

## ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ГРУППОВОГО СОСТАВА ГУМУСА ЭКСКРЕТОРНОГО ОПАДА РАЗНЫХ ГРУПП ЖИВОТНЫХ

© 2024

Пилипко Е.Н.

Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина  
(г. Вологда, Российская Федерация)

*Аннотация.* Экскременты различных групп животных обеспечивают биологический круговорот веществ в экосистемах. В результате разложения непереваренных остатков органической массы как растительного, так и животного происхождения происходит высвобождение (выщелачивание) минеральных элементов питания для растений, способствующих созданию новой органической массы, которая, в свою очередь, вновь вовлекается в биологический круговорот. В статье рассмотрены некоторые свойства и показатели экскрементов животных, условно разделённых по трофическим особенностям на фитофагов (лось, заяц-беляк), всеядных (медведь, кабан) и хищников (лисица, волк). Химический состав экскрементов разных групп животных имеет характерное отличие и зависит от питания. А в результате аккумулятивной функции гумусовых веществ при разложении экскрементов в почвах накапливаются в форме органических соединений углерод, азот, фосфор и другие, необходимые для жизнедеятельности растений и микроорганизмов элементы. Фитофаги и отчасти всеядные наземные млекопитающие играют важную роль в трансформации и минерализации растительного органического вещества и фактически выступают в экосистемах в качестве опосредственных редуцентов (в данном случае оценка проведена на входе и выходе из организма животного и расщепление органики рассматривается как функция данного организма). Хищные животные принимают участие в круговороте веществ в меньшей степени, чем фитофаги и всеядные, трансформируя и минерализуя белковые вещества. Экскременты животных представляют собой непереваренные измельченные остатки, и их дальнейшая переработка осуществляется независимо от животных, то есть вне их организмов.

*Ключевые слова:* эксcretорная деятельность; процесс гумификации; процесс минерализации; углерод гуминовых кислот; углерод фульвокислот; гумин.

## ASSESSMENT OF CHEMICAL PARAMETERS AND GROUP COMPOSITION OF HUMUS OF EXCRETORY LITTER OF DIFFERENT GROUPS OF ANIMALS

© 2024

Pilipko E.N.

Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin (Vologda, Russian Federation)

*Abstract.* The excrements of various animal groups provide a biological cycle of substances in ecosystems. As a result of the decomposition of undigested residues of organic mass of plant and animal origin, an acceleration of the release (leaching) of nutrients for plants has been revealed, which are again involved in the biological cycle and used by plants to create a new organic mass. The article considers some properties and indicators of animal excrement, conditionally divided by trophic characteristics into phytophagous (moose, white hare), omnivorous (bear, wild boar) and predators (fox, wolf). The chemical composition of different groups of animals has a characteristic difference and depends on nutrition. And as a result of the accumulative function of humic substances during the decomposition of excrement in soils, carbon, nitrogen, phosphorus and other elements necessary for the vital activity of plants and microorganisms accumulate in the form of organic compounds. Phytophages and partly omnivorous terrestrial mammals play an important role in the transformation and mineralization of plant organic matter and actually act as indirect reducers in ecosystems (in this case, the assessment was carried out at the entrance and exit from the animal's body and the splitting of organic matter is considered as a function of this organism). Predatory animals take part in the circulation of substances to a lesser extent than phytophages and omnivores, transforming and mineralizing mainly protein substances. In the future, undigested residues are only crushed, but not decomposed material and its further processing is carried out independently of animals, that is, outside their organisms.

*Keywords:* excretory activity; humification process; mineralization process; carbon of humic acids; carbon of fulvic acids; humin.

### Введение

Трофические связи, обеспечивающие жизнедеятельность, рост и развитие организмов в процессе пищеварения и метаболизма, способствуют возвращению в систему, в виде метаболического опада, переработанных органических веществ, которые обуславливают многие почвенные процессы [1, с. 89]. По мнению Б.Д. Абатурова, участие животных в разложении и минерализации растительной органики

складывается не только из расщепления и минерализации в процессе пищеварения и метаболизма в организме, но и в образовании экскрементов [2]. Непереваренные пищевые остатки (экскременты) представляют собой измельченный, но не разложившийся материал, обогащенный микрофлорой кишечника, который выводится из организма и продолжает перерабатываться (разлагаться и минерализовываться) независимо от организма животных [3, с. 66].

Экскреторная деятельность относится к *трофическому типу воздействия, метаболическому классу деятельности и экскреторному виду деятельности* [4; 5].

