

УДК 631.4

Органическое вещество почв и техногенных поверхностных образований селитебных районов г. Перми

Москвина Н.В.¹, Шестаков И.Е.¹, Митракова Н.В.^{1,2}

¹*Пермский государственный национальный исследовательский университет*

²*Естественнонаучный институт ПГНИУ*

Аннотация

На территории левобережной части г. Перми выделены урбопедокомплексы (УПК), характеризующиеся общностью функционального назначения территории и почвообразующих пород. В пределах УПК, сформированного на элювиально-делювиальных суглинках и глинах в зоне многоэтажной застройки, исследованы поверхностные горизонты почв и ТПО. Прослежено изменение зональной направленности гумусообразования в рекультивируемых почвах, что проявилось в увеличении содержания органического вещества, а также в изменении фракционного состава гумуса в гуматную сторону. Городские почвы и ТПО, не рекультивируемые целенаправленно, сохраняют зональные особенности гумусообразования: невысокое или среднее содержание органического углерода, гуматно-фульватный тип гумуса.

Ключевые слова: ЭКОЛОГИЯ ГОРОДА, ГОРОДСКИЕ ПОЧВЫ, УРБОПЕДОКОМПЛЕКС, ГУМУС, ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ГУМУСА, СВОЙСТВА ПОЧВ

Введение

Содержание органического вещества является одним из ключевых параметров, обеспечивающих способность почв к выполнению экологических функций в городе и их устойчивость к антропогенным воздействиям. В гумусовых горизонтах сосредоточен основной запас элементов питания растений. Эти горизонты являются геохимическим барьером, связывающим многие загрязнители техногенной природы, в т.ч. тяжёлые металлы.

Формирование гумусовых горизонтов в городской среде происходит при участии природных и антропогенных факторов. Значительную роль играет внесение человеком органогенного материала (торфа, компоста); некоторое количество органического вещества поступает в городские почвы с отходами, экскрементами животных, при аэральном загрязнении и разложении углеводов техногенного происхождения [1-3].

При характеристике органической части почвы используют широкий набор показателей, среди которых важное значение имеет состав гумуса, отражающий специфику гумификации в различных почвах [4, 5].

Целью нашей работы было определение группового и фракционного состава гумуса и изучение специфики процессов гумусообразования и гумусонакопления в основных почвенных разностях района с многоэтажной застройкой г. Перми.

Материалы и методы исследования

Пермь – крупный многоотраслевой промышленный центр с населением свыше 1 млн человек, административная столица Пермского края. Основные массивы жилой многоэтажной застройки имеют возраст 70-150 лет в центральных районах города и 50-70 лет в более отдаленных районах. Доминирующим членом исходного природного почвенного покрова являются дерново-среднеподзолистые средне- и тяжелосуглинистые почвы [6, 7].

На территории города было описано более 80 почвенных разрезов. При описании и диагностике ненарушенных почв и агропочв использовали Классификацию почв России 2004 г. [8]. Урботрансформированные почвы были названы в соответствии с подходами, предложенными в [9] для почв и ТПО городских территорий в рамках классификации почв 2004 г.

В пробах из поверхностных горизонтов городских почв и ТПО определили: содержание органического углерода – по Тюрину; $pH_{вод}$ – потенциметрическим методом; содержание карбонатов ацидиметрическим методом по Молодцову–Игнатовой; подвижные фосфаты в вытяжке по Кирсанову спектрофотометрическим методом; подвижный калий методом пламенной фотометрии.

Выборочно в исследуемых пробах определяли качественный состав гумуса по схеме Тюрина в модификации Пономарёвой и Плотниковой [10].

Полученные данные были обработаны с помощью программы Statistica. Все картографические работы выполнялись в программной среде ArcGIS 9.2.

Результаты и обсуждение

Почвенный покров в урбанизированной среде имеет сложную структуру. Морфологическое разнообразие почв и ТПО зависит от видов антропогенной деятельности, определяемых функциональным назначением территории. В то же время городские почвы в значительной степени наследуют многие свойства, зависящие от состава почвообразующих пород [6, 7]. При разработке подходов к почвенному картографированию городов чаще всего останавливаются на выделении участков с определённым набором почв [11, 12].

