

УДК 631.4

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ БУРОЗЕМОВ В АГРОЛАНДШАФТАХ САМБИЙСКОЙ РАВНИНЫ (КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2022 г. О. А. Анциферова*

*Калининградский государственный технический университет, Советский пр-т, 1, Калининград, 236022 Россия***e-mail: anciferova@inbox.ru*

Поступила в редакцию 29.09.2021 г.

После доработки 10.01.2022 г.

Принята к публикации 11.01.2022 г.

Исследованы количественные показатели гидрологического режима осушенных буроземов. В гумидном климате Самбийской равнины (Прибалтика) фактором дифференциации почв по степени гидроморфизма является мезорельеф. В пределах одинаковых элементов мезорельефа различия в гидрологическом режиме почв связаны с литологическими особенностями, которые определяют физические свойства. На основании многолетнего мониторинга (2012–2020 гг.) установлено, что условиями формирования почв разной степени оглеения являются длительность периода с воздухоносной пористостью <10% в слое 0–100 см и режим верховодки. Выявлена ритмичность количественных показателей гидрологического режима буроземов в зависимости от годового количества осадков. Показано, что морфологический облик (верхняя граница и степень оглеения почв) несет конкретную информацию о современном гидрологическом режиме. Граница оглеения в почвах тесно коррелирует с верхней границей зоны с воздухоносной пористостью <10%. Верховодка возникает в сильноглееватых почвах в позднесенний период и присутствует до апреля–мая (иногда июля) на глубине 80–130 см. Вероятность поднятия верховодки в слой 0–100 см с апреля по октябрь в почвах на склонах составляет от 33% в сухие по осадкам годы до 75% во влажные. Выявлено совпадение границ сильноглееватых горизонтов и максимальных уровней верховодки в осушенных буроземах. Результаты исследования могут применяться в области гидрологии почв, оценки и моделирования мелиоративного состояния осушенных агроландшафтов.

Ключевые слова: многолетний мониторинг, оглеение, динамика влажности, воздухоносная пористость, верховодка, Cambisols (Aric, Loamic), Gleyic Cambisols (Aric, Loamic, Drainic)

DOI: 10.31857/S0032180X22060028

ВВЕДЕНИЕ

Изучение гидрологического режима длительно осушаемых почв в агроландшафтах является актуальным направлением, которое имеет фундаментальную и прикладную стороны. Целенаправленное изменение водного режима путем осушительной мелиорации влечет определенные изменения в функционировании почв [13, 14, 26]. Однако режимным исследованиям длительно осушенных почв уделяется недостаточное внимание. В то же время при разработке современных агротехнологий необходимо знание конкретных гидрологических особенностей почв. Для этого требуется проведение мониторинговых исследований такой длительности, которая вскроет закономерности динамики влажности в годы с разным количеством осадков на фоне современных климатических изменений [25]. Результаты научных работ должны иметь, в том числе количественное выражение для последующего построения

моделей гидрологического режима с определенным варьированием границ показателей.

Важным итогом мониторинга гидрологического режима почв является возможность диагностики степени гидроморфизма по морфологическим признакам в профиле. С генетической точки зрения — это возможность воплощения неодокучевской формулы: факторы—процессы—свойства [9] с дополнением: факторы—режимы—процессы—свойства. Ведь признаки гидроморфизма являются результатом процессов, протекающих в определенных условиях водного режима. А режим складывается в результате сочетания факторов почвообразования (как природных, так и антропогенных).

Чаще всего исследования направлены на выявление связей между факторами (климатом, рельефом, породами, растительностью) и водным режимом [5, 7, 13, 16, 19, 20, 22]. Давно ведется поиск связи между морфологическим проявлением гидроморфизма и развитием процесса оглеения [15,

27, 29]. Существует набор аналитических характеристик гидроморфизма [13, 17, 28].

Оглеение в гумидном климате южной тайги стоит на первом месте среди процессов, приводящих к появлению признаков гидроморфизма в профиле почв. Поэтому исследования нередко ограничиваются выявлением взаимосвязей между особенностями гидрологического режима и интенсивностью оглеения в профиле почв. Это традиционный подход, при котором изучается динамика влажности в ряду почв от неоглеенных до глеевых.

Основной причиной оглеения является переувлажнение в анаэробных условиях. Переувлажнение наступает, когда объемная влажность становится больше предельной полевой влагоемкости (**ППВ**). Однако различия почв по гранулометрическому составу приводят к неточности использования величины **ППВ** в качестве единой критической границы переувлажнения в песчаных, супесчаных, глинистых и хорошо оструктуренных почвах. Поэтому необходимо найти показатель, который отражает наступление экологического переувлажнения, отрицательно влияющего на урожай сельскохозяйственных культур. Для решения этой задачи Зайдельман [16] использовал границу воздухоносной пористости (**ВП**) – 8% в пахотном слое и 6% в подпахотном. Шейн [24] в качестве критической предлагает границу **ВП** 10%.

Актуальным направлением является выявление количественных индикаторов гидроморфизма при изучении режима влажности почв (последней динамики влажности). Т.А. Романовой на основании многолетних исследований и обобщения массива данных сети гидрометеостанций предложено в качестве критерия гидроморфизма почв Беларуси считать количество дней с влажностью почвы больше наименьшей влагоемкости (**НВ**) (состояние переувлажнения) в слое 0–20 см [22].

Этот показатель достоверно коррелирует с интенсивностью оглеения и уровнем грунтовых вод. Поэтому Романова [11] полагает, что предложенный критерий может быть основанием для дифференциации почв по степени гидроморфизма. Однако остается открытым вопрос: насколько достоверен показатель при переходе, например, от Белорусской почвенной провинции к Прибалтийской?

В Калининградской области осушительные мелиорации сельскохозяйственных земель начаты в XVII–XVIII вв. [23]. В настоящее время 596 тыс. га (около 80% от общей площади сельскохозяйственных угодий) осушается разными способами. При этом гидрологический режим почв изучен крайне слабо, особенно на фоне климатических изменений [2].

Цель работы – на основании многолетнего мониторинга установить специфику гидрологиче-

ского режима глееватых буроземов и определить его количественные показатели в холмистом агроландшафте гумидного климата Калининградской области. Задачи: изучить строение, физические свойства и почвенно-гидрологические константы пахотных буроземов на вершинах холмов и склонах, провести многолетний мониторинг, получить количественные характеристики гидрологического режима и выявить характерные особенности динамики влажности, верховодки и воздухоносной пористости в буроземах разной степени оглеения, установить связь современного гидрологического режима осушенных почв с морфологическими признаками гидроморфизма в профиле.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на производственном пахотном поле (ключевой участок “Перелески”) в Зеленоградском районе Калининградской области, в пределах Самбийской холмисто-моренной равнины (юго-восточная Прибалтика). Площадь поля 100 га. Участок исследования по ландшафтным условиям является типичным для Самбийской равнины [8]. Рельеф представляет собой чередование асимметричных моренных и камовых холмов и понижений между ними (рис. 1). Почвенный покров поля контрастный. На вершинах холмов и склонах сформировались буроземы разной степени оглеения (рис. 2). Почвообразующими породами для них являются валунные моренные и водно-ледниковые глубоковышелоленные супеси и суглинки с прослойками глин [12].

Понижения занимают дерново-глеевые почвы, сформировавшиеся на карбонатных отложениях сложного генезиса (озерно-ледниковые глины, моренные суглинки и супеси).

Все оглеенные буроземы и дерново-глеевые почвы осушаются системой закрытого гончарного дренажа со сбросом вод в открытые каналы. Последнюю реконструкцию дренажа провели в 1975 г. Глубина заложения дрен 80–110 см, междреннее расстояние в среднем 12 м. С конца 90-х гг. XX в. прекращен текущий ремонт и обслуживание дренажных систем. Поэтому в настоящее время устьевые оголовки коллекторов в откосах каналов частично засыпаны. Это блокирует около половины объема стока из закрытых осушителей в магистральный канал.

