5,12±0,18	0,10±0,01	0,19±0,01	0,63±0,08	1,76±0,12	1,60±0,14
	В2g$^{///}$	4	7,59±0,11	73,11±4,45	11,83±0,60	4,77±0,21	0,09±0,01	0,22±0,02	0,68±0,01	3,13±0,28	2,03±0,40
	Сса,g$^{///}$	4	11,15±0,51	71,15±0,20	11,09±0,64	4,93±0,29	0,10±0,02	0,28±0,02	0,67±0,09	6,23±0,63	2,33±0,42
4. Черноземо видная слабо солонцеватая слабооглеенная	Ад	4	12,47±0,19	77,96±1,77	11,30±0,08	4,71±0,25	0,15±0,02	0,39±0,06	0,58±0,16	2,63±0,53	1,48±0,21
	А1	4	12,39±0,12	76,31±0,29	11,41±0,06	4,76±0,23	0,14±0,02	0,36±0,01	0,66±0,07	2,95±0,83	1,19±0,58
	АВса	4	8,58±0,19	74,58±1,25	12,79±0,67	5,39±0,12	0,11±0,01	0,22±0,02	0,49±0,17	2,35±0,17	1,89±0,26
	В1са,g$^{/}$	4	7,47±0,24	75,21±0,89	12,26±0,51	5,22±0,62	0,12±0,03	0,20±0,01	0,48±0,20	2,42±0,46	1,83±0,15
	В2са,g$^{/}$	4	9,15±0,69	75,73±2,57	11,45±0,28	4,57±0,17	0,12±0,01	0,23±0,02	0,65±0,09	2,68±0,49	1,56±0,45
	Сса,g$^{//}$	4	12,19±0,25	71,22±2,07	11,48±0,16	5,02±0,17	0,14±0,04	0,20±0,01	0,72±0,15	2,03±0,37	2,82±0,35
5. Черноземо видная сильно солонцеватая среднеоглеенная	Ап	4	14,47±0,86	77,26±0,30	11,68±0,27	4,40±0,15	0,11±0,01	0,34±0,04	0,57±0,01	2,60±0,73	1,68±0,64
	А1g$^{/}$	4	12,24±3,50	77,04±1,70	11,33±0,12	4,50±0,54	0,11±0,01	0,24±0,10	0,55±0,04	2,39±0,67	1,87±0,74
	АВса,g$^{/}$	4	10,11±1,88	77,30±2,25	11,07±0,55	4,03±0,58	0,09±0,01	0,23±0,04	0,50±0,14	1,98±0,25	1,76±0,69
	В1са,g$^{//}$	4	8,02±0,27	75,95±0,06	13,34±0,29	5,23±0,29	0,09±0,00	0,19±0,01	0,62±0,06	1,80±0,14	2,06±0,21
	В2са,g$^{///}$	4	10,71±1,45	76,00±1,72	11,83±0,35	4,47±0,13	0,08±0,01	0,21±0,02	0,55±0,02	3,14±0,77	1,57±0,55
	Сса,g$^{///}$	4	12,19±0,25	71,22±2,07	11,51±0,28	5,02±0,17	0,08±0,01	0,21±0,04	0,55±0,04	2,03±0,37	2,82±0,35
6. Солонец черноземо видный глееватый	Корочка	4	11,02±0,20	75,83±0,12	9,65±0,49	4,42±0,06	0,15±0,03	0,27±0,00	0,73±0,02	2,96±0,61	1,35±0,05
	Апg$^{/}$	4	10,76±0,37	76,59±0,36	10,86±0,12	5,36±0,22	0,17±0,01	0,37±0,06	0,74±0,05	2,35±0,55	1,79±0,61
	Аппg$^{//}$	4	10,08±0,04	73,83±1,10	10,28±0,59	7,06±0,30	0,16±0,02	0,26±0,02	0,71±0,02	3,19±0,61	1,82±0,32
	А1са,g$^{//}$	4	8,67±0,28	72,42±0,90	12,28±0,62	5,27±0,22	0,11±0,02	0,24±0,03	0,69±0,03	2,66±0,27	1,67±0,50
	АВса,g$^{//}$	4	14,34±0,34	67,96±2,19	10,64±0,33	4,22±0,19	0,08±0,01	0,20±0,02	0,58±0,02	8,43±0,76	3,98±0,07
	В1са,g$^{///}$	4	14,55±0,53	62,80±0,43	10,87±0,53	4,52±0,16	0,11±0,02	0,22±0,04	0,64±0,11	8,78±0,92	3,60±0,92
	Сса,g$^{///}$	4	12,63±0,21	65,28±0,51	11,51±0,28	4,30±0,11	0,12±0,01	0,21±0,04	0,69±0,11	7,16±0,82	3,45±0,15