Нами предложено выделение *урбопедокомплексов* (УПК) – комбинации почв и ТПО в пределах одной функциональной зоны на одинаковых почвообразующих породах. Такой подход позволяет обойти трудности, возникающие с выделением ареалов отдельных типов почв при средне- и крупномасштабном картографировании городской территории. В соответствии с картосхемой почвенного покрова г. Перми [5], обследованная территория относится к УПК многоэтажной застройки на элювиально-делювиальных суглинках и глинах, занимающим обширные площади в пределах города (рис. 1).

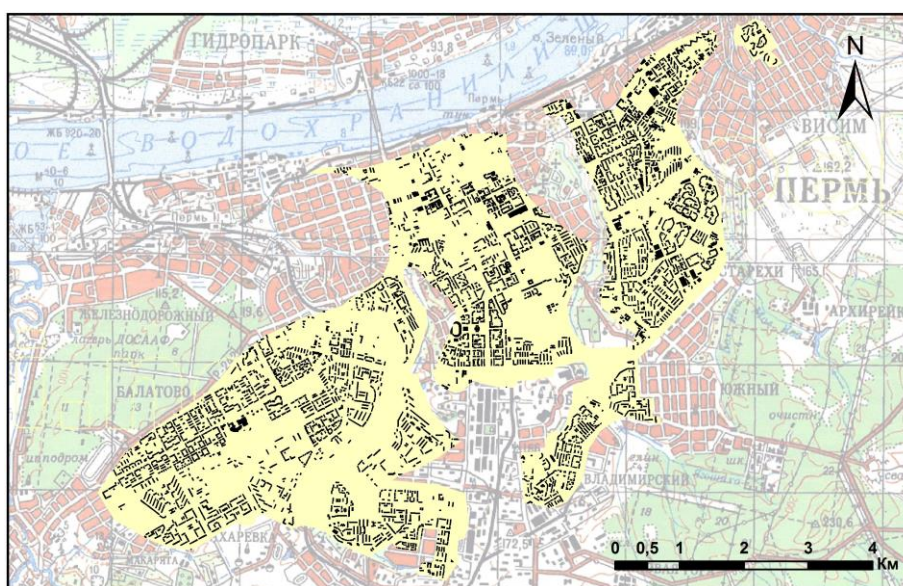


Рис. 1. Картосхема распространения урбопедокомплексов на элювиально-делювиальных суглинках и глинах в зоне многоэтажной застройки левобережной части г. Перми

Вариабельность свойств почвенного покрова селитебных районов продемонстрирована на примере УПК на элювиально-делювиальных суглинках и глинах зоны многоэтажной застройки Индустриального района г. Перми.

В почвенном покрове УПК на незапечатанных асфальтовым покрытием участках, свободных от застройки, преобладали урбостратозёмы техногенные, с маломощным гумусовым горизонтом, сформированным при естественном зарастании почвогрунтов, преимущественно, травянистой рудеральной растительностью. Достаточно широко представлены на территории исследований квазизёмы, сформированные в процессе благоустройства территории путем отсыпки торфа на поверхность минеральных грунтов. Урбостратозёмы компостно-гумусовые и урбосерогумусовые почвы сформированы во дворах жилых домов относительно старой застройки, в палисадниках, при неоднократном внесении органического материала и перемешивании его с нижележащими слоями почвы. Исходные техногенные грунты, состоящие из минерального или органоминерального сырья, лишённые гумусированного слоя, были отнесены к литостратам.

В целом для почв и ТПО в пределах выделенного УПК характерна нейтральная либо слабощелочная реакция среды (за исключением «свежих» квазизёмов, поверхностные слои которых имеют кислую реакцию среды, что обусловлено внесением торфа), наличие карбонатов в почвенном профиле, высокая обеспеченность подвижными соединениями фосфора и калия (табл. 1).