До 2012 г. участок исследований распахивался. С 2012 г. по июль 2016 г. поле временно выведено из севооборота в связи с прокладкой газопровода. В августе 2016 г. почвы снова начали распахивать и по 2020 г. чередовали посев озимой пшеницы, озимого рапса и ярового ячменя.

Строение почв изучали в разрезах глубиной 1.2–2.4 м. Морфологическое описание и диагностику проводили по классификации почв СССР

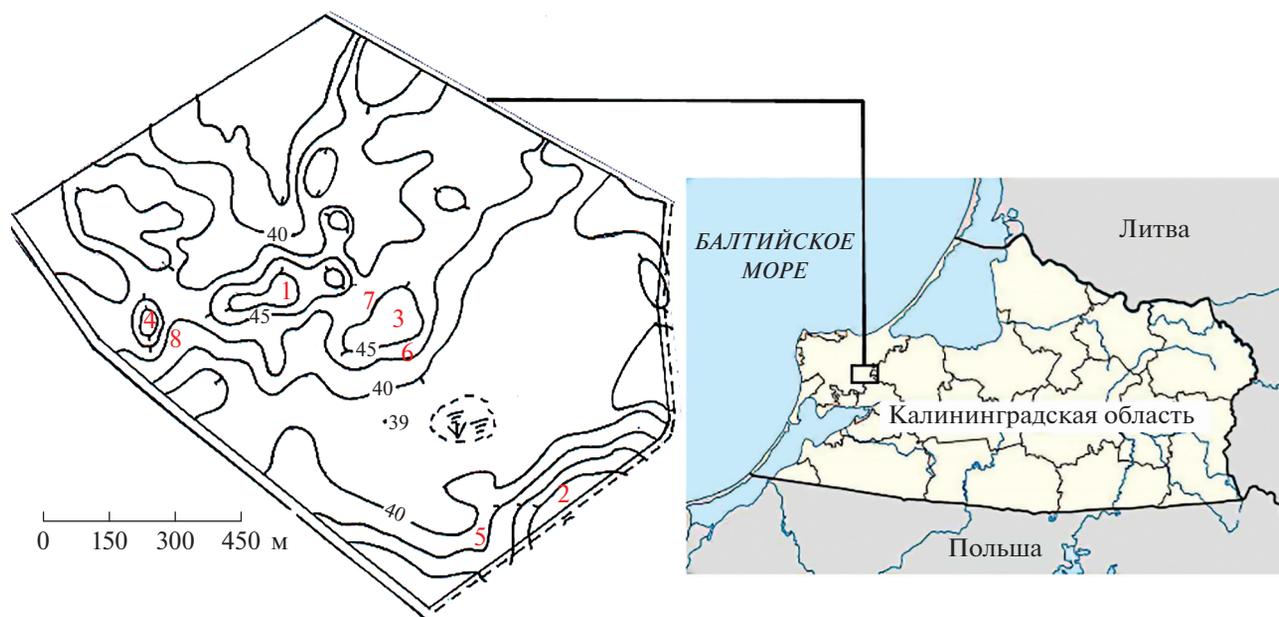


Рис. 1. Расположение и топографическая карта ключевого участка с площадками почвенно-гидрологического мониторинга в ареалах буроземов (1–8 – номера разрезов).

(1977 г.) [17]. Для оглеенных горизонтов использовали систему индексов Зайдельмана [15]. В глееватых горизонтах полностью или частично сохраняется цветовая гамма генетического горизонта или породы. Интенсивность проявления глееобразования диагностируется по площади “холодной” глеевой окраски: в слабоглееватых горизонтах до 20%, в среднеглееватых – 20–50% кутаны сизовато-коричневые, в сильноглееватых – 50–80% и кутаны коричневато-сизые или сизые [14]. Под почвенным гидроморфизмом в настоящей работе понимается комплекс морфологических признаков, предложенных Зайдельманом [15].

Площадки многолетнего мониторинга расположены на четырех вершинах холмов и на четырех склонах. В основе мониторинга лежит методика изучения водного режима, предложенная Роде [21]. Дополнительно исследовали динамику воздухоносной пористости.

Режим влажности изучали буровым методом. Периодичность бурения 2 раза в месяц. Отбор образцов выполняли послойно каждые 10 см до глубины 1 м. Период ежегодных непрерывных наблюдений: с апреля по ноябрь. Мониторинг проводили с 2012 по 2020 г. Бурение приурочено к междренним участкам. Для установления уровня верховодки применяли бурение до 2 м (1–2 раза в месяц круглогодично в 2012, 2017–2020 гг.).

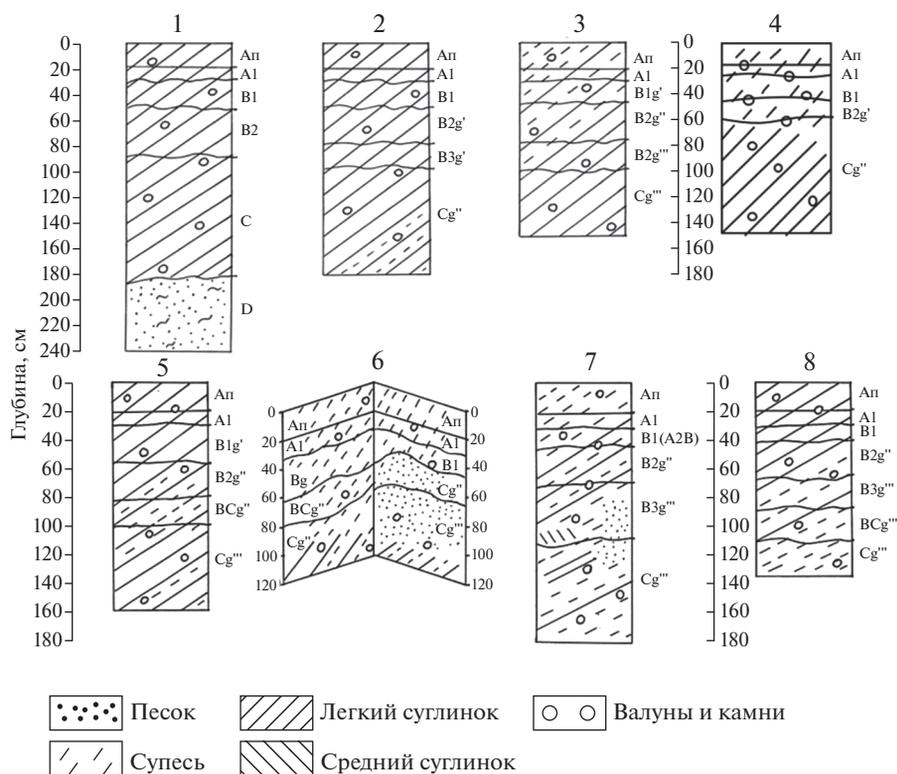
Данные о среднесуточной температуре и количестве осадков брали с ближайшей к полю метеостанции г. Калининграда.