Приложение 12

Химические свойства чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской низменности.

Горизонт, глубина см	$C_{орг}$ %		n	$pH_{вод}$	$pH_{сол}$	$H_г$	S		
							ммоль/100г почвы		
				$M \pm t_{0,95}m$	$M \pm t_{0,95}m$	$M \pm t_{0,95}m$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}
	n	$M \pm t_{0,95}m$					$M \pm t_{0,95}m$		
1. Чернозем типичный									
Ап 0-25	4	3,95±0,21	6	7,88±0,08	7,37±0,05	1,93±0,18	59,7±3,51	10,3±2,89	0,5±1,48
А1 12-65	4	3,37±0,29	6	7,89±0,06	7,37±0,01	1,87±0,53	57,7±2,52	18,3±5,13	0,5±1,65
АВса 65-110	4	1,08±0,14	6	8,01±0,05	7,41±0,02	0,35±0,18	55,7±3,21	7,70±2,52	0,5±1,34
Вса 110-130			6	8,19±0,05	7,51±0,03	0,18±0,00	62,0±1,73	9,0±1,73	0,5±1,56
Сса 130-200			6	8,36±0,08	7,58±0,12	0,18±0,00	65,7±1,53	13,0±1,73	0,5±1,41
Почвы катены I									
2. Черноземовидная глубокооглеенная почва									
Ап 0-20	4	3,35±0,27	6	6,84±0,18	5,53±0,04	4,20±0,35	58,3±2,08	15,0±3,46	1,6±1,11
Апп 20-43	4	3,06±0,14	6	7,90±1,78	5,54±0,02	3,56±0,10	58,7±1,15	16,0±1,00	1,5±1,46
А1 43-90	4	2,25±0,19	6	7,27±0,07	5,84±0,06	1,69±0,10	56,0±1,73	19,7±1,53	1,4±1,55
АВса 90-105	4	1,60±0,09	6	8,07±0,01	7,28±0,06	0,35±0,00	51,3±1,53	23,7±1,58	1,4±1,32
Вса 105-130			6	5,21±0,05	7,44±0,06	0,23±0,10	54,3±1,53	21,3±1,58	1,1±1,68
Сса,g/ 130-170			6	8,25±0,07	7,58±0,04	0,23±0,10	46,3±3,51	29,7±4,04	1,3±1,12
3. Черноземовидная оподзоленная глееватая почва									
Ад 0-20	4	2,56±0,24	6	7,96±0,35	5,35±0,22	7,76±0,10	42,0±2,00	9,3±1,15	0,4±1,35
А1g/ 20-60	4	1,98±0,45	6	7,70±0,15	5,35±0,03	5,19±0,27	51,3±4,09	8,0±1,89	0,5±1,37
$A_2Bg^{/}$ 60-80	4	1,03±0,07	6	7,68±0,02	4,97±0,08	4,14±0,20	54,7±4,51	7,3±1,15	0,4±1,14
В1g// 80-110			6	7,72±0,03	4,92±0,11	2,22±0,10	34,7±2,82	5,3±2,03	0,4±1,13
В2g/// 110-150			6	7,85±0,18	5,76±1,19	1,69±0,10	46,0±3,61	13,0±2,46	0,5±1,48
Сса,g/// 150-170			6	8,41±0,05	7,36±0,04	0,23±0,10	70,3±2,52	9,0±2,00	0,5±1,32
Почвы катены II									
4. Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная почва									