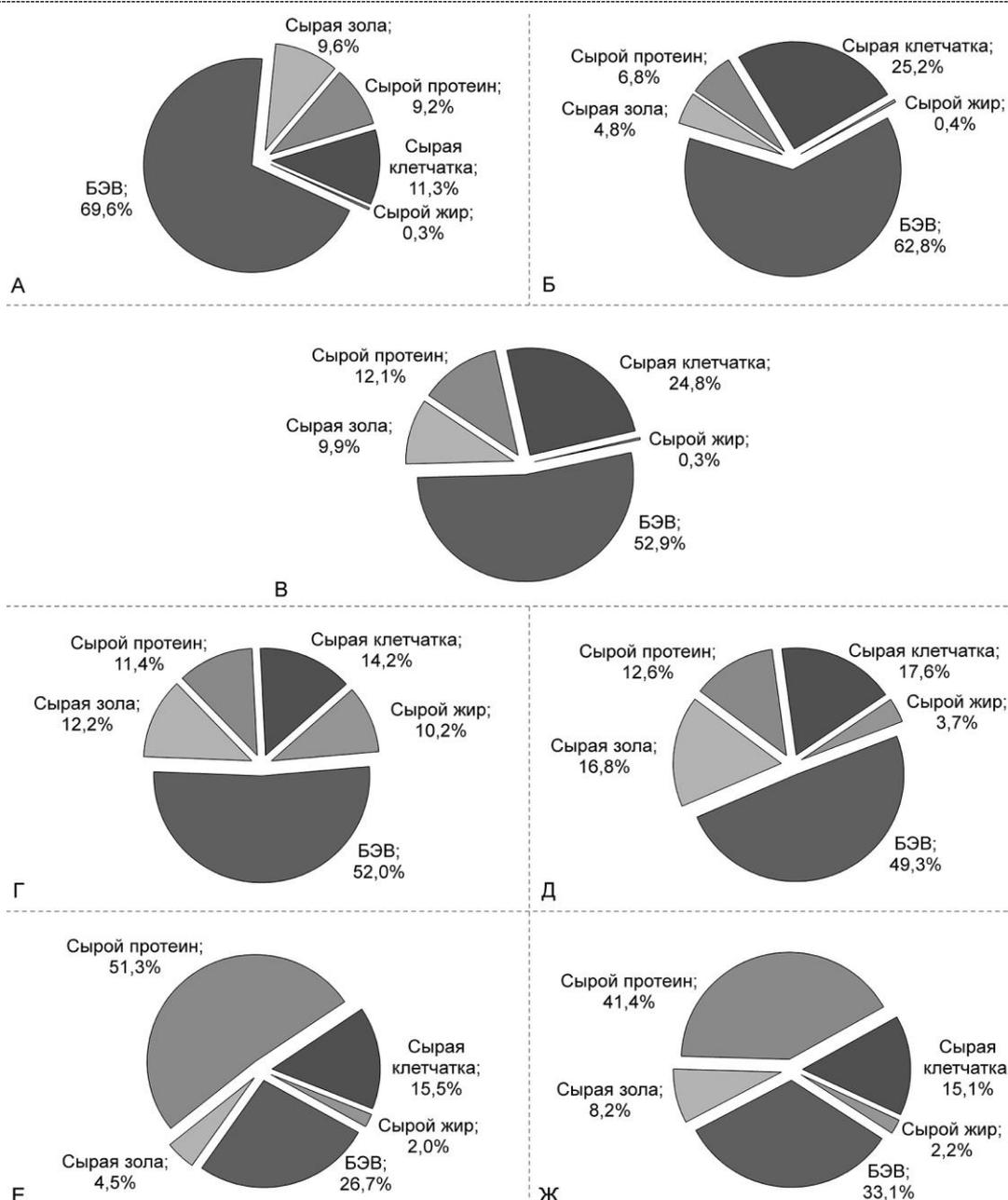
**Методы исследования**

С целью определения химических параметров и группового состава гумуса в экскрементах разных групп животных были отобраны пробы экскрементов. Анализ экскрементов проводился в Федеральном государственном учреждении государственного центра агрохимической службы «Вологодский» в аккредитованной испытательной лаборатории.