Свойства почв изучали стандартными и рекомендованными методиками: гранулометрический

состав пипет-методом с подготовкой почвы путем обработки 4%-ной $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, плотность твердой фазы (ρ_s , г/см³) пикнометрически, плотность сложения (ρ_b , г/см³) методом режущих колец (цилиндров) объемом 100 см³, общую пористость (ϵ , %) и пористость аэрации (ϵ_{air} , %) – расчетными методами, максимальную гигроскопическая влажность и наименьшую влагоемкость (НВ) – по Николаеву, влажность завядания расчетным методом, влажность разрыва капиллярной связи (ВРК) принята для песков и супесей 0.6 НВ, для суглинков 0.7 НВ, полевая влажность почв – термостатно-весовым методом (объемная влажность получали в результате умножения полевой влажности на плотность сложения), полная влагоемкость принята равной величине общей пористости [6, 14]. Воздухоносную пористость (ВП, %) рассчитывали как разницу между общей пористостью и фактической объемной влажностью. Анализы выполняли в 4-кратной повторности. Для статистической и графической обработки данных использовали программу Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Калининградская область относится к Прибалтийской провинции дерново-подзолистых и болотно-подзолистых почв южной тайги [11]. Заваляшин и Надеждин доказали, что в западной части региона (Самбийская равнина) преобладают буроземные почвы [12] в условиях мягкого приморского климата. Подробные авторские исследования в начале XXI в. подтвердили это [2].



Характеристика ключевого участка

№ профиля	Элемент рельефа	Почва	Почвообразующие породы
1	Выпуклая вершина	Бурозем окультуренный легкосуглинистый Eutric Cambisols (Aric, Loamic)	Валунные суглинки с глубоким подстиланием водно-ледниковыми слоистыми песками
2	Плоская вершина	Бурозем окультуренный, осушенный среднеглееватый [15] легкосуглинистый Gleyic Cambisols (Aric, Loamic, Drainic)	Валунные суглинки и супеси
3	Плоская вершина	Бурозем окультуренный, осушенный сильноглееватый супесчаный Gleyic Cambisols (Aric, Loamic, Drainic)	Валунные суглинки и супеси
4	Выпуклая вершина	Бурозем окультуренный, осушенный эродированный среднеглееватый супесчаный Gleyic Cambisols (Aric, Loamic, Drainic)	Валунные суглинки и супеси
5	Склон 2°	Бурозем окультуренный, осушенный сильноглееватый легкосуглинистый Gleyic Cambisols (Aric, Loamic, Drainic)	Валунные суглинки и супеси
6	Склон 5°	Бурозем окультуренный осушенный эродированный сильноглееватый супесчаный Gleyic Cambisols (Aric, Loamic, Drainic)	Валунные пески, супеси, суглинки
7	Склон 3°	Бурозем оподзоленный окультуренный, осушенный сильноглееватый супесчаный Gleyic Cambisols (Aric, Loamic, Drainic)	Валунные пески, супеси, суглинки
8	Склон 2°–3°	Бурозем окультуренный, осушенный сильноглееватый легкосуглинистый Gleyic Cambisols (Aric, Loamic, Drainic)	Валунные суглинки и супеси

Рис. 2. Профили буроземов на площадках мониторинга.

Среднегодовая температура воздуха за период 1891–1958 г. составляла +7.1°C [1]. Для начала XXI в. характерен повышенный температурный фон (около +8°C) [4]. Среднегодовое количество

осадков для Калининграда (Кенигсберга) за период 1891–1958 г. равна 710 мм [1], а по обновленным данным (Г.М. Барина) – 781 мм [4]. Весь период мониторинга можно разделить на

Таблица 1. Среднегодовые температуры и суммы осадков за 2012–2020 гг.

Показатель	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Температура, °С	+7.7	+8.2	+9.1	+9.2	+8.9	+8.6	+9.0	+9.7	+9.8
Осадки, мм	977	798	631	715	921	1090	617	778	751
Обеспеченность осадками, %	10	53	89	76	13	4	91	62	66

три группы по количеству осадков: сухие годы – 2014, 2015, 2018 (осадков меньше среднегодовой нормы), средние – 2013, 2019, 2020 (осадков на уровне среднегодовой нормы), влажные – 2012, 2016, 2017 гг. (осадков больше среднегодовой нормы) (табл. 1).

Три из четырех буроземов в автономных позициях рельефа имеют четкие признаки оглеения в форме пятен и прожилков сизовато-серого цвета (табл. 2). Даже неоглеенный в летний период бурозем (ареал 1) в сырые периоды поздней осени приобретает серовато-сизоватые прожилки в иллювиальных горизонтах (с глубины 90 см). В других почвах граница появления признаков оглеения варьирует от 29 до 50 см. Иллювиальные горизонты и почвообразующая порода являются глееватыми от слабой до сильной степени (по терминологии Ф.Р. Зайдельмана). Авторский опыт обследований почв моренных равнин и публикации по региону [2, 10] показывают, что такая картина является типичной для агроландшафтов Калининградской области. Завалишин и Надеждин [12] отмечали, что в области проще найти оглеенную почву, чем неоглеенную. Таким образом, в автономных позициях рельефа на Самбийской равнине при норме осадков 781 мм преобладают глееватые почвы.

Следующим шагом явилось установление причин различия почв по степени оглеения на вершинах холмов. Особенностью связно-супесчаных и легкосуглинистых буроземов является обеднение илом верхних горизонтов и увеличение его количества в срединных и нижних горизонтах (табл. 3). Это может быть совокупным результатом исходной неоднородности пород и усилением выноса ила в осушенных почвах. В единственном неоглеенном и неосушенном буроземе (ареал 1) распределение ила по профилю более равномерное.

Буроземы образовались на валунных моренных и перемытых суглинках. Как отмечает Зайдельман [15], камни в мелкоземке резко уменьшают объем фильтрующих пор, что приводит к уменьшению коэффициента фильтрации. В результате анализа физических свойств выяснилось, что заиленные горизонты и горизонты с высокой плотностью сложения отличаются низкой общей пористостью. Поэтому уже при влажности, равной НВ, пористость аэрации в них близка к 10% или меньше.

Так как климат региона гумидный, а в западной части приморский, то переувлажнение явля-

ется обычным состоянием почв. Следовательно, при переувлажнении пористость аэрации будет еще более низкой. Как отмечалось ранее, при ВП 10% затруднен воздухообмен, а при ВП 5% вследствие анаэробнозиса будет интенсивно развиваться оглеение. Поэтому большинство почв в автономных позициях рельефа имеют предпосылки для формирования неудовлетворительных физических свойств почв. Это приводит к специфическим особенностям водного режима, развитию оглеения и формированию признаков гидроморфизма. Неоглеенный бурозем отличается меньшими значениями плотности по всему профилю и, как следствие, лучшей водопроницаемостью.

Пространственная литологическая пестрота моренных и водно-ледниковых отложений на вершинах холмов и склонах выражается в хаотичном вкраплении слоев тяжелых суглинков и глин на фоне преобладающего легкого гранулометрического состава (легкие опесчаненные суглинки и связные супеси). Складываются условия для накопления верховодок и аккумуляции гравитационной влаги над глинистыми прослойками или плотными заиленными слоями, перетекания влаги по водопроницаемым слоям. Поэтому буроземы без видимых признаков оглеения (ареал 1) формируются в условиях хорошо водопроницаемых пород (на легких суглинках, подстилаемых песками). При наличии в пространстве прослоек тяжелых суглинков и глин сток замедляется, создаются условия для формирования оглеенных почв.

На склонах верхняя граница глееватого горизонта в буроземах чаще всего находится на глубине 40–45 см. Только в рыхлой супеси, сменяющейся песком, признаки оглеения четко выражены с 65 см.

Признаки оподзоливания присутствуют в единичных почвах. Особенностью склоновых буроземов является отсутствие горизонта слабого оглеения. В большинстве почв после горизонтов А1 и В1 следует среднеглееватый пятнистый горизонт, в котором площадь оглеенных участков более 20%. Орпштейны встречаются как в гумусовом, так и подгумусовых горизонтах.