Ад 0-10	4	2,58±0,15	6	8,05±0,04	7,43±0,05	0,70±0,00	52,3±4,04	25,3±1,53	1,8±1,71
А1 10-37	4	2,65±0,21	6	8,18±0,06	7,38±0,00	0,47±0,10	35,0±5,04	14,3±1,60	1,7±1,49
АВса 37-70	4	0,49±0,11	6	8,66±0,02	7,40±0,01	0,29±0,10	45,3±4,15	16,0±1,00	6,5±3,30
В1са,g/ 70-105			6	8,71±0,02	7,41±0,02	0,23±0,10	45,7±4,04	12,0±8,54	5,2±3,12
В2са,g/ 105-130			6	8,74±0,02	7,50±0,02	0,35±0,18	46,3±4,02	16,3±7,37	3,7±3,25
Сса,g// 130-150			6	8,66±0,05	7,51±0,07	0,18±0,00	46,7±4,01	21,0±6,54	1,4±3,26
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная почва									
Ап 0-17	4	3,73±0,15	6	8,09±0,06	7,41±0,05	0,75±0,01	59,7±4,93	21,0±2,00	1,0±2,31
А1g/ 17-40	4	2,27±0,52	6	8,19±0,06	7,40±0,01	0,41±0,10	46,0±4,17	33,3±5,51	1,4±2,63
АВса,g/ 40-65	4	1,81±0,68	6	8,65±0,01	7,45±0,02	0,31±0,10	40,3±3,21	18,0±5,20	2,4±4,38
В1са,g// 65-80			6	8,69±0,02	7,39±0,02	0,20±0,10	38,2±4,16	35,0±6,56	4,7±3,19
В2са,g/// 80-104			6	8,70±0,02	7,48±0,02	0,32±0,18	40,7±6,11	29,3±4,16	3,9±6,15
Сса,g/// 104-120			6	8,60±0,05	7,52±0,07	0,19±0,02	47,6±5,61	27,3±4,55	4,1±4,51
6. Солонец черноземовидный глееватый									
Корочка 0-5				8,54±0,08	7,45±0,05	0,56±0,10	46,3±1,17	14,3±3,12	1,5±6,00
Апg/ 5-20	4	2,76±0,14	6	8,57±0,08	7,49±0,05	0,58±0,10	49,3±0,15	16,3±3,06	3,5±6,00
Аппg// 20-27	4	1,74±0,17	6	8,60±0,02	7,42±0,02	0,23±0,10	52,3±2,08	14,0±5,00	6,6±2,83
А1са,g// 27-40	4	0,72±0,14	6	8,82±0,08	7,49±0,03	0,23±0,10	41,3±1,26	19,3±5,20	8,9±3,32
АВса,g// 40-75			6	8,97±0,02	7,58±0,09	0,18±0,05	41,7±4,73	15,0±5,23	5,0±3,25
В1са,g/// 75-110			6	9,02±0,04	7,66±0,01	0,23±0,10	46,3±1,53	19,0±5,00	4,8±2,58
Сса,g/// 140-160			6	8,86±0,01	7,62±0,01	0,23±0,10	49,0±2,00	17,3±2,31	4,2±2,36

$pH_{вод}$ – актуальная кислотность;
$pH_{сол}$ – обменная кислотность;
$H_г$ – гидролитическая кислотность;
S – сумма обменных оснований;
V – степень насыщенности основаниями.

Приложение 13

Содержание и состав солей (анализ водной вытяжки) чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской низменности.