Таблица 1. Химические свойства поверхностных горизонтов почв жилых многоэтажных районов г. Перми, слой 0-10 см

Химические свойства		Урбостратозёмы техногенные (UR, URay)	Квазизёмы (RT, RAT)	Урбостратозёмы компостно-гумусовые, урбосерогумусовые (URrat, AYur)	Литостраты (ТСН, С#)
рН	Диапазон	6,1–7,9	4,2–6,9	7,3–8,2	4,9–7,8
	Среднее ±ошибка	7,35±0,22	5,99±0,49	7,82±0,10	5,98±0,67
Содержание карбонатов, %	Диапазон	2,36–4,64	2,28–6,93	2,14–6,12	1,9–6,82
	Среднее ±ошибка	3,13±0,29	3,90±0,86	4,22±0,41	3,16±1,2

Химические свойства		Урбостратозёмы техногенные (UR, URay)	Квазизёмы (RT, RAT)	Урбостратозёмы компостно- гумусовые, урбосерогумусовые (URrat, AYur)	Литостраты (TCH, C#)
Содержание подвижного фосфора, мг/100 г	Диапа- зон	2–15	17–52,3	3,2–15,0	2,2–2,9
	Среднее ±ошиб- ка	5,96±1,30	26,79±1,85	8,39±1,32	2,60±0,15
Содержание подвижного калия, мг/100 г	Диапа- зон	12,1–97,1	17,6–86,2	36,1–97,1	16,5–54,6
	Среднее ±ошиб- ка	48,9±10,9	40,5±22,9	62±7,16	33,9±11,1
Содержание Сорг., %	Диапа- зон	1,03–4,86	6,96–27	2,13–10,29	1,03–1,11
	Среднее ±ошиб- ка	2,56±0,43	18,7±6,03	5,31±0,52	1,06±0,03

Содержание органического углерода

В городских почвах таежно-лесной зоны, где содержание органического вещества изначально невелико, как правило, идет накопление органического углерода по сравнению с зональными почвами [3]. Основные источники органического вещества для городских почв и ТПО – органическое вещество природных почв и компоненты, внесённые в городскую среду человеком (торф, компост, бытовой мусор, техногенные углеводороды, углистые частицы, сажа, резина, асфальт, продукты сгорания ТЭЦ) [2, 13, 14].

Наши исследования показали, что содержание органического вещества зависит от типа почвы и ее функционального назначения в городской среде.

Содержание органического углерода в городских почвах и ТПО варьировало от 1,1 до 27 %. Наименьшим содержанием отличались техногенные почвогрунты – содержание $S_{орг}$ не превышало 1%. Содержание углерода в урбостратозёмах техногенных варьировало от 1 до 5%. Самое высокое содержание органического углерода – в квазизёмах – до 27%. В урбостратозёмах компостно-гумусовых и урбосерогумусовых почвах оно снижалось в результате перемешивания органических и минеральных слоев, минерализации органики и составляло от 2 до 10 %.

Групповой и фракционный состав гумуса

Для зональных подзолистых и дерново-подзолистых почв характерны фульватный и гуматно-фульватный типы гумуса (Сгк/Сфк 0,3-0,6) с низкой долей кислот, связанных с кальцием. В профиле с глубиной отношение Сгк/Сфк уменьшается до 0,1-0,3; снижается доля гуминовых кислот, возрастает доля фульвокислот [1, 5].

В работах, посвящённых составу органического вещества городских почв, отмечено изменение состава гумуса. Возрастает доля гуминовых кислот, особенно лабильной фракции ГК1 и фракции ГК2, связанной с кальцием; доля ФК уменьшается. Гумус становится фульватно-гуматным и даже гуматным [3, 4].

Экспериментальные исследования показали, что в большинстве городских почв и ТПО преобладает «свежая» фракция ГК1, связанная с полуторными окислами (рис. 2). Она составляет 35-60 % от суммы ГК (табл. 2). Идёт активная минерализация органики в городских условиях.