Для глееватых буроземов на склонах характерны высокие значения плотности и низкая пористость аэрации при влажности, равной НВ. Исключение составляет ареал супеси на песке. Однако уже в подстилающей породе с глубины 120 см

Таблица 2. Морфологические характеристики буроземов на вершинах холмов и склонах

Характеристика	Основные разрезы на вершинах холмов (рис. 1)				Основные разрезы на склонах			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Цвет и мощность (см) гумусового горизонта	Бурый (30)	Бурый (30)	Бурый (25)	Бурый (32)	Бурый (30)	Бурый (30)	Бурый (30)	Бурый (30)
Оподзоливание		Отсутствует			Нет	Нет	Гор. А2В	Нет
Верхняя граница появления признаков оглеения, см	—	50	29	43	40	65	45	40
Степень глееватости (по [14])	Эпизодическая*	Усиливается сверху вниз			Усиливается сверху вниз			
Конкреции Fe-и Mn-Fe	Единичные	От слабой до средней	От слабой до сильной	От слабой до средней	От слабой до сильной	От средней до сильной	От средней до сильной	От средней до сильной
Образования аморфной гидроокиси Fe	Охристые пятна с 30 см, редкие ржавые и малиновые скопления	С 27 см ржавые пятна, шаровидные скопления	С 25 см ржавые пятна, глубже шаровидные скопления	Ржавые пятна с 43 см, шаровидные образования	Ржавые пятна с 30 см, шаровидные скопления со 100 см	Ржавые пятна с 30 см	Ржавые пятна с 30 см	Ржавые пятна с 5 см, шаровидные скопления с 30 см
Марганцевые новообразования	Нет	Редко со 100 см	С 80 см	Нет	Со 130 см	Со 120 см	С 20 см	Со 110 см
Окраска глинистых кутан	Коричневые	Серо-коричневые	Коричневые; с 80 см коричневато-сизоватые	Коричневые; с 60 см коричневато-сизовые	Светло-серые в Сg" (с 95 см)	Коричневатые и сизовато-серые	Светло-серые в В3g" с 70 см	Сизо-серые в Сg" (со 110 см)

* Проявляется только в сырые периоды осени на глубине 90 или 100 см в форме редких сизоватых и серых прожилков.

Таблица 3. Физические свойства и почвенно-гидрологические константы буроземов на вершинах холмов и склонах

Горизонт, глубина, см	Гранулометрический состав фракции (%), размер частиц (мм)		Физические свойства**			Почвенно-гидрологические константы, % от объема					ϵ_{air}	
	<0.001	<0.01	ρ_b	ρ_s	ϵ	МГ	ВЗ	ВРК	НВ			
Разрез 1. Бурозем окультуренный легкосуглинистый неолесный на валунных суглинках с глубоким подстилением водно-ледниковыми слоистыми песками. Eutric Cambisols (Aric, Loamic). Вершина холма												
Ап, 0–20	7.3	21.4	1.26	2.57	51.0	4.5	6.8	18.5	26.4	24.6		
А1, 20–30	9.7	23.1	1.28	2.60	50.8	3.8	5.2	17.6	25.2	25.6		
В1, 30–55	10.7	23.3	1.42	2.64	46.1	5.7	8.7	17.3	24.7	21.4		
В2, 55, –, 90	10.5	22.4	1.57	2.65	40.8	5.3	8.3	18.9	27.0	13.8		
С, 90–130	9.3	21.6	1.56	2.66	41.6	5.6	8.6	18.3	26.2	15.4		
С, 130–150	9.6	22.5	1.56	2.65	41.6	5.9	8.9	18.2	26.0	15.6		
С, 150–170	9.5	21.8	1.55	2.66	41.7	5.7	8.6	17.0	24.3	17.4		
С, 170–190	5.6	17.2	1.57	2.67	41.2	5.5	8.4	12.4	20.7	20.5		
Д, 190–210	4.4	9.5	1.47	2.68	45.2	1.3	2.4	8.9	14.8	30.4		
Д, 210–240	3.2	7.2	1.48	2.69	45.0	1.2	2.0	7.1	11.8	33.2		
Разрез 2. Бурозем окультуренный, осушенный среднетяжелый легкосуглинистый на валунных суглинках и супесях. Gleyic Cambisols (Aric, Loamic, Drainic). Вершина холма												
Ап, 0–20	7.9	22.0	1.37	2.59	47.1	3.9	5.9	19.3	27.6	19.5		
А1, 20–30	7.5	21.4	1.48	2.62	43.5	4.2	6.3	17.8	25.4	18.1		
В1, 30–50	9.9	24.3	1.52	2.66	42.9	5.6	8.4	18.2	26.0	16.9		
В2g', 50–80	11.6	25.8	1.64	2.67	38.6	7.5	11.3	21.8	30.1	8.5		
В3g', 80–100	13.5	25.7	1.65	2.70	38.9	9.2	13.8	24.2	34.6	4.3		
Сg'', 100–120	13.6	25.8	1.64	2.70	39.3	8.0	12.0	21.4	30.6	8.7		
Сg'', 120–140	12.7	22.7	1.65	2.71	39.1	6.8	10.2	22.6	32.3	7.0		
Сg'', 140–160	10.2	19.7	1.64	2.69	39.0	7.5	11.3	23.4	33.4	5.6		
Сg'', 160–180	9.0	22.9	1.64	2.72	39.7	6.6	9.9	18.3	26.1	13.6		

Таблица 3. Продолжение

Горизонт, глубина, см	Гранулометрический состав фракции (%), размер частиц (мм)		Физические свойства**				Почвенно-гидрологические константы, % от объема				ε _{air}
	<0.001	<0.01	ρ _b	ρ _s	ε	МГ	ВЗ	ВПК	НВ		
Разрез 3. Бурозем окультуренный, осушенный сильноглеватый супесчаный на валунных суглинках и супесях. Gleyic Cambisols (Argic, Loamic, Drainic). Вершина холма											
Ап, 0–20	7.4	18.9	1.40	2.60	46.2	4.1	6.5	12.8	21.2	25.0	
А1, 20–25	7.9	18.5	1.53	2.62	41.6	4.0	6.4	12.5	20.8	20.8	
В1g', 25–47	9.4	19.7	1.64	2.66	38.4	4.4	7.2	12.5	20.8	17.6	
В2g'', 47–80	10.7	18.1	1.65	2.68	38.4	5.1	8.1	17.0	24.4	14.0	
В3g''', 80–103	11.9	21.7	1.67	2.67	37.5	5.2	8.5	18.2	26.0	11.5	
Сg''', 103, –120	14.0	23.6	1.66	2.66	37.6	5.8	9.6	18.7	26.7	10.9	
Сg''', 120–150	12.8	22.2	1.67	2.67	37.1	5.5	9.2	16.1	23.0	14.1	
Разрез 4. Бурозем окультуренный, осушенный эродированный среднеглеватый супесчаный на валунных суглинках и супесях. Gleyic Cambisols (Argic, Loamic, Drainic). Вершина холма											
Ап, 0–20	8.6	17.6	1.40	2.62	46.6	3.1	4.6	12.2	20.3	26.3	
В1, 32–43	12.1	17.3	1.60	2.65	39.6	4.0	6.1	14.1	23.5	16.1	
В2g', 43–60	10.6	18.3	1.62	2.67	39.3	5.5	7.6	15.1	25.1	14.2	
Сg'', 60–100	16.2	26.7	1.63	2.69	39.4	5.9	8.8	16.0	26.7	12.7	
Сg'', 100–150	13.4	22.9	1.66	2.72	39.0	6.5	9.8	19.2	27.4	11.6	
Разрез 5. Бурозем окультуренный, осушенный сильноглеватый легкосуглинистый на валунных суглинках и супесях. Gleyic Cambisols (Argic, Loamic, Drainic). Склон крутизной 2°											
Ап, 0–20	6.2	17.1	1.40	2.61	44.8	4.1	6.2	15.5	25.9	18.9	
А1, 20–30	6.8	17.3	1.48	2.63	43.7	3.7	5.6	15.5	25.9	17.8	
В1, 30–59	8.4	18.3	1.64	2.66	38.4	4.3	6.5	15.1	24.8	13.6	
В2g'', 59–80	8.5	17.6	1.65	2.69	38.7	5.1	7.7	15.1	25.1	13.6	
ВСg'', 80–95	11.4	19.5	1.67	2.70	38.2	6.3	9.5	18.6	26.7	11.5	
Сg''', 95–130	12.2	20.6	1.66	2.68	38.1	7.0	10.5	19.5	27.9	10.2	
Сg''', 130–150	13.6	23.1	1.64	2.67	38.6	7.3	11.0	19.6	28.0	10.6	
Сg''', 150–161	11.4	24.2	1.66	2.69	38.3	6.9	10.4	18.3	26.1	12.2	