Горизонт, глубина, см		Анионы			Катионы			Сухой остаток, %
		HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Na^{2+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
		ммоль/100г почвы						
1. Чернозем типичный								
Ап	0-25	0,63±0,20	0,66±0,05	0,29±0,85	0,19±0,12	1,28±0,42	0,11±0,48	0,11±0,01
А1	12-65	0,56±0,04	0,57±0,09	0,29±1,51	0,04±0,01	1,28±0,16	0,10±0,17	0,08±0,23
АВса	65-110	0,40±0,05	0,53±0,04	0,28±0,83	0,07±0,03	1,04±0,35	0,10±0,20	0,10±0,01
Вса	110-130	0,62±0,04	0,55±0,04	0,40±0,67	0,08±0,02	1,04±0,21	0,45±0,17	0,10±0,33
Сса	130-200	0,60±0,04	0,54±0,06	0,27±0,98	0,04±0,01	0,77±0,41	0,60±0,29	0,08±0,06
Почвы катены I								
2.Черноземовидная глубокооглеенная								
Ап	0-20	0,96±0,55	0,41±0,48	0,16±0,04	0,21±0,05	1,24±0,55	0,08±0,04	0,10±0,04
Апп	20-43	0,84±0,28	0,2±0,03	0,38±1,20	0,18±0,01	1,08±0,16	0,16±0,18	0,10±0,10
А1	43-90	1,27±0,27	0,12±0,02	0,58±0,50	0,19±0,03	1,37±0,61	0,41±0,26	0,15±0,05
АВса	90-105	1,48±0,07	0,12±0,01	0,60±1,00	0,20±0,02	1,4-±0,40	0,60±1,03	0,16±0,05
Вса	105-130	1,38±0,06	0,11±0,04	0,60±0,28	0,24±0,01	1,4±0,40	0,45±0,35	0,14±0,04
Сса,g$^{/}$	130-170	1,52±0,04	0,07±0,01	0,55±0,16	0,29±0,08	1,6±0,21	0,25±0,26	0,16±0,48
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая								
Ад	0-20	0,32±0,08	0,01±0,01	0,10±1,08	0,02±0	0,35±0,28	0,06±0,36	0,03±0,01
А1g$^{/}$	20-60	0,16±0,04	0,02±0,01	0,20±0,49	0,03±0	0,32±0,14	0,03±0,28	0,03±0,03
А2Вg$^{/}$	60-80	0,16±0,04	0,02±0,01	0,25±0,70	0,04±0	0,35±0,05	0,04±0,30	0,03±0,07
В1g$^{//}$	80-110	0,16±0,04	0,01±0,01	0,20±0,62	0,04±0,01	0,27±0,05	0,06±0,59	0,04±0,04
В2g$^{///}$	110-150	0,36±0,16	0,01±0,01	0,40±0,47	0,10±0,09	0,61±0,32	0,16±0,23	0,05±0,08
Сса,g$^{///}$	150-170	0,90±0,05	0,02±0,01	0,44±0,80	0,15±0,06	1,05±0,36	0,16±0,24	0,10±0,04
Почвы катены II								
4.Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная								
Ад	0-10	1,24±0,39	0,12±0,01	0,50±0,85	0,63±0,21	1,15±0,61	0,08±0,67	0,12±0,08
А1	10-37	1,36±0,16	0,15±0,03	0,80±1,18	1,00±0,11	1,19±0,81	0,12±0,85	0,18±0,06
АВса	37-70	1,68±0,10	0,16±0,01	1,00±0,17	1,50±0,28	1,20±0,88	0,14±1,08	0,22±0,04
В1са,g$^{/}$	70-105	0,79±0,10	0,50±0,02	0,20±0,29	0,77±0,04	0,34±0,05	0,38±0,08	0,11±0,05
В2са,g$^{/}$	105-130	1,13±0,06	0,54±0,06	0,40±1,02	1,35±0,13	0,56±0,20	0,16±0,05	0,15±0,01
Сса,g$^{///}$	130-150	0,92±0,08	0,42±0,09	0,40±1,13	0,85±0,10	0,80±0,16	0,09±0,18	0,14±0,03
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная								
Ап	0-17	0,30±0,08	0,04±0,03	0,13±0,02	0,22±0,05	0,10±0,04	0,05±0,03	0,03±0,01
А1	17-40	0,35±0,08	0,20±0,01	0,18±0,04	0,38±0,06	0,25±0,05	0,10±0,17	0,05±0,08
АВса,g$^{//}$	40-65	0,79±0,10	0,20±0,01	0,13±0,02	0,52±0,20	0,40±1,02	0,20±0,40	0,08±0,23
В1са,g$^{///}$	65-80	1,12±0,32	0,40±0,03	0,32±0,08	1,01±0,11	0,58±0,20	0,25±0,44	0,14±0,03
В2са,g$^{///}$	80-104	1,10±0,32	0,30±0,02	0,18±0,06	0,93±0,09	0,45±0,15	0,20±0,40	0,12±0,08
6. Солонец черноземовидный глееватый								
Апg$^{//}$	5-20	0,75±0,12	0,02±0,01	0,20±0,36	0,64±0,18	0,51±0,05	0,42±0,17	0,10±0,07
Аппg$^{//}$	20-27	1,20±0,32	0,80±0,10	0,40±1,51	1,09±0,51	1,08±0,42	0,23±0,44	0,17±0,10
А1са,g$^{//}$	27-40	0,82±0,02	0,45±0,05	0,40±1,52	1,07±0,15	0,48±0,05	0,12±0,20	0,12±0,08
АВса,g$^{//}$	40-75	1,60±0,02	0,56±0,04	0,60±1,69	2,00±0,12	0,67±0,28	0,08±0,87	0,20±0,06
Вса,g$^{//}$	110-140	1,82±0,12	0,50±0,01	0,40±0,80	1,83±0,27	0,72±0,24	0,17±0,36	0,21±0,03
Сса,g$^{///}$	140-160	1,80±0,11	0,60±0,01	0,35±0,35	1,80±0,07	0,50±0,20	0,13±0,48	0,18±0,06