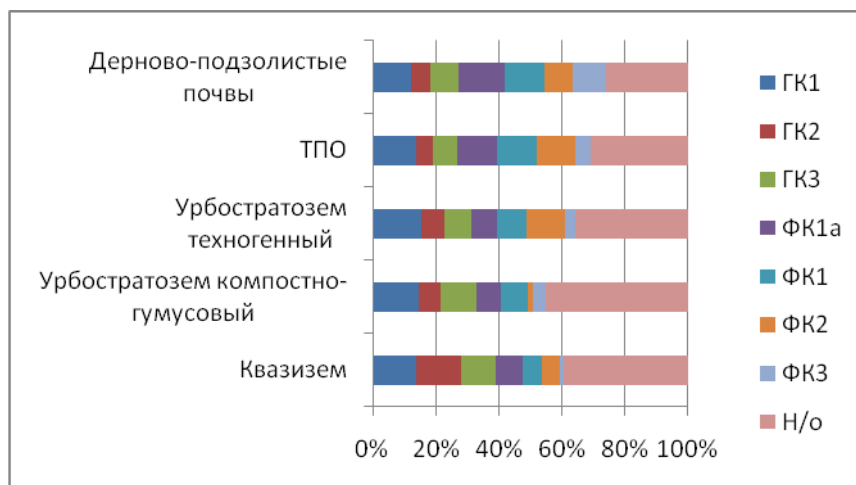


Рис. 2. Групповой и фракционный состав гумуса, % от Сорг (фракционный состав гумуса дерново-подзолистых почв – по Д. С. Орлову с соавторами [1996])

В квазизёмах велика доля ГК, связанных с кальцием. В поверхностных слоях урбостратозёмов доля этой фракции от суммы ГК уменьшается; минимальное содержание обнаружено в литостратах. Достоверность различий между литостратами и остальными типами городских почв подтверждена статистически с применением непараметрических критериев сдвига-положения и интегральных различий при уровне значимости $p < 0,05$.

Таблица 2. Содержание гуминовых кислот и фульвокислот в поверхностных слоях (0-15 см) почв и ТПО г. Перми

Тип почвы	№ разреза	ГК1/ΣГК, %	Среднее ±ошибка	ГК2/ΣГК, %	Среднее ±ошибка	ΣФК/ Сорг, %	Среднее ±ошибка	Степень гумификации ΣГК/ Сорг, %	Среднее ±ошибка
Урбостратозёмы техногенные	1	42,03	49,5±3,8	28,95	23,5±3,0	24,3	33±4,8	38,7	32±3,2
	29	52,17		18,46		40,0		29,2	
	28	54,13		22,85		34,5		26,6	
Квазизёмы	3	34,79	37,1±12,4	33,27	35,4±9,6	15,7	21,6±3,2	39,4	39,1±2,9
	6	59,60		19,96		26,2		33,8	
	4	17,04		52,97		23,0		44,0	
Урбостратозёмы компостно-гумусовые	5	49,11	44,4±2,6	16,93	20,8±3,6	24,8	21,6±2,7	29,1	33±1,9
	13	40,18		28,04		17,0		35,0	
	17	44,03		17,32		23,1		34,9	
Литостраты	18	61,38	–	22,80	–	38,3	–	23,8	–
	20	45,62	–	15,74	–	46,0	–	30,0	–

Повышение содержания фракции ГК2 в городских почвах, скорее всего, связано с увеличением здесь содержания карбонатов кальция, поступивших вместе со строительным мусором, а также с образованием гуминовых кислот при разложении городской растительности (преимущественно, травянистой), которые образуют стабильные формы гуматов кальция с карбонатами.

Среди фульвокислот выделяется доля фракции 1а. Это самые агрессивные «свежие» фульвокислоты, разрушающие почвенные минералы. Содержание этой фракции в природных почвах колеблется в широких пределах: от 1-5 % в чернозёмах до 10-12 % в дерново-подзолистых почвах [15].

Наши исследования показали, что поверхностные горизонты техногенных почвогрунтов (сформированные из природных почв), поверхностные слои урбостратозёмов техногенных и свежий торф квазизёмов близки по содержанию фракции ФК 1а к зональным почвам. Квазизёмы, урбостратозёмы компостно-гумусовые и урбосерогумусовые почвы, имеющие «возраст» более 2 лет, по содержанию этой фракции (3-7 %) ближе к более южным почвам.

ФК1 – подвижная лабильная фракция фульвокислот; довольно высоким содержанием этой фракции отличаются подзолистые почвы [5, 15]. Содержание ФК1 максимально в литостратах. Самым низким содержанием этой фракции (не более 1,5%) отличались квазизёмы. Достоверность различий подтверждена статистически.