Таблица 3. Окончание

Горизонт, глубина, см	Гранулометрический состав фракции (%), размер частиц (мм)		Физические свойства**				Почвенно-гидрологические константы, % от объема				ϵ_{air}
	<0.001	<0.01	ρ_b	ρ_s	ϵ	МГ	ВЗ	ВРК	НВ		
Разрез 6. Бурозем околугуренный осушенный эродированный сильноглеваый супесчаный на валунных песках, супесях и суглинках. Gleysic Cambisols (Aric, Loamic, Drainic). Склон крутизной 5°											
A1, 0–20	4.1	12.4	1.35	2.62	48.5	3.5	5.3	12.7	21.1	27.4	
A1, 20–31	4.0	11.4	1.46	2.65	44.9	2.9	4.4	13.1	21.9	23.0	
Bg', 31–65	3.8	11.2	1.50	2.68	44.0	2.9	4.4	11.7	19.5	24.5	
Cg'', 65–80	1.3	6.7	1.53	2.70	43.3	2.0	3.0	9.2	15.3	28.0	
Cg''', 80–110	0.8	4.8	1.56	2.69	42.0	1.4	2.1	8.3	14.0	28.0	
Cg''', 120–140	14.2	24.3	1.69	2.72	37.9	7.4	11.1	21.7	31.0	6.9	
Разрез 7. Бурозем оподзоленный околугуренный, осушенный сильноглеваый супесчаный на валунных песках, супесях и суглинках. Gleysic Cambisols (Aric, Loamic, Drainic). Склон крутизной 3°											
Ап, 0–20	6.6	20.7	1.29	2.60	50.4	3.7	5.6	17.0	24.3	26.1	
A1, 20–30	6.4	19.0	1.49	2.63	43.4	4.3	6.5	18.0	25.7	17.7	
B1(A2B)*, 30–45	6.9	21.1	1.55	2.65	41.5	4.3	6.5	18.2	26.0	15.5	
B2g'', 4–70	12.5	23.1	1.69	2.71	37.6	7.3	11.0	22.9	32.7	4.9	
B3g''', 70–100	14.9	26.9	1.67	2.68	37.7	6.7	10.0	20.0	28.6	9.1	
B3g''', 100–120	13.1	23.0	1.65	2.70	38.9	6.6	9.9	18.1	25.9	13.0	
Cg''', 120–150	10.4	18.7	1.68	2.68	37.7	7.1	10.7	18.7	26.7	11.0	
Cg''', 150–180	8.9	16.4	1.66	2.68	38.1	6.3	9.5	18.7	26.7	11.4	
Разрез 8. Бурозем околугуренный, осушенный сильноглеваый легкосуглинистый на валунных суглинках и супесях. Gleysic Cambisols (Aric, Loamic, Drainic). Склон крутизной 4°											
Ап, 0–20	8.8	26.4	1.32	2.59	49.0	4.1	6.2	18.3	26.2	17.8	
A1, 20–30	8.3	27.8	1.44	2.61	44.8	4.4	6.6	17.7	25.3	12.2	
B1, 30–40	6.7	19.4	1.64	2.70	39.3	4.9	8.0	21.6	31.0	8.3	
B2g'', 40–63	6.5	17.8	1.62	2.69	39.8	5.2	7.9	18.3	26.1	13.7	
B3g''', 63–85	7.3	18.1	1.62	2.67	39.7	5.5	9.0	19.2	27.4	12.3	
BCg''', 85–110	12.7	20.5	1.65	2.68	38.4	6.3	9.4	17.0	26.2	12.2	
Cg''', 110–135	10.3	20.8	1.66	2.67	37.8	6.0	8.9	18.8	26.9	11.2	
Cg''', 135–140	9.8	25.6	1.69	2.68	36.6	5.4	8.1	16.4	25.2	11.4	

* Горизонт A2B диагностирован только по двум стенкам разреза.

** ρ_s – плотность твердой фазы, г/см³, ρ_b – плотность сложения, г/см³, ϵ – общая пористость, %, ϵ_{air} – пористость аэрации, %, НВ – наименьшая влагоемкость, ВЗ – влажность завядания, ВРК – влажность разрыва капиллярной связи, ПВ – полная влагоемкость, %, МГ – максимальная гигроскопическая влажность.

наблюдается скачок плотности, и создаются условия для развития оглеения.

Общей чертой всех буроземов на поле является ритмичность динамики влажности. После зимнего и ранневесеннего периода сквозного промачивания в засушливом (как правило) апреле начинается просыхание верхней части профиля. Уже в конце мая возникают зоны биологического иссушения (влажность меньше ВРК), которые в июне распространяются до глубины 40–70 см в зависимости от количества осадков в конкретном году. В октябре (в сырые годы в сентябре) влажность в метровой толще буроземов начинает увеличиваться. В ноябре чаще всего значения влажности близки к ранневесенним величинам. Цикл заканчивается, и снова наступает период сквозного промачивания.

Отличия буроземов разной степени оглеения заключаются именно в длительности переувлажнения, иссушения, низкой воздухоносной пористости не только в пахотном горизонте, но и в метровой толще. Для того, чтобы выявить эти различия, необходимо посчитать примерную продолжительность указанных периодов в днях.

На первом этапе попытались выявить связь между количеством осадков по каждому году мониторинга и индивидуальными количественными показателями режима влажности и ВП на восьми ареалах почв методом корреляционного анализа. Связь оказалась прямолинейной во всех случаях. Устойчивая значимая связь за период 2012–2020 гг. наблюдается с показателями: влажность >НВ в слое 0–20 см и влажность почв >НВ по всему слою 1 м. Однако коэффициент детерминации сильно варьирует от 0.35 до 0.77. Это позволяет сделать вывод о том, что переувлажнение пахотного слоя и метровой толщи буроземов только на 35–77% зависит от количества осадков. К неучтенным факторам, влияющим на влажность буроземов на вершинах холмов, относятся термический режим, положение почвы в рельефе, водопроницаемость, водоудерживающая способность почв. Выяснилось, что коэффициент корреляции сильно варьирует в зависимости от временного отрезка. При рассмотрении четырехлетнего периода (2017–2020 гг.) коэффициенты корреляции в большинстве случаев значительно увеличиваются. Одна из причин заключается в том, что этот отрезок включал резко контрастные по увлажнению годы (сырой 2017 и сухой 2018). В девятилетнем периоде (2012–2020 гг.) связи ослабляются из-за увеличения разнообразия погодных условий.

На втором этапе объединили почвы по элементам рельефа (вершины и склоны), а все годы мониторинга разделили на три группы по степени увлажненности (табл. 4).

В ходе статической обработки определяли набор общих показателей (среднее арифметическое

и ошибка среднего, коэффициент вариации), а также степень достоверности различий по *t*-критерию Стьюдента на 5%-ном уровне значимости.

Сначала получили различия буроземов на сходных элементах рельефа в зависимости от влажности года. Выяснилось, что как на вершинах холмов, так и на склонах различия достоверны чаще всего между группами контрастных лет по количеству осадков (сухие и влажные).