Приложение 14

Фракционный состав гумуса чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской равнины.

Почва	Горизонт	Соб, %	ФК (С, %)				ГК (С, %)			С ост, %
			Ia	I	II	III	I	II	III	
1. Чернозем типичный	Ап	3,94±0,28	0,10±0,02	0,10±0,08	0,74±0,27	0,38±0,09	0,35±0,04	0,66±0,15	0,46±0,09	1,16±0,07
	А1	3,60±0,45	0,04±0,03	0,14±0,04	0,40±0,15	0,13±0,03	0,23±0,06	0,91±0,09	0,49±0,02	1,17±0,03
	АВса	1,26±0,26	0,03±0,02	0,05±0,02	0,21±0,04	0,13±0,06	0	0,20±0,07	0,27±0,05	0,35±0,04
Почвы катены I										
2.Черноземовидная глубокооглеенная почва	Ап	3,27±0,13	0,07±0,02	0,03±0,02	0,59±0,18	0,26±0,04	0,32±0,03	1,05±0,15	0,18±0,04	0,65±0,09
	Апп	3,06±0,13	0,06±0,01	0,06±0,04	0,64±0,10	0,23±0,05	0,18±0,03	1,03±0,16	0,17±0,04	0,59±0,12
	А1	2,25±0,12	0,02±0,01	0,09±0,03	0,59±0,24	0,19±0,03	0	0,81±0,12	0,13±0,02	0,45±0,06
	АВса	1,60±0,14	0,04±0,02	0,01±0,02	0,01±0,60	0,24±0,05	0	0,08±0,04	0,11±0,03	0,70±0,07
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая почва	Ао	2,01±0,09	0,08±0,02	0,19±0,08	0,16±0,07	0,08±0,02	0,60±0,03	0,24±0,04	0,09±0,02	0,49±0,05
	А1	1,99±0,08	0,07±0,01	0,10±0,05	0,31±0,13	0,21±0,03	0,39±0,02	0,49±0,06	0,15±0,04	0,27±0,03
	А2Bg$^{/}$	1,03±0,03	0,02±0,01	0,04±0,02	0,02±0,02	0,11±0,04	0,09±0,04	0,54±0,03	0,10±0,04	0,11±0,03
Почвы катены II										
4. Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная почва	Ап	2,58±0,07	0,10±0,02	0,01±0,01	0,53±0,13	0,19±0,03	0,03±0,01	1,34±0,13	0,04±0,02	0,39±0,06
	А1	2,65±0,07	0,05±0,01	0,02±0,02	0,41±0,16	0,09±0,03	0,08±0,01	1,18±0,07	0,01±0,01	0,40±0,03
	АВ	0,99±0,06	0,06±0,01	0	0,13±0,07	0,11±0,02	0	0,29±0,05	0,01±0,01	0,06±0,02
5. Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная почва	Ао	3,40±0,15	0,02±0,01	0,21±0,05	0,46±0,21	0,35±0,07	0,28±0,04	1,03±0,15	0,41±0,04	0,53±0,12
	А1g$^{/}$	2,07±0,08	0,03±0,02	0,11±0,02	0,23±0,10	0,14±0,05	0,22±0,01	0,76±0,05	0,18±0,05	0,36±0,01
	АВсag$^{/}$	1,80±0,05	0,05±0,02	0,22±0,07	0,18±0,09	0,15±0,05	0,11±0,06	0,53±0,12	0,22±0,03	0,31±0,02
6. Солонец черноземовидный глееватый	Апg	2,17±0,10	0,05±0,01	0	0,61±0,14	0,10±0,03	0,08±0,01	0,86±0,10	0,05±0,02	0,38±0,03
	Аппg$^{//}$	2,27±0,14	0,01±0,01	0,10±0,02	0,88±0,15	0,09±0,02	0,06±0,02	0,34±0,15	0,16±0,03	0,40±0,07
	АВсag$^{//}$	1,01±0,15	0,01±0,01	0,01±0,01	0,39±0,04	0,05±0,02	0	0,23±0,06	0	0,20±0,04

