

4.1.5. МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА  
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.41

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2024\_3\_89

EDN: UKNYAY

**Влияние гидроморфизма на содержание углерода органических соединений, гумуса и его запасов в почвах легкого гранулометрического состава****Надежда Сергеевна Горбунова<sup>1✉</sup>, Елена Владимировна Куликова<sup>2</sup>, Сергей Сергеевич Шешницан<sup>3</sup>**<sup>1</sup> Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия<sup>2</sup> Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия<sup>3</sup> Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия<sup>1</sup> vilian@list.ru✉

**Аннотация.** Влияние гидроморфизма на основной агрофизический показатель почв (запас гумуса) изучался в почвах песчаного и супесчаного гранулометрического состава, сформированных на древнеаллювиальных отложениях на территории Пригородного лесничества Воронежской области. Почвы сформировались под естественными лесными экосистемами (Сосновый бор и Нагорная дубрава), где на содержание углерода органических соединений, гумуса и его запасы воздействуют преимущественно естественные факторы почвообразования. Геологические особенности строения объекта исследования повлияли на формирование легкого гранулометрического состава исследуемых почв. Особенности рельефа и близкое залегание грунтовых вод привнесли в почвенный покров признаки гидроморфизма, при этом объект исследования характеризуется и автоморфными территориями, на которых формируется иной почвенный тип. Большое влияние на профильное перераспределение органического вещества в почвах боровых ландшафтов оказала хвойная растительность. Корневые выделения и опад доминирующей в составе древостоя сосны способствуют усиленной минерализации органического вещества и его активной миграции по почвенному профилю. Невысокое содержание гумуса в исследуемых почвах определяет их как мало гумусированные и объясняется обедненностью почвообразующих пород, а также хвойной растительностью. Дубовый опад характеризуется большей зольностью, что повлияло на более высокие показатели содержания углерода органических соединений, гумуса и его запасов. Профильное распределение углерода органических соединений, гумуса и его запасов имеет аккумулятивный характер распределения. Понимание процессов формирования и трансформации органического вещества позволит контролировать развитие не только естественных территорий, но и аналогичных с точки зрения почвенного покрова территорий, перешедших в земли сельскохозяйственного назначения.

**Ключевые слова:** углерод органических соединений, гумус, запасы гумуса, лесные экосистемы, автоморфные и полугидроморфные почвы

**Финансирование:** работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 123102700029-3 «Биогеохимический мониторинг цикла углерода в природных и антропогенных экосистемах Воронежской области в условиях глобального изменения климата (FZUR-2023-0001)».

**Для цитирования:** Горбунова Н.С., Куликова Е.В., Шешницан С.С. Влияние гидроморфизма на содержание углерода органических соединений, гумуса и его запасов в почвах легкого гранулометрического состава // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17, № 3(82). С. 89–98. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2024\\_3\\_89-98](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2024_3_89-98).

4.1.5. LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT  
AND AGRICULTURAL PHYSICS (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

**Influence of hydromorphism on the content of soil organic carbon, humus and its reserves in soils of light texture****Nadezhda S. Gorbunova<sup>1✉</sup>, Elena V. Kulikova<sup>2</sup>, Sergey S. Sheshnitsan<sup>3</sup>**<sup>1</sup> Voronezh State University, Voronezh, Russia<sup>2</sup> Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia<sup>3</sup> Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia<sup>1</sup> vilian@list.ru✉

**Abstract.** The influence of hydromorphism on the main agrophysical indicator of soils (i.e. humus reserves) was studied in sandy and sandy loam soils, which had developed on ancient alluvial deposits in the territory of Prigorodnoe Forestry of Voronezh Oblast. These soils were developed in natural forest ecosystems (pine forest and Nagornaya Dubrava oak forest), where the content of soil organic carbon (SOC), humus and its reserves are mainly influenced by natural factors of soil formation. The geological features of structure of research object significantly influenced the formation of light granulometric composition of the studied soils. The peculiarities of relief and close occurrence of groundwater have brought the signs of hydromorphism in the soil cover. At the same time, the research object is characterised by automorphic territories, where a different soil type was formed. Profile redistribution of organic matter in the soils of pine forest landscapes was greatly influenced by coniferous vegetation. The root secretions and tree litter of pines dominating in the tree stand contribute to increased mineralization of organic matter and its active migration through the soil profile. Low humus content in the studied soils is indicative of a poorly humified profile, which can be attributed to the impoverishment of soil-forming rocks, as well as coniferous vegetation. Oak litterfall has a higher ash content, which influenced higher SOC and humus content and humus reserves. The distribution of SOC, humus and its reserves across the soil profile exhibited an accumulative pattern. An understanding of the processes involved in the formation and transformation of organic matter would allow controlling the development of not only natural areas, but also areas with similar soil cover that have been converted to agricultural land.

**Key words:** soil organic carbon, humus, humus reserves, forest ecosystems, automorphic and semi-hydromorphic soils

**Funding:** the research was carried out within the State assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, No. 123102700029-3 "Biogeochemical monitoring of the carbon cycle in natural and anthropogenic ecosystems of Voronezh Oblast in the context of global climate change" (FZUR-2023-0001).