На третьем этапе разделили буроземы на вершинах холмов по степеням оглеения. Между неоглеенной и сильноглееватой почвами различия достоверны по частным показателям в отдельные группы лет: влажность <ВРК в слое 0–20 см в средние годы, влажность <ВРК в слое 0–100 см в сухие годы, влажность >НВ по всему слою 1 м в средние и сырые годы. И только один показатель период ВП <10% в слое 0–100 см статистически значимо отражает различия между буроземами разной степени оглеения вне зависимости от влажности года (табл. 5).

На четвертом этапе сравнили показатели режима влажности и воздухоносной пористости оглеенных буроземов на разных элементах рельефа (вершины и склоны) в годы с разным количеством осадков. Оказалось, что элемент рельефа достоверно влияет на длительность существования верховодки в метровой толще почвы (в глееватых буроземах на склонах она больше). Критерием отличия буроземов по степени оглеения является среднестатистический период с ВП <10%.

Тип водного режима (по А.А. Роде) изученных буроземов промывной дренажный, подтип атмосферного питания. Глееватые почвы выделяются в класс периодического капиллярного насыщения с почвенной верховодкой.

Круглогодичные наблюдения за верховодкой позволили установить, что это явление характерно для всех глееватых почв на склонах и сильноглееватого бурозема на вершине холма (рис. 2, 3). В профиле неоглеенного бурозема верховодки не было с 2012 по 2020 гг. В среднеглееватых буроземах на вершинах холмов верховодка образовывалась только в ареале 2 в экстремально сырые месяцы осени 2017 г. в иллювиальных горизонтах на короткий срок (до 10 дней).

Причина образования верховодки на вершине холма – скопление влаги над уплотненными заиленными слоями, глинистыми прослойками при низких коэффициентах фильтрации пород и затрудненном боковом стоке. На склонах верховодка формируется из натечных вод с повышений. Основная зона локализации верховодки находится в пределах глубин 80–130 см. Толщина слоя верховодки не превышает 30 см.

Верховодка начинает формироваться в глееватых буроземах в конце октября–ноябре в условиях быстрого снижения среднесуточных темпера-

Таблица 4. Количественные характеристики гидрологического режима буроземов на вершинах холмов (над чертой) и склонах (под чертой) за период апрель–октябрь ($n = 12$ для каждой группы лет)

Показатель	Годы по увлажненности		
	сухие	средние	влажные
Слой 0–20 см			
Влажность <ВРК, дни	62.5 ± 12.4	25.1 ± 5.0	18.4 ± 4.7
	73.7 ± 8.6	24.3 ± 4.5	21.3 ± 4.6
Влажность >НВ, дни	49.3 ± 8.2	55.2 ± 8.7	97.6 ± 10.0
	21.3 ± 4.0	61.4 ± 8.3	89.8 ± 9.1
Слой 0–100 см			
Влажность >НВ по всему слою 1 м, дни	18.5 ± 6.5	27.0 ± 7.3	55.5 ± 9.7
	10.0 ± 3.4	39.6 ± 7.6	58.8 ± 3.8
Период с ВП <10%, дни*	61.0 ± 18.7	73.5 ± 23.2	84.2 ± 22.6
	66.2 ± 13.8	115.0 ± 22.4	140.4 ± 18.1
Верхняя граница зоны с ВП <10%, см	70.0 ± 5.9	62.0 ± 8.1	59.0 ± 5.7
	55.8 ± 7.4	60.0 ± 7.8	39.2 ± 5.7
Период с ВП <5%, дни	5.2 ± 2.9	16.0 ± 10.3	21.0 ± 11.2
	33.8 ± 10.3	33.8 ± 6.5	53.8 ± 10.0
Верхняя граница зоны с ВП <5%, см	95.8 ± 10.7	82.5 ± 5.9	65.0 ± 6.0
	80.0 ± 3.6	75.0 ± 4.7	57.5 ± 4.7
Вероятность формирования верховодки в слое 1 м, %**	0	0	11.1
	33.3	50.0	75.0
	(в первой половине апреля)	(преимущественно в первой половине апреля, редко в октябре)	(весной, летом и осенью, иногда 2 раза)

* Учитывалось наличие зон с воздухоносной пористостью менее 10% в слое 0–100 см.

** Расчет по формуле: $B = x \cdot 100/n$, где B – вероятность (частота встречаемости), %, x – количество встреч верховодки в пределах слоя 0–100 см за все годы данной группы увлажненности в период с апреля по октябрь, n – объем выборки.

Таблица 5. Некоторые показатели гидроморфизма буроземов разной степени оглеения на вершинах холмов в зависимости от влажности года

Группа почв по степени оглеения	Годы по увлажненности		
	сухие	средние	сырые
Влажность >НВ (дни) в слое 0–20 см			
Неоглеенная	46.0 ± 6.6	41.7 ± 6.0	90.3 ± 22.6
Среднеглееватая	43.8 ± 16.3	61.3 ± 23.5	93.8 ± 12.8
Сильноглееватая	60.0 ± 13.2	57.3 ± 6.5	110.0 ± 23.6
Период с ВП <10% (дни) в слое 0–100 см			
Неоглеенная	10.0 ± 5.0	7.3 ± 2.7	20.0 ± 5.0
Среднеглееватая	50.0 ± 9.3	62.5 ± 16.0	64.3 ± 20.5
Сильноглееватая	126.7 ± 39.3	165.0 ± 22.9	175.0 ± 18.0

тур воздуха и как следствие, резкого сокращения испарения и транспирации. Источником формирования верховодки является влага атмосферных осадков и туманов. В зимний период верховодка присутствует постоянно в условиях неглубокого промерзания почв (до 20 см в морозные периоды)

или отсутствия такового при положительных температурах (зимы 2014–2015 и 2019–2020 гг.). Наименьшие среднестатистические глубины верховодки характерны для февраля, когда наблюдается пик стока. В конкретных ареалах почв могут встречаться отклонения (с разбросом максимума

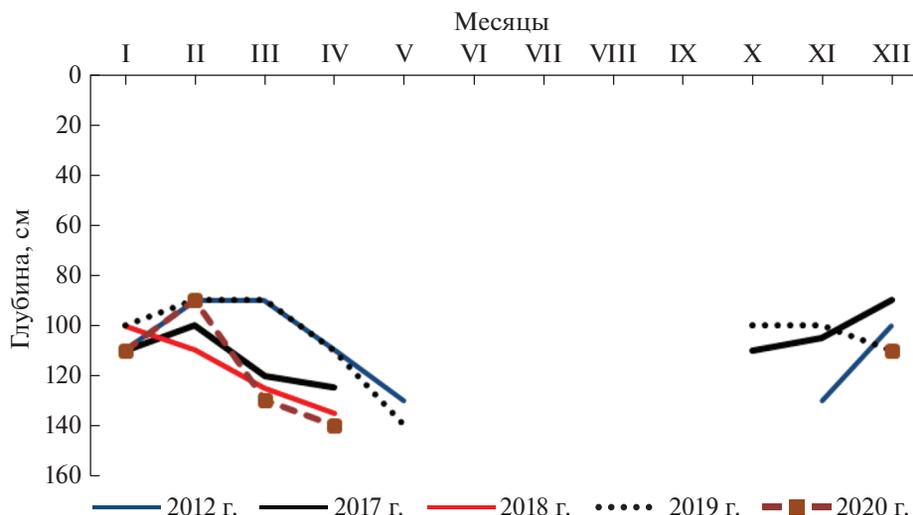


Рис. 3. Динамика верховодки в сильноглееватом буроземе на вершине холма.

стока от января до апреля в отдельные годы) в связи с локальными особенностями накопления свободной влаги.