Приложение 15.

Фракционный состав фосфора (P_2O_5 мг/100г почвы) мелкозема чернозема типичного, черноземовидных оглеенных, черноземовидных солонцеватых оглеенных почв и солонца черноземовидного глееватого юга Тамбовской низменности

Разрез, почва	Горизонт, глубина, см	Органический фосфор	Активные минеральные фосфаты	Прочносвязанные минеральные фосфаты
		$M \pm t_{0,95}m$.		
Почвы катены I				
1. Чернозем типичный	Ап 0-25 А1 12-65 АВса 65-110	184±17 194±18 67±17	303±98 241±11 152±23	106±14 124±22 86±15
2.Черноземовидная глубокооглеенная	Ап 0-20 Апп 20-43 А1 43-90 АВса 90-105	267±53 191±22 189±4 288±21	122±22 108±11 118±22 166±8	100±12 83±2 110±5 135±4
3.Черноземовидная оподзоленная глееватая	Ад 0-20 А1g/ 20-60 $A_2Bg^{/}$ 60-80	253±10 142±10 81±7	216±24 186±29 128±26	106±5 86±7 74±12
Почвы катены II				
4.Черноземовидная слабосолонцеватая слабооглеенная	Ад 0-10 А1 0-37 АВса 37-70	203±28 248±53 159±32	178±27 176±22 140±14	140±5 122±2 97±7
5 Черноземовидная сильносолонцеватая среднеоглеенная	Ап 0-17 А1g/ 17-40 АВса,g/ 40-65	175±38 203±21 156±40	123±4 144±18 99±14	120±2 123±4 94±9
6. Солонец черноземовидный глееватый	Корочка 0-5 Апg/ 5-20 Аппg// 20-27 А1са,g// 27-40	184±4 168±4 123±7 60±7	157±17 177±25 289±38 402±57	100±11 224±18 54±3 66±8

n – объем выборки;

M – среднее арифметическое;

$M \pm t_{0,95}m$ – доверительный интервал среднего