**For citation:** Gorbunova N.S., Kulikova E.V., Sheshnitsan S.S. Influence of hydromorphism on the content of soil organic carbon, humus and its reserves in soils of light texture. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2024;17(3):89-98. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2024\\_3\\_89-98](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2024_3_89-98).

**Введение**  
Представлены результаты изучения влияния гидроморфизма на основной агрофизический показатель почв (запас гумуса) в почвах песчаного и супесчаного гранулометрического состава, сформированных на древнеаллювиальных отложениях на территории Пригородного лесничества Воронежской области. Почвы сформировались под естественными лесными экосистемами (сосновый бор и Нагорная дубрава), где на содержание углерода органических соединений, гумуса и его запасы воздействуют преимущественно естественные факторы почвообразования. Геологические особенности строения объекта исследования повлияли на формирование легкого гранулометрического состава исследуемых почв. Особенности рельефа и близкое залегание грунтовых вод привнесли в почвенный покров признаки гидроморфизма, при этом объект исследования характеризуется и автоморфными территориями, на которых формируется иной почвенный тип.

Б.П. Ахтырцев почвы Пригородного лесничества Воронежской области называл «почвами зачаточного почвообразования», которые расположены в непосредственной близости от ныне действующего русла на песчаных отмелях, а также прирусловых песчаных валах [1, 2], подчеркивая, что у них практически отсутствует гумусовый профиль, наблюдается лишь небольшой гумусовый горизонт. Кроме того, слабо выражены другие генетические горизонты. Отсутствие полноценного гумусового горизонта связано с тем, что почвы находятся под воздействием паводковых вод, которые регулярно откладывают преимущественно песчаный аллювий, в итоге он не успевает трансформироваться почвенными процессами [2, 3]. Почвы испытывают систематическое прерывание процесса гумусообразования из-за отложения свежего аллювия. В исследованиях отмечается, что слоистое строение или перемешивание светло-серых и серо-бурых слоев с породой желтого цвета приводит к довольно низкому процентному содержанию гумуса (0,1–0,8%), а его профильное распределение носит скачкообразный характер. Запас гумуса в слое 0–20 см составляет 15 т/га, а в метровой толще не превышает 50 т/га. Гумус относится к фульватному типу, с высоким содержанием мобильных гуминовых кислот. При этом доля связанных с кальцием гуминовых кислот крайне мала [2, 3]. Такие почвы обладают невысокими показателями плодородия, но для произрастания сосновых пород являются наиболее предпочтительными. Аналогичные почвенные типы довольно часто встречаются в агроэкосистемах.

Почвы легкого гранулометрического состава широко используются в сельском хозяйстве, поскольку высокий спрос на продовольственную продукцию сопровождается вовлечением и интразональных почв [9]. Главным их недостатком является обедненность элементами минерального питания, а также неудовлетворительные воднофизические свойства, с которыми можно справиться при внедрении современных методов [10]. Поэтому исследование гумусного состояния данных почв является актуальным вопросом. При этом на накопление и трансформацию гумусного состояния почв будет оказывать влияние уровень залегания грунтовых вод и степень их гидроморфизма, что довольно подробно изучено для почв тяжелого гранулометрического состава [8].

Данных о влиянии гидроморфизма на гумусное состояние песчаных и супесчаных почв опубликовано довольно мало, в связи с чем цель представленного исследования заключалась в установлении значений содержания углерода органических соединений, гумуса и его запасов в автоморфных и полугидроморфных почвах легкого гранулометрического состава, сформировавшихся в естественных лесных экосистемах под дубовой и сосновой растительностью, не испытывающих антропогенного воздействия.

#### **Место и методика исследований**

Пригородное лесничество находится в районе западной части зоны Центральной лесостепи. Территория района исследований размещается на Окско-Донской низменной равнине, расположенной в пределах Восточно-Европейской равнины. Это низинная, плоская, водораздельная часть рек Воронеж и Дон (Правобережное участковое лесничество) и рек Воронеж и Усманка (Левобережное участковое лесничество), на высоте 100–150 м над уровнем моря.

Название почв давалось в соответствии с таксономическими единицами КиДПР 2004 г. и WRB2015 2022 г., в классификации почв 1977 г. автоморфные типы соответствовали слабодифференцированным родам черноземовидных почв, а полугидроморфные – типу луговых почв.

Почвенный покров автоморфных участков Кожевенного кордона Левобережного участкового лесничества представлен серогумусовыми иллювиально-ожелезненными бескарбонатными маломощными супесчаными почвами; полугидроморфных участков – гумусово-гидрометаморфическими типичными бескарбонатными мелкими супесчаными почвами и серогумусовыми глееватыми бескарбонатными маломощными супесчаными на аллювиальных песчано-супесчаных отложениях.

Почвенные разрезы, а также отбор образцов проводился до уровня залегания почвообразующей породы послойно, каждые 10 см. Определение плотности почв в этих же разрезах проводилось путем отбора образцов пробоотборником ПГ-100 для дальнейшего расчета запасов гумуса в исследуемых почвах.

В отобранных почвенных образцах определяли рН водной суспензии с помощью стационарного рН-метра АВЗРН-В Ohaus [5].

Для оценки содержания углерода органических соединений применяли метод сухого сжигания с использованием элементного анализатора ECS 8024 NC Soil Special [7].