При бурении до 2 м зафиксировано явление двухъярусной верховодки, когда водоносные горизонты разделяются слоями с высокой плотностью или тяжелого гранулометрического состава. Непостоянный характер таких водоносных горизонтов подтверждает, что это именно верховодка. Грунтовые воды на вершинах холмов и склонах залегают глубже 2 м.

В начале вегетационного периода (апрель) верховодка нередко присутствует в слое 1 м или находится на глубине 1.0–1.2 м. Испарение и транспирация способствуют расходу влаги, и уже к июню верховодка исчезает или перетекает в прослойки рыхлых супесей глубже 130 см. В летний период в большинстве лет верховодка отсутствует в профиле глееватых буроземов (до 130 см). При этом тонкие слои свободной гравитационной влаги могут обнаруживаться в глубоких горизонтах (140–180 см) почвообразующих пород вплоть до августа. На основании этого заключили, что капиллярное насыщение профиля почвы происходит практически круглогодично. Это является причиной критических значений воздухоносной пористости в нижней части профиля буроземов.

Основными морфологическими признаками гидроморфизма в профиле почв являются глубина появления признаков и интенсивность оглеения. Данные многолетнего мониторинга гидрологического режима позволяют установить диагностическое значение морфологических признаков гидроморфизма в почвах на разных элементах рельефа. Выбрали наиболее информативные количественные показатели и сравнили их с глубиной и интенсивностью оглеения в профиле почв (табл. 6).

Результаты корреляционного анализа показали, что граница оглеения в почвах совпадает с верхней границей зоны с ВП < 10%. Коэффициент корреляции для буроземов на вершинах холмов 0.97, а на склонах 0.99. Также тесная связь выявлена между границей оглеения и длительностью периода с ВП < 10% (коэффициенты корреляции соответственно –0.84 и –0.92).

Следовательно, чем выше граница оглеения, тем длительнее период с низкой пористостью аэрации в буроземах. Установлено практическое совпадение границ сильноглееватых горизонтов и максимальных уровней верховодки в буроземах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях гумидного климата Самбийской равнины (среднегодовое количество осадков 781 мм) в автономных позициях рельефа (вершины холмов) преобладают глееватые буроземы. Вертикальная и пространственная неоднородность пород и накопление ила в нижней части профиля приводят к формированию горизонтов с высокой плотностью и низкой пористостью аэрации. В почвах складывается гидрологический режим с длительным периодом переувлажнения (влажность > НВ). Это приводит к развитию оглеения и формированию морфологических признаков гидроморфизма в профиле большей части буроземов.

Предлагается характеризовать гидрологический режим почв в вегетационный период с апреля по октябрь конкретными количественными показателями: период с влажностью > НВ и < ВРК в слоях 0–20 и 0–100 см, период сквозного промачивания (влажность > НВ по всему слою 1 м), длительность периода и глубина зоны с воздухоносной пористостью < 10% в слое 0–100 см, вероятность

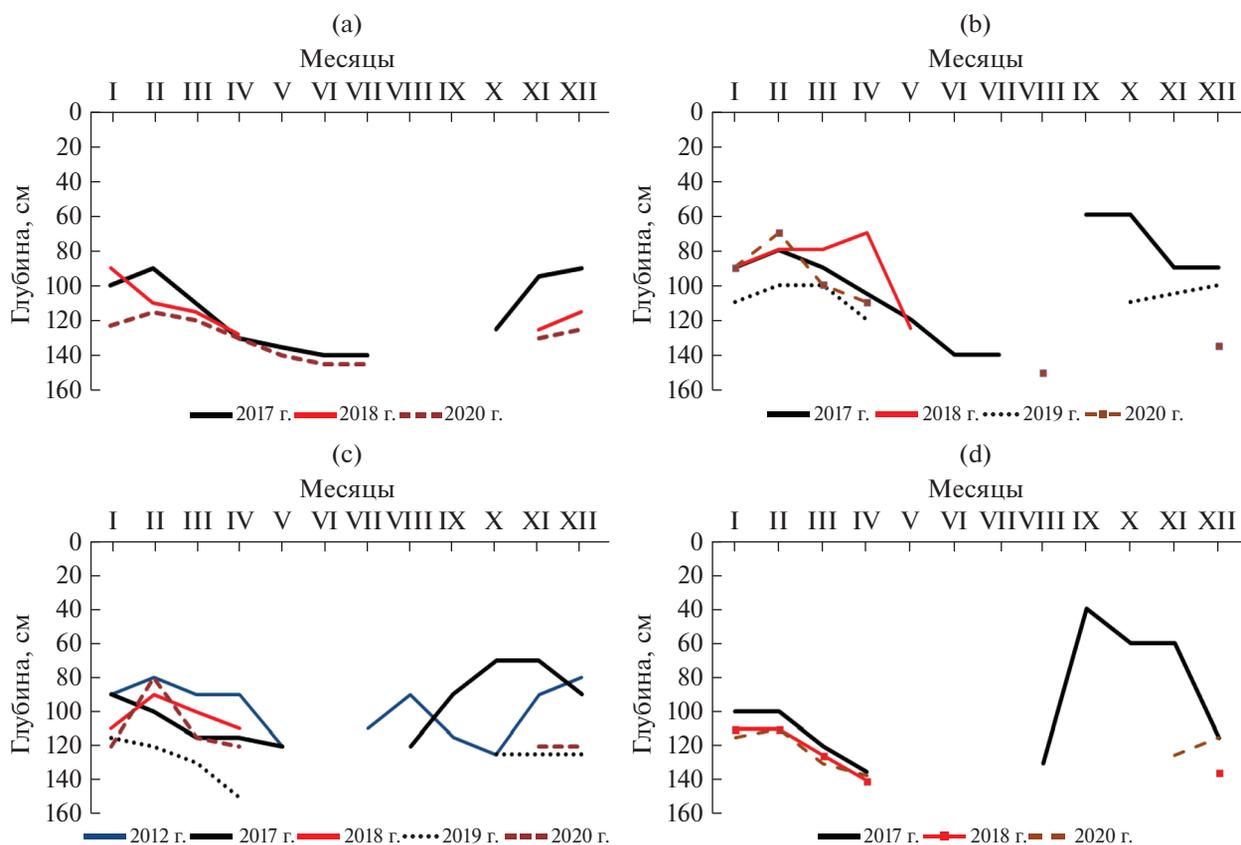


Рис. 4. Динамика верховодки в сильноглееватых буроземах на склонах: а – ареал 5, в – ареал 6, с – ареал 7, d – ареал 8.

Таблица 6. Морфологические признаки и некоторые показатели гидрологического режима в почвах на вершинах и склонах

Ареал	Верхняя граница оглеения без учета степени, см	Верхняя граница оглеения по степеням, см			Средние значения за апрель–октябрь 2012–2020 гг.			Наименьшая глубина верховодки, см**
		g'	g''	g'''	период с ВП <10%, дни	верхняя граница зоны >НВ в слое 0–с ВП <10%, см	влажность >НВ в слое 0–20 см, дни	
Буроземы на вершинах холмов								
1	90*	90*	–	–	11.1	90.0	59.0	–
2	50	50	100	–	75.0	52.5	60.0	–
3	29	29	47	80	155.6	34.4	75.8	90
4	43	43	60	–	53.4	56.7	79.4	–
Буроземы на склонах								
5	40	40	59	95	114.4	31.3	53.8	90
6	65	–	65	80	22.2	71.7	57.1	80
7	45	–	45	70	135.0	40.0	81.3	70
8	40	–	40	63	168.1	36.3	50.0	60

* Эпизодическое в сырые периоды осени.

** Чаще всего наблюдаемая в профиле. Степень оглеения горизонтов: g' – слабоглееватый, g'' – среднеглееватый, g''' – сильноглееватый.

формирования и длительность существования верховодки в слое 0–100 см.