В урбостратозёмах техногенных и литостратах обнаружена закономерность связывания с кальцием, преимущественно, фульвокислот; в них значительна доля фракции ФК2. Предполагаем, что в процессе минерализации органики образуются преимущественно, фульвокислоты (в соответствии с зональным типом гумусообразования); они подвижны в профиле и связываются там с карбонатами, попавшими в почву со строительными материалами.

Негидролизуемый остаток представляет собой гуминовые и фульвокислоты, прочно связанные с минеральной частью почвы, а также полугумифицированные и слабоэкстрагируемые органические вещества.

В природных почвах содержание гумина закономерно возрастает от дерново-подзолистых к серым лесным почвам (25-30 %) и чернозёмам (35-45 %) [15].

В исследуемых почвах и ТПО г. Перми величина негидролизуемого остатка в

городских почвах и ТПО варьирует от 24 до 48 %. Среднее содержание гумина выше в квазизёмах и урбостратозёмах компостно-гумусовых, чем в урбостратозёмах техногенных и почвогрунтах. Статистическая обработка данных показала, что литостраты достоверно отличаются по содержанию негидролизуемого остатка от остальных исследованных почв.

По соотношению ГК к общему содержанию органического углерода, выраженному в процентах, можно определить степень гумификации почвы [3, 16]. Наши исследования показали, что по степени гумификации городские почвы и ТПО, особенно окультуренные и рекультивированные, приближаются к серым лесным почвам и даже чернозёмам (рис. 3).

Тип гумуса в квазизёмах, урбостратозёмах компостно-гумусовых и урбосерогумусовых почвах фульватно-гуматный и гуматный (соотношение ГК:ФК 1,17-2,51). В литостратах, по-видимому, воспроизводятся особенности зонального гумусообразования: для них характерен гуматно-фульватный состав гумуса (ГК:ФК 0,62–0,65). Смещение гумусообразования в гуматную сторону, возможно, обусловлено характером урбофитоценозов, где преобладают травянистая растительность и широколиственные деревья, а также присутствием карбонатов в городских почвах и ТПО. Смещение реакции среды в щелочную сторону влечет за собой накопление веществ, преимущественно, гуматного характера.

Полученные нами закономерности по групповому и фракционному составу гумуса в почвах и ТПО могут быть отнесены к подобным УПК и в других районах города.

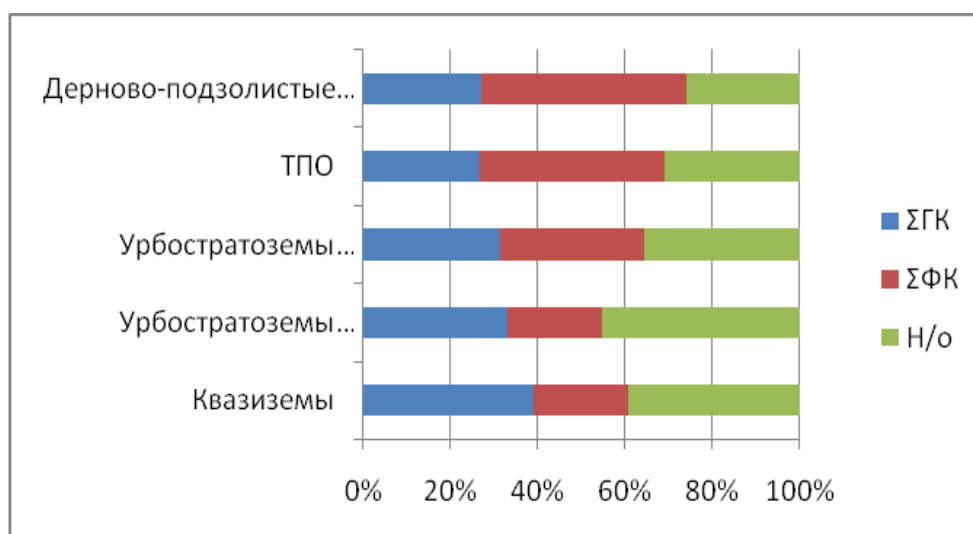


Рис. 3. Групповой состав гумуса природных и городских почв и ТПО, % от Сорг

Заключение

При формировании органического вещества городских почв и ТПО сочетаются зональные процессы почвообразования и специфические процессы, обусловленные антропогенной деятельностью.