Для определения значений валового содержания гумуса и его запасов использовали расчетный метод. Все полученные данные пересчитывались на абсолютно сухую почву [6].

Результаты аналитических исследований обрабатывались статистически с использованием программы Microsoft Excel 2010.

#### **Результаты и их обсуждение**

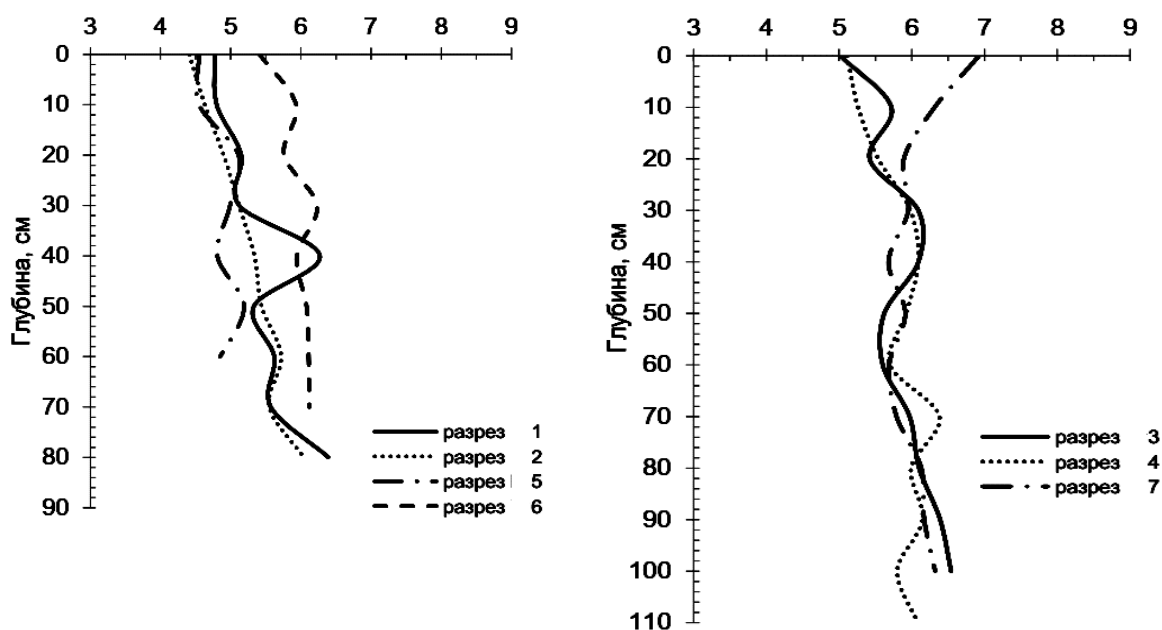
Песчаный и супесчаный гранулометрический состав, унаследованный от почвообразующей породы, оказывает значительное влияние на химические, физические и физико-химические показатели лесных почв. На образование и накопление органического вещества в почвенном профиле большое влияние будет оказывать значение рН. Согласно полученным данным рН почвенного раствора колеблется в пределах 4,41–6,92 единиц (табл. 1).

Таблица 1. Статистические показатели уровня рН (ед.) и содержания общего углерода (%) в почвах лесных экосистем,  $n = 7$ 

Глубина, см	рН				Общий углерод			
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	min	max	V, %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	min	max	V, %
0–10	5,17 ± 0,32	4,41	6,92	16	2,55 ± 0,63	0,54	5,65	67
10–20	5,31 ± 0,26	4,45	6,31	13	0,99 ± 0,29	0,22	2,42	78
20–30	5,40 ± 0,14	4,90	5,89	7	0,35 ± 0,09	0,12	0,75	69
30–40	5,64 ± 0,20	4,99	6,23	10	0,14 ± 0,02	0,10	0,26	40
40–50	5,75 ± 0,19	4,81	6,27	9	0,15 ± 0,02	0,11	0,26	35
50–60	5,64 ± 0,13	5,19	6,08	6	0,13 ± 0,03	0,07	0,29	61
60–70	5,61 ± 0,14	4,85	6,11	7	0,13 ± 0,04	0,03	0,34	82
70–80	5,90 ± 0,13	5,55	6,38	5	0,08 ± 0,01	0,06	0,11	23
90–100	6,24 ± 0,07	6,15	6,39	2	0,05 ± 0,01	0,01	0,10	75
100–110	6,22 ± 0,22	5,80	6,54	6	0,11 ± 0,03	0,06	0,16	47

Примечание:  $n$  – количество образцов;  $\bar{x}$  – среднее арифметическое, мг/кг;  $S_{\bar{x}}$  – ошибка среднего арифметического;  $V$  – коэффициент вариации, %.

Помимо того, что почвы образованы на бескарбонатных ненасыщенных кальцием и обменными катионами аллювиальных породах, на рН будет оказывать влияние хвойная растительность. Продукты разложения хвои, растительного опада, а также корневые выделения сосновых пород имеют кислую реакцию, которая проникает в почвенный покров. С глубиной влияние опада не так значительно, поэтому отмечается увеличение рН среды (рис. 1).

Рис. 1. Профильное распределение рН<sub>Н<sub>2</sub>О</sub> в почвах лесных экосистем Пригородного лесничества

Максимальное значение рН составляет 6,92 ед. (разрез 7) под насаждениями дуба в серогумусовых глееватых бескарбонатных почвах. В данном случае можно наблюдать влияние биогенного фактора на формирование физико-химических свойств серогумусовых почв. Так, многолетнее произрастание дубравы на исследуемой территории сдвигает значение рН в нейтральную сторону по сравнению с реакцией среды под сосновыми древесными породами.

В пониженных формах рельефа, где грунтовые воды подходят к дневной поверхности, будет отмечаться и их влияние. Формируются полугидроморфные почвы. В

районе нашего исследования грунтовые воды обладают преимущественно гидрокарбонатно-кальциевым составом, поэтому при общей кислой реакции почвенного раствора отмечаются некоторые «выпадения» полученных значений рН в сторону нейтральной реакции среды (рис. 1).

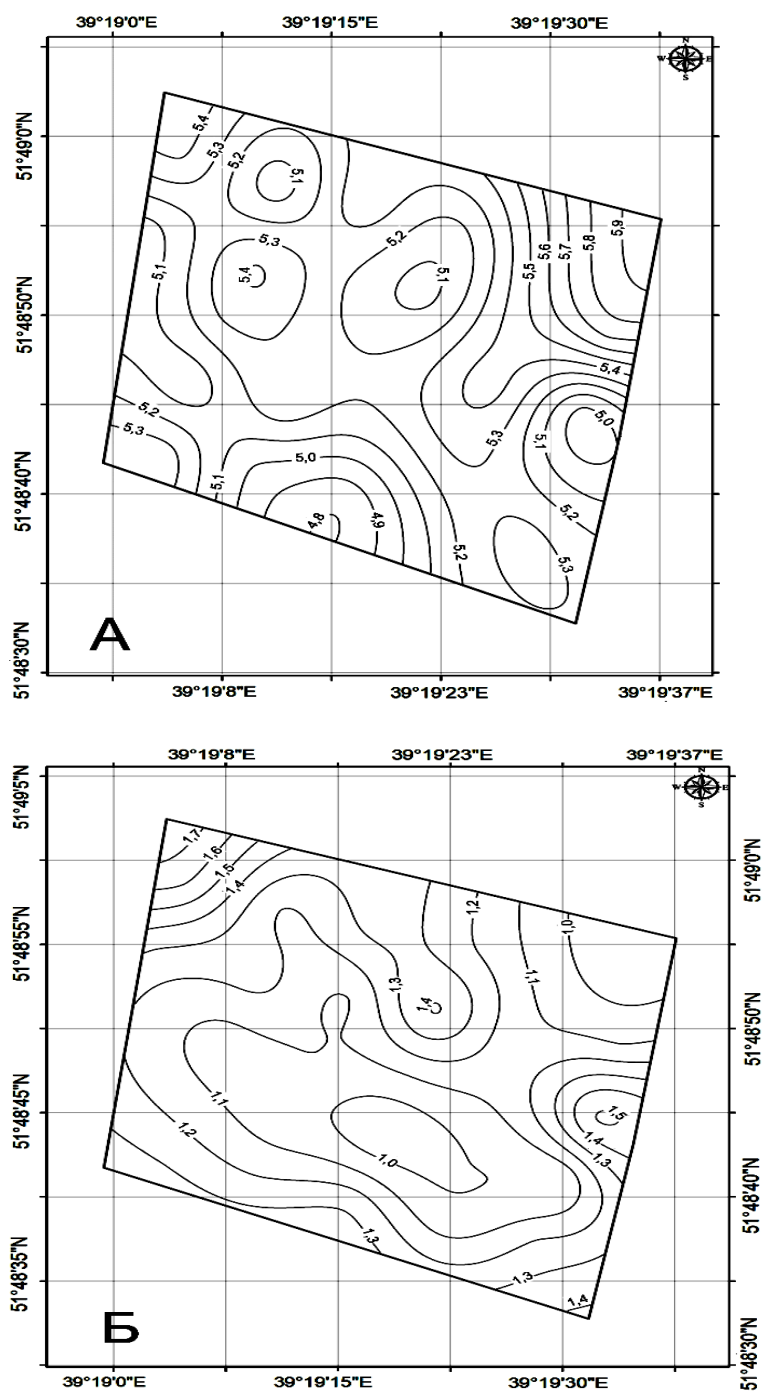


Рис. 2. Карта-схема пространственного распределения рН<sub>н.о</sub> (А) и содержания общего углерода (Б) в слое 0–30 см почв лесных экосистем Левобережного лесничества Пригородного лесничества (квартал 60)

Скачкообразное распределение рН по почвенным профилям лесных экосистем может быть связано с влиянием близким залеганием грунтовых вод, которые имеют гидрокарбонатно-кальциевый состав. При таком катионно-анионном составе неравномерно распределенные по профилю органоминеральные комплексные соединения пе-

риодически вступают в реакции обмена и комплексообразования, тем самым обогащая молекулы катионами кальция. В этом случае происходит некоторое подщелачивание среды. Поскольку почвенно-поглощающий комплекс исследуемых почв не насыщен основаниями и в основном представлен минеральным компонентом, то сорбция катионов кальция происходит на довольно короткий промежуток времени. Со временем он легко вытесняется катионами водорода и вновь мигрирует по почвенному профилю [4].

Если рассматривать пространственное варьирование показателя рН в квартале 47 и квартале 60, то коэффициент вариации составляет соответственно 7,92 и 3,47%. Это свидетельствует о том, что пространственная изменчивость показателя рН естественных экосистем леса незначительна. На рисунках 2, А и 4, А представлены данные участки, которые наглядно подтверждают полученные значения распределения. Это явление объясняется однородными почвообразующими породами, растительным покровом и другими факторами почвообразования. В профильном распределении коэффициента вариации (табл. 1) прослеживается тенденции к его уменьшению вниз по почвенному профилю, что свидетельствует о снижении влияния растительности на показатель рН с глубиной.

Содержание углерода органических соединений и его пересчет на количество гумуса в 0–10 см слое серогумусовых иллювиально-ожелезненных, гумусово-гидрометаморфических типичных, серогумусовых турбированных, серогумусовых глееватых почвах Кожевенного кордона колеблется соответственно в пределах от 0,54 до 3,41% и от 0,93 до 5,88%, что характеризует почвы как мало гумусированные. Довольно низкое содержание гумуса связано с тем, что процесс почвообразования проходит на обедненных, ненасыщенных аллювиальных отложениях, представленных песками. При этом близкое залегание грунтовых вод способствует большему гумусообразованию и гумусонакоплению. Кроме того, в почвообразовании участвует биогенный фактор, который определяется доминированием хвойной растительности. Кислые выделения корневых систем и опада способствуют усиленной минерализации органического вещества, а также его высокой подвижности в профиле.

Следует отметить, что растительный покров дубрав способствует накоплению органики. Опад дуба обогащен зольными элементами, которые регулярно поступают в почвенный покров, что приводит к накоплению гумуса (рис. 3) до 9,74%. О влиянии характера растительности, произрастающей в лесных экосистемах, отмечается и в других работах [11].

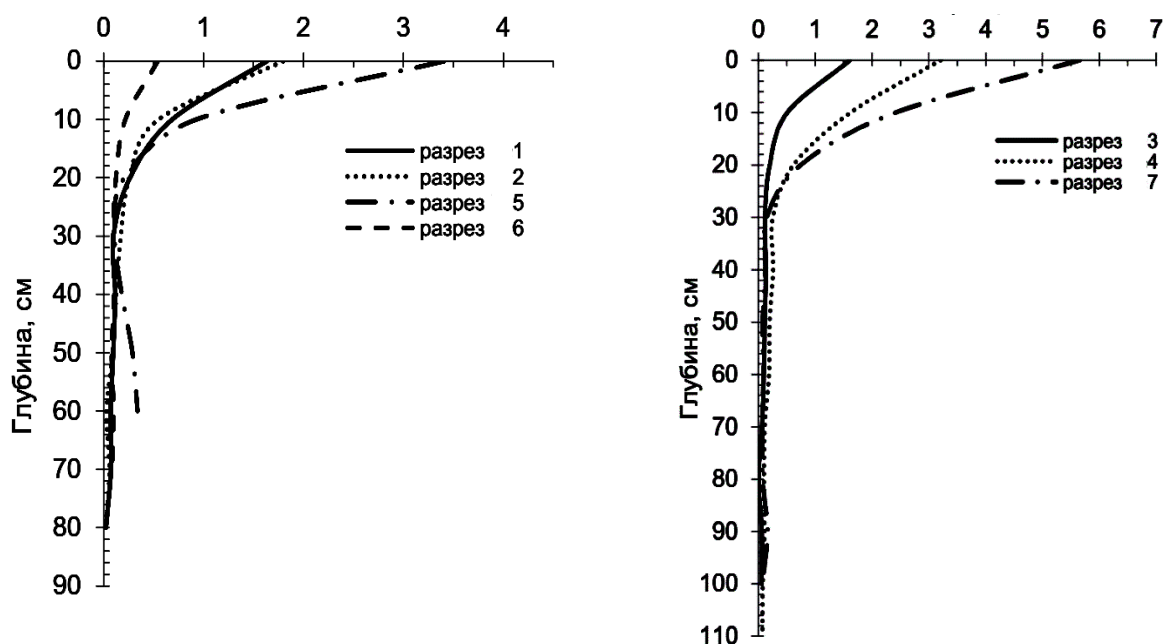


Рис. 3. Профильное распределение общего углерода в лесных экосистемах Пригородного лесничества, %

Вниз по почвенному профилю происходит резкое снижение содержания гумуса (рис. 3), поскольку песчаная фракция обладает низкой сорбционной способностью и не способна удержать молекулы органических соединений в своем профиле. Данным явлением объясняются средние значения коэффициента вариации, которые в квартале 47 составляют 14,2%, в квартале 60 – 12,6%. Если рассматривать профильное распределение коэффициента вариации (табл. 1), то для экосистемы леса характерно очень высокое как пространственное, так и профильное варьирование показателя. Значение коэффициента вариации не опускается ниже 20%. Данная пространственная неоднородность в содержании гумуса хорошо иллюстрируется на карте-схеме (рис. 2, Б и 4, Б).

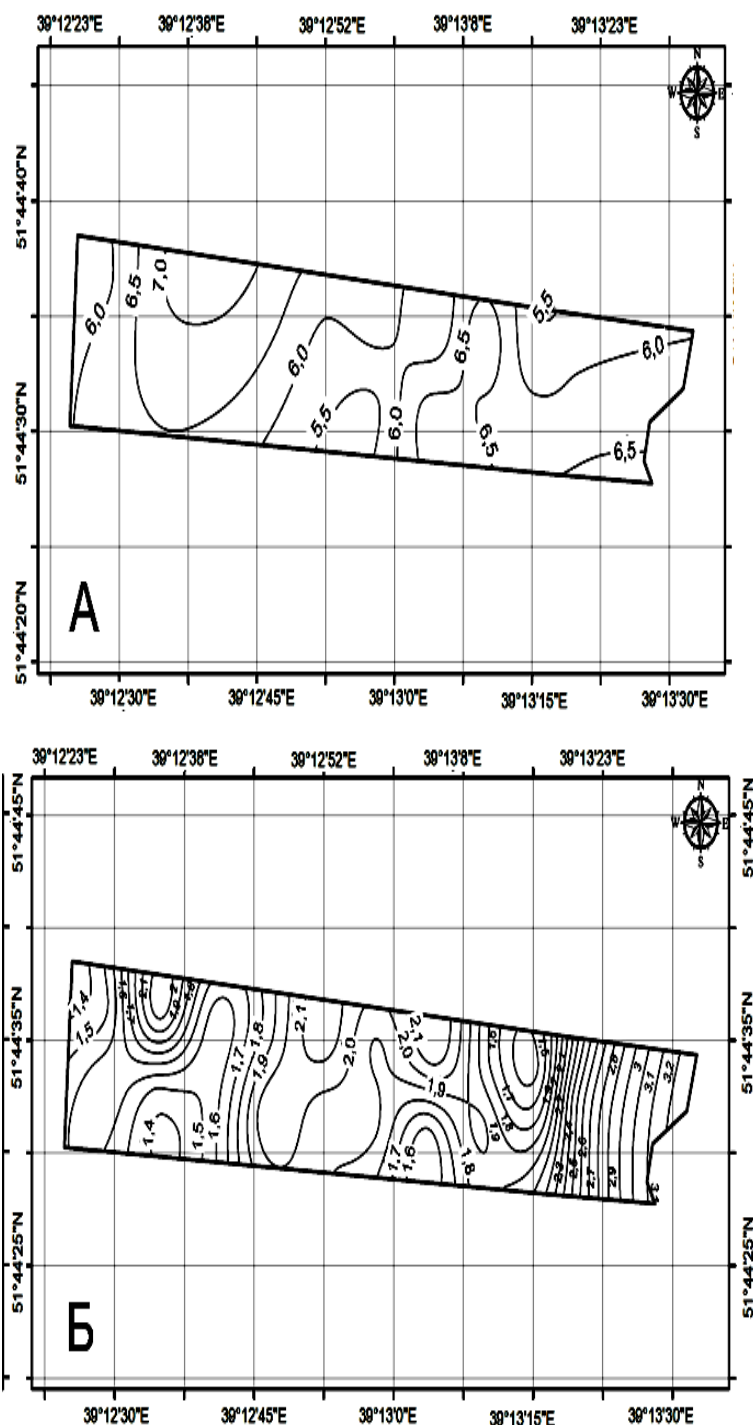


Рис. 4. Карта-схема пространственного распределения  $pH_{H_2O}$  (А) и содержания общего углерода (Б) в слое 0–30 см почв лесных экосистем Правобережного лесничества Пригородного лесничества (квартал 47)

Довольно полная картина гумусного состояния объектов исследования складывается после определения запасов общего углерода и гумуса, а также сравнения полученных результатов (рис. 5).

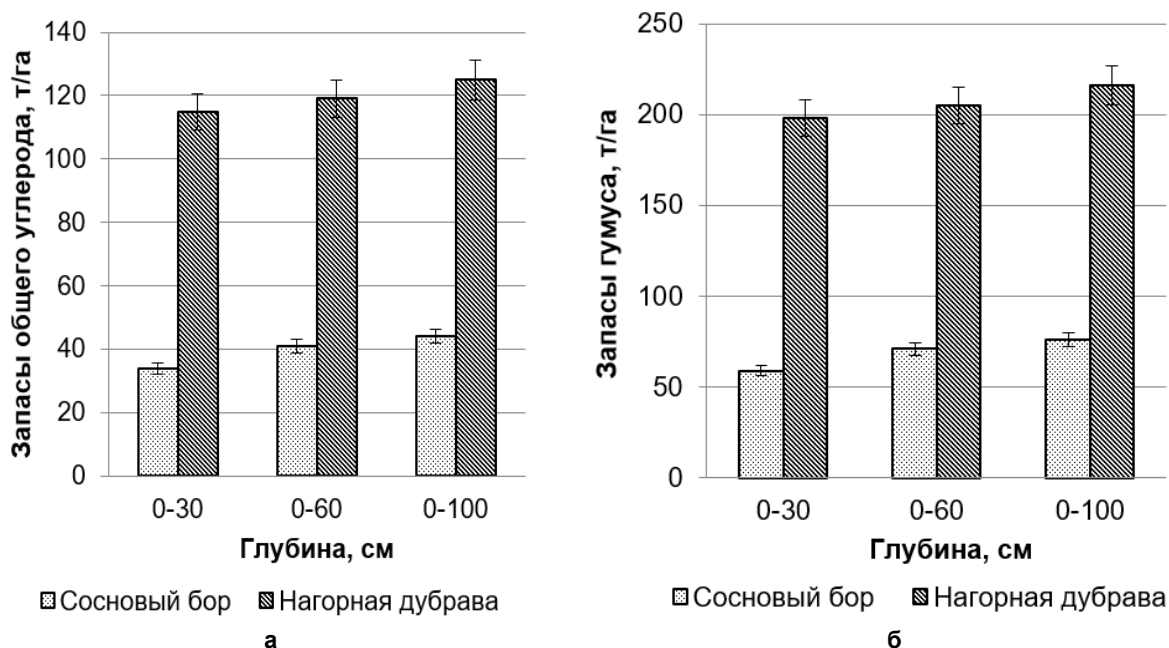


Рис. 5. Распределение запасов общего углерода (а) и гумуса (б) в лесных экосистемах Пригородного лесничества

Запасы рассчитываются обычно как по слоям, так и в метровой толще. Полученные данные свидетельствуют, что запасы как углерода, так и гумуса в Нагорной дубраве в несколько раз превышают запасы автоморфных серогумусовых почв Соснового бора (табл. 2).

Таблица 2. Запасы общего углерода (числитель), гумуса (знаменатель) в лесных экосистемах Пригородного лесничества, в т/га

Слой, см	Сосновый бор	Нагорная дубрава
0–30	$\frac{34}{59}$	$\frac{115}{198}$
0–60	$\frac{41}{71}$	$\frac{119}{205}$
0–100	$\frac{44}{76}$	$\frac{125}{216}$

Как следует из данных, приведенных в таблице 2, опад дубовой растительности обогащен зольными элементами, катионами кальция, что создает более благоприятные условия для образования гумуса и его накопления. В результате отмечаются наибольшие запасы как общего углерода, так и гумуса.

### Выводы

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что в лесных экосистемах Пригородного лесничества почва имеет кислую реакцию среды по всему профилю. В данном случае уровень рН наследовался от почвообразующей породы, которая не



насыщена основаниями, поэтому имеет такие низкие значения рН. Кроме того, хвойная растительность регулярно поставляет кислые компоненты в почвенный покров в виде корневых выделений и опада хвои. Что касается дубрав, то опад древесной растительности имеет высокую зольность, что способствует некоторому смещению реакции среды в нейтральную сторону.

Содержание гумуса в серогумусовых иллювиально-ожелезненных, гумусово-гидрометаморфических типичных, серогумусовых турбированных, серогумусовых глееватых почвах Пригородного лесничества находится на уровне мало гумусированных видов, что также объясняется легким гранулометрическим составом почвообразующей породы и всего почвенного профиля.

Сорбционная способность песчаной фракции невелика, поэтому образованные молекулы органического вещества свободно мигрируют по почвенному профилю, а также выносятся за его пределы.

Усиление гидроморфизма приводит к более активному развитию растений и, как следствие, к дополнительному поступлению органического вещества в почвенный покров, что приводит к некоторому росту запасов гумуса. Максимальное количество углерода органических соединений, гумуса и его запасов отмечается под дубовой растительностью.

Профильное распределение исследуемых показателей – углерода органических соединений, гумуса и его запасов – характеризуется аккумулятивным типом распределения, вниз по почвенному профилю происходит постепенное их снижение, независимо от характера растительности и уровня гидроморфизма.

Следует подчеркнуть, что почвы легкого гранулометрического состава довольно часто встречаются в лесных экосистемах, но при этом аналогичные почвенные типы используются и в сельском хозяйстве, поэтому понимание процессов формирования и трансформации органического вещества позволит контролировать развитие не только естественных территорий, но и агроэкосистем.

---

**Список источников**

1. Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б., Яблонских Л.А. Почвы Воронежской области // Вестник ВГУ. Сер. Химия, биология, фармация. 2006. № 1. С. 85–95.
2. Ахтырцев Б.П., Яблонских Л.А. Аллювиальные дерновые примитивные почвы лесостепи и степи // Вестник ВГУ. Сер. Химия, биология, фармация. 2003. № 1. С. 32–40.
3. Ахтырцев Б.П., Яблонских Л.А., Ахтырцев А.Б. Генезис и эволюция почв пойменных лесов лесостепи // Вестник ВГУ. Сер. География, геоэкология. 2009. № 1. С. 36–40.
4. Горбунова Н.С., Громовик А.И., Черепухина И.В. и др. Сорбционные процессы в почвах. Вопросы изучения и современное состояние проблемы // Сорбционные и хроматографические процессы. 2021. Т. 21., № 2. С. 265–275. DOI: 10.17308/sorpchrom.2022.22/10894.
5. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. Москва: Стандартинформ, 2011. 5 с.
6. ГОСТ 28268-89 Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. Москва: Стандартинформ, 2006. 6 с.
7. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. Стандартная рабочая методика определения общего почвенного углерода методом сухого озоления Думаса. Рим: ФАО, 2021. 12 с.