**Результаты и их обсуждения**

Отличие в составе экскрементов связано с трофическими особенностями разных групп животных (рис. 1). В экскрементах фитофагов и всеядных выявлено преобладающее количество углеводов, рас-

творимых в воде – безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ), которыми богата травянистая растительность. В экскрементах хищных содержание БЭВ присутствует, но в гораздо меньшем количестве. Значительное содержание в химическом составе экскрементов не растворимых в воде углеводов – сырой клетчатки характерно для фитофагов, основным трофическим объектом которых являются грубые растительные корма, в частности древесные побеги и кора. В составе экскрементов хищных преобладает протеин, что характерно для животных с рационом, состоящим преимущественно из белковой пищи. В составе экскрементов всеядных животных, наряду с другими элементами, присутствуют сырые жиры, которых в экскрементах хищных зафиксировано небольшое количество, а в экскрементах фитофагов вообще нет.



**Рисунок 1** – Химический состав экскрементов разных групп животных (А – летние экскременты лося (*Alces alces*); Б – зимние экскременты лося (*Alces alces*); В – заяц-беляк (*Lepus timidus*); Г – кабан (*Sus scrofa*); Д – бурый медведь, или обыкновенный медведь (*Ursus arctos*); Е – волк (*Canus lupus*); Ж – лисица обыкновенная, или лисица рыжая (*Vulpes vulpes*))

Элементы питания для растений также зависят от состава и свойств экскрементов, так как высвобожденные в результате разложения экскреторного опада, снова вовлекаются в биологический круговорот путём создания новой органической массы.

Таким образом, обеспечивается более высокая скорость оборота питательных веществ и увеличивается продуктивность растений. У разных групп животных в виде непереваренных остатков выделяется от 30 до 70%, а иногда и более от потребленного корма [6; 7]. В среднем можно считать, что при внесении каждых 10 т. органических удобрений в почву поступает не менее 0,3 т. органических элементов, то есть 3% [8].

Разница в содержании углерода гуминовых кислот очевидна даже в экскрементах одного вида животных, но в разные сезоны года. Так, содержание Сг.к. в летних экскрементах лося выше на 50%, чем в зимних, что связано с высоким употреблением зелёной фитомассы в летний период и только древесно-веточного корма в зимний. Так же под экскрементами фитофагов снижается кислотность почвы на 8,6–10,9%. Под экскрементами других групп животных снижение кислотности происходит с меньшей интенсивностью.

В форме гумуса или перегноя закрепляется примерно 1/3–1/5 общего количества навоза [9], до 80% навоза минерализуется нацело, потребляясь микроорганизмами, использующими экскременты животных в качестве энергетического материала. Эта часть органического вещества служит источником элементов зольного питания для растений и источником углекислоты в почвенном воздухе. Нами выявлено, что количество минеральных элементов, входящих в состав агрохимического комплекса NPK и эффективность их выщелачивания в почву выше в экскрементах фитофагов по сравнению с другими группами животных (табл. 1).

Экскременты фитофагов содержит меньше воды и больше органического вещества, а также азота, фосфора и калия, по сравнению с экскрементами всеядных и тем более хищных млекопитающих [10, с. 52]. В среднем из потребляемого животными корма в навоз переходит около 40% органического вещества, 50 азота, 80 фосфора и до 95% калия.

Наряду с минерализацией органического вещества в почве проходит процесс гумификации, в результате которого образуются неспецифические и специфические органические соединения [11, с. 30].

По А.Е. Пахомову [1], экскреторный вид деятельности имеет следующие основные формы участия животных в почвообразовании: поступление органического вещества, обогащение почвы углеродом гуму-

совых веществ (Собщ., Сг.к., Сф.к.); агрохимическим комплексом NPK, изменение химических параметров почвы, обогащение почв сапрофитной фауной (аккумулятивная функция гумусовых кислот), участие в образовании механизма саморегуляции путём самоочистки почв от различных поллютантов и тяжёлых металлов посредством снижения их подвижных форм (протекторная функция гумусовых кислот).

Количество гуминовых кислот в экскрементах разных групп млекопитающих – различное. Но самое высокое содержание углерода новообразованных гуминовых кислот – у фитофагов и составляет до 30–70% от суммы всех гумусовых кислот (рис. 2).

Основные параметры новообразованных гуминовых кислот обусловлены химическим составом исходных растительных остатков.

Новообразованные гуминовые кислоты существенно различаются по содержанию углеводов и аминокислот. У всеядных млекопитающих содержание углерода гуминовых кислот не превышает 20%. Но самое минимальное количество Сг.к. содержится в экскрементах млекопитающих, относящихся к хищным.