В автоморфных легкосуглинистых и супесчаных буроземах на вершинах холмов признаки оглеения не наблюдаются (или выражены слабо в сырые сезоны поздней осени и зимы) при отсутствии в годичном цикле верховодки и возникновении зон с воздухоносной пористостью меньше 10% на глубине 70–100 см не более 20 дней в период с апреля по октябрь во влажные по осадкам годы. Для среднетяжелых осушенных супесчаных и легкосуглинистых буроземов на вершинах холмов характерно развитие зон с критической воздухоносной пористостью с глубины 50–63 см продолжительностью 50–65 дней в течение вегетационного периода. Верховодка возникает эпизодически при выпадении экстремального количества осадков.

Сильноглееватые осушенные буроземы на вершинах холмов и склонах характеризуются постоянным присутствием верховодки в профиле в осенний, зимний и ранневесенний периоды. Вероятность поднятия верховодки в слой 0–100 см с апреля по октябрь в почвах на склонах составляет от 33% в сухие по осадкам годы до 75% во влажные. Длительность нахождения верховодки в метровой толще от 5 до 23 дней. Зоны с критической воздухоносной пористостью глубже 40–60 см существуют в почвах в среднем 127–175 дней в течение вегетационного периода.

На основании многолетнего мониторинга (2012–2020 гг.) установлено, что показатель периода с влажностью >НВ в слое 0–20 см в условиях гумидного климата не имеет устойчивой достоверной связи со степенью оглеения в осушаемых буроземах пахотного агроландшафта. Критерием различия буроземов разных степеней оглеения (от неоглеенных до сильноглееватых) служит показатель длительность периода с воздухоносной пористостью <10% в слое 0–100 см.

Верхняя граница оглеения в изученных почвах является показателем зоны с ВП >10% в вегетационный период, а граница сильноглееватого горизонта указывает на ежегодную максимальную границу верховодки. Таким образом, установлена связь характеристик гидрологического режима глееватых буроземов с морфологическими признаками гидроморфизма в их профиле.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Исследования проводили в рамках инициативно-поисковой госбюджетной научно-исследовательской темы кафедры агропочвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «КГТУ» «Почвенные ресурсы Калининградской области: оценка, использование, продуктивность, управление». Работа выполнена при финансовой поддержке

гранта РФФИ 19-29-05277 мк «Цифровой структурно-функциональной анализ ландшафта в системе адаптивно-ландшафтного земледелия».

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет, что у него нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматический справочник по Калининградской области. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1961. 130 с.
2. Анциферова О.А. Изученность водного режима почв Калининградской области // Изв. КГТУ. 2019. № 53. С. 11–24.
3. Анциферова О.А. Почвы Замландского полуострова и их антропогенное изменение. Ч. 1. Факторы почвообразования. Почвы подзолистого и буроземного рядов. Калининград, 2008. 397 с.
4. Баринова Г.Н. Калининградская область. Климат. Калининград, 2002. 196 с.
5. Большаков А.Ф. Водный режим мощных черноземов Среднерусской возвышенности. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 200 с.
6. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследований физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
7. Васильев И.С. Водный режим подзолистых почв. М.: Тр. Почв ин-та им. В.В. Докучаева, 1950. Т. 32.
8. Географический атлас Калининградской области / Гл. ред. Орленок В.В. Калининград: Изд-во КГУ, ЦНИТ, 2002. 276 с.
9. Герасимов И.П. Генетические, географические и исторические проблемы современного почвоведения. М.: Наука, 1976. 300 с.
10. Герасимова М.И., Гаврилова И.П. Автономные суглинистые почвы центральной части Калининградской области: проблемы генезиса // Почвоведение. 2005. № 1. С. 5–15.
11. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. М.: КолосС, 2004. 460 с.
12. Завалишин А.А., Надеждин Б.В. Почвенный покров Калининградской области // Почвы Калининградской области. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 5–130.
13. Зайдельман Ф.Р. Генезис и экологические основы мелиорации почв и ландшафтов. М., 2009. 720 с.
14. Зайдельман Ф.Р. Гидрологический режим почв Нечерноземной зоны. Генетические, агрономические и мелиоративные аспекты. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 328 с.
15. Зайдельман Ф.Р. Методы эколого-мелиоративных изысканий и исследований почв. М.: Колос, 2008. 486 с.
16. Зайдельман Ф.Р. Морфоглеогенез, его визуальная и аналитическая диагностика // Почвоведение. 2004. № 4. С. 389–398.
17. 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.
18. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.
 19. Муромцев Н.А., Анисимов К.Б. Особенности формирования водного режима дерново-подзолистой почвы на различных элементах почвенной катены // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2015. Вып. 77. С. 78–93.
 20. Роде А.А. Водный режим почв и его регулирование. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 120 с.
 21. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. Т. 2. Методы изучения водного режима почв. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1969. 288 с.
 22. Романова Т.А. Водный режим почв Беларуси. Минск, 2015. 144 с.
 23. Церлинг В.В. Из истории опытного дела на территории Калининградской области // Агрехимические работы в Калининградской области. М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 7–39.
 24. Шейн Е.В. Курс физики почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. 432 с.
 25. Шейн Е.В., Болотов А.Г., Дембовецкий А.В. Гидрология почв агроландшафтов: количественное описание, методы исследования, обеспеченность почвенных запасов влаги // Почвоведение. 2021. № 9. Т. 55. С. 1076–1084. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21090070>
 26. Эколого-географические закономерности эволюции почв и почвенного покрова мелиорируемых земель Нечерноземья. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1999. 372 с.
 27. Morgenstern H., Thiere I. Zur Diagnose und Bestimmung von Horizonten stauvernäste Kulturböden. Albrecht-Thaer-Arch. 1970. Bd. 14. H. 7.
 28. Schwertmann U., Fisher W.R. Natural “amorphous” ferric hydroxide // Geoderma. 1973. V. 10. № 3.
 29. Teaci D. The morphochromatic diagnosis of gley and gleyed horizons and soils // Ştiinţa Solului. 1968. V. 6. № 2–3.

Hydrological Regime of Cambisols in the Agricultural Landscape of the Sambia Plain (Kaliningrad Region)

O. A. Antsiferova*

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

*e-mail: antsiferova@inbox.ru

The study is aimed at determining the quantitative indicators of the hydrological regime of drained Cambisols. In the humid climate of the Sambian Plain (South-Eastern Baltic States), the mesorelief is a factor of soil differentiation according to the degree of hydromorphism. Within the same mesorelief elements, differences in the hydrological regime of soils are associated with the lithological factor that determines the physical properties. Based on long-term monitoring (2012–2020), it was found that the indicators of soils of different degrees of gleying are the duration of the period with air porosity below 10% in a layer of 0–100 cm and the regime of perched water. The rhythmicity of quantitative indicators of the hydrological regime of Cambisols depending on the annual amount of precipitation is revealed. It is shown that the morphological appearance (the upper boundary and the degree of soil gleying) carries specific information about the modern hydrological regime. The boundary of gleying in soils closely correlates with the upper boundary of the zone with air porosity below 10%. The perched water occurs in strongly gleyic soils in the late autumn period and is present until April–May (sometimes until July) at a depth of 80–130 cm. The probability of raising the perched water in a layer of 0–100 cm from April to October in soils on slopes ranges from 33% in dry precipitation years to 75% in wet. The coincidence of the boundaries of the strongly gleyic horizons and the maximum levels of the perched water in the drained Cambisols was revealed. The results of the study are applied in the field of soil hydrology and assessment of the reclamation state of drained agricultural landscapes.

Keywords: long-term monitoring, gleyization, quantitative indicators, air porosity, perched water, Cambisols (Loamic, Aric), Gleyic Cambisols (Loamic, Aric, Drainic)