8. Щеглов Д.И., Горбунова Н.С., Семенова Л.А., Хатунцева О.А. Микроэлементы в почвах сопряженных ландшафтов Каменной степи различной степени гидроморфизма // Почвоведение. 2013. № 3. С. 282–290. DOI: 10.7868/S0032180X1303009X.
9. Adyanova A., Buluktaev A., Mukabenova R. et al. Characterization of arid soil quality: physical and chemical parameters // Eurasian Journal of Soil Science. 2023. Vol. 12(2). Pp. 151–158. DOI: 10.18393/ejss.1214692.
10. Naushabayev A.K., Vassilina T.K., Rsybmetov B.A. et al. Effects of different polymer hydrogels on moisture capacity of sandy soil // Eurasian Journal of Soil Science. 2022. Vol. 11(3). Pp. 241–247. DOI: 10.18393/ejss.1078342.
11. Suleymanov R., Yakimov M., Liebelt P. et al. Transformation of plant and soil covers of the botanical nature monument “Pine forest near Venetsiya village” (Russia) as a result of a windfall // Eurasian Journal of Soil Science. 2021. Vol. 10(3). Pp. 251–258. DOI: 10.18393/ejss.926882.

#### References

1. Akhtyrtsev B.P., Akhtyrtsev A.B., Yablonskikh L.A. Voronezh region soils. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2006;1:85-95. (In Russ.).
2. Akhtyrtsev B.P., Yablonskikh L.A. The alluvial sandy soils of the Russian forest-steppe and steppe zomnes. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2003;1:32-40. (In Russ.).
3. Akhtyrtsev B.P., Yablonskikh L.A., Akhtyrtsev A.B. Genesis and evolution of flood plain forests soils in the partially wooded steppe. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2009;1:36-40. (In Russ.).
4. Gorbunova N.S., Gromovik A.I., Cherepukhina I.V. et al. Sorption processes in soils. Study issues and the current state of the problem. *Sorption and chromatographic processes*. 2021;2(21):265-275. DOI: 10.17308/sorpchrom.2022.22/10894. (In Russ.).
5. GOST. 26423-85. Soils. Methods for determination of specific electric conductivity, pH and solid residue of water extract. Moscow: Standartinform Publishers; 2011. 5 p. (In Russ.).
6. GOST. 28268-89. Soils. Methods for determination of moisture, maximum hygroscopic moisture and steady plant fading. Moscow: Standartinform Publishers; 2006. 6 p. (In Russ.).
7. FAO. Standard operating procedure for soil total carbon Dumas dry combustion method. Rome: FAO; 2021. 12 p. (In Russ.).
8. Shcheglov D.I., Gorbunova N.S., Semenova L.A. et al. Microelements in soils of conjugated landscapes with different degrees of hydromorphism in the Kamennaya Steppe. *Eurasian Soil Science*. 2013;46(3):254-261. DOI: 10.7868/S0032180X1303009X. (In Russ.).
9. Adyanova A., Buluktaev A., Mukabenova R. et al. Characterization of arid soil quality: physical and chemical parameters. *Eurasian Journal of Soil Science*. 2023;12(2):151-158. DOI: 10.18393/ejss.1214692.
10. Naushabayev A.K., Vassilina T.K., Rsybmetov B.A., Seitkali N., Balgabayev A.M., Bakenova Zh.B. Effects of different polymer hydrogels on moisture capacity of sandy soil. *Eurasian Journal of Soil Science*. 2022;11(3):241-247. DOI: 10.18393/ejss.1078342.
11. Suleymanov R., Yakimov M., Liebelt P. et al. Transformation of plant and soil covers of the botanical nature monument “Pine forest near Venetsiya village” (Russia) as a result of a windfall. *Eurasian Journal of Soil Science*. 2021;10(3):251-258. DOI: 10.18393/ejss.926882.

#### Информация об авторах

Н.С. Горбунова – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и земельных ресурсов ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», vilian@list.ru.

Е.В. Куликова – кандидат биологических наук, доцент кафедры геодезии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», melior-agronomy@inbox.ru.

С.С. Шешницан – кандидат биологических наук, доцент кафедры ландшафтной архитектуры и почвоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», sheshnitsan@gmail.com.

#### Information about the authors

N.S. Gorbunova, Candidate of Biological Sciences, Docent, the Dept. of Ecology and Land Resources, Voronezh State University, vilian@list.ru.

E.V. Kulikova, Candidate of Biological Sciences, Docent, the Dept. of Land Reclamation, Water Supply and Geodesy, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, melior-agronomy@inbox.ru.

S.S. Sheshnitsan, Candidate of Biological Sciences, Docent, the Dept. of Landscape Architecture and Soil Science, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, sheshnitsan@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 12.07.2024; одобрена после рецензирования 16.08.2024; принята к публикации 28.08.2024.

The article was submitted 12.07.2024; approved after reviewing 16.08.2024; accepted for publication 28.08.2024.

© Горбунова Н.С., Куликова Е.В., Шешницан С.С., 2024