В почвах, в которые не вносятся значительные количества органического вещества (торфа и пр.), процессы гумусообразования имеют зональные черты. Содержание органического углерода в них низкое или среднее, тип гумуса гуматно-фульватный.

При рекультивации и окультуривании почв путём внесения органики на поверхность изменяются процессы гумусообразования: появляются органогенные горизонты, по мощности и свойствам значительно отличающиеся от гумусовых горизонтов зональных почв. Содержание органического вещества в таких горизонтах становится средним либо высоким, гумусообразование смещается в гуматную сторону, и образуется гумус фульватно-гуматного и гуматного типа. Высокая доля «лабильной» фракции ГК свидетельствует об интенсивных процессах гумификации. По содержанию и составу гумуса, степени гумификации, величине негидролизуемого остатка такие почвы приближаются к более южным: серым лесным и даже чернозёмам.

Список использованных источников

1. Розанова М.С., Прокофьева Т.В., Лысак Л.В. Рахлеева А.А. Органическое вещество почв ботанического сада МГУ им. М.В. Ломоносова на Ленинских горах // Почвоведение. – 2016. – № 9. – С. 1079-1092.
2. Водяницкий Ю.Н. Органическое вещество в городских почвах (обзор литературы) // Почвоведение. – 2015. – № 8. – С. 921-931.
3. Прокофьева Т.В., Розанова М.С., Попутников В.О. Некоторые особенности органического вещества почв на территориях парков и прилегающих жилых кварталов Москвы // Почвоведение. – 2013. – № 3. – С. 302-314.
4. Мамонтов В.Г., Озеров Ю.А., Родионова Л.П. Состав гумуса почв г. Москвы (на примере САО и СЗАО) // Известия ТСХА. – 2011. – Вып. 5. – С. 1-12.
5. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. – М.: Наука, 1996. – 258 с.
6. Шестаков И.Е., Ерёмченко О.З., Филькин Т.Г. Картографирование почвенного покрова городских территорий на примере г. Пермь // Почвоведение. – 2014. – № 1. – С. 12–21.
7. Ерёмченко О.З., Шестаков И.Е., Москвина Н.В. Почвы и техногенные

поверхностные образования урбанизированных территорий Пермского Прикамья. – Пермь: Издательство Пермского университета, 2016. – 252 с.

8. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

9. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С., Бахматова К.А., Гольева А.А., Горбов С.Н., Жарикова Е.А., Матинян Н.Н., Наквасина Е.Н., Сивцева Н.Е. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение. – 2014. – № 10. – С. 1155-1164.

10. Плотникова Т.А., Орлова Н.Е. Использование модифицированной схемы Пономарёвой–Плотниковой для определения состава, природы и свойств гумуса почв // Почвоведение. – 1984. – № 8. – С. 120–130.

11. Матюшкина Л.А. Картографическое отображение состояния экологических функций городских почв (на примере городов Приамурья) // Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной и экологической безопасности России. Мат-лы междунаrod. науч. конф. – СПб.: Изд. дом СПб. гос. ун-та, 2011. – 288 с.

12. Sobocká J. Specifics of urban soils (Technosols) survey and mapping // 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. – 1–6 August 2010. – Brisbane, Australia.

13. Beyer L., Kahle P., Kretschmer H., Wu Q. Soil organic matter composition of man impacted urban soil in North Germany // Journal of Plant Nutrition and Soil Science. – 2001. – V. 164. – P. 359–364.

14. Park S.J., Cheng Z.C., Yang H., Morris E.E. et al. Differences in soil chemical properties with distance to roads and age of development in urban areas // Urban Ecosystem. – 2010. – V. 13. – P. 483–497.

15. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н. Запасы углерода органических соединений в почвах Российской Федерации // Почвоведение. – 1995. – № 1. – С. 21-32.

16. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. – 2004. – № 8. – С. 918-924.

Цитирование:

Москвина Н.В., Шестаков И.Е., Митракова Н.В. Органическое вещество почв и техногенных поверхностных образований селитебных районов г. Перми [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №5. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/5/st_527.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20215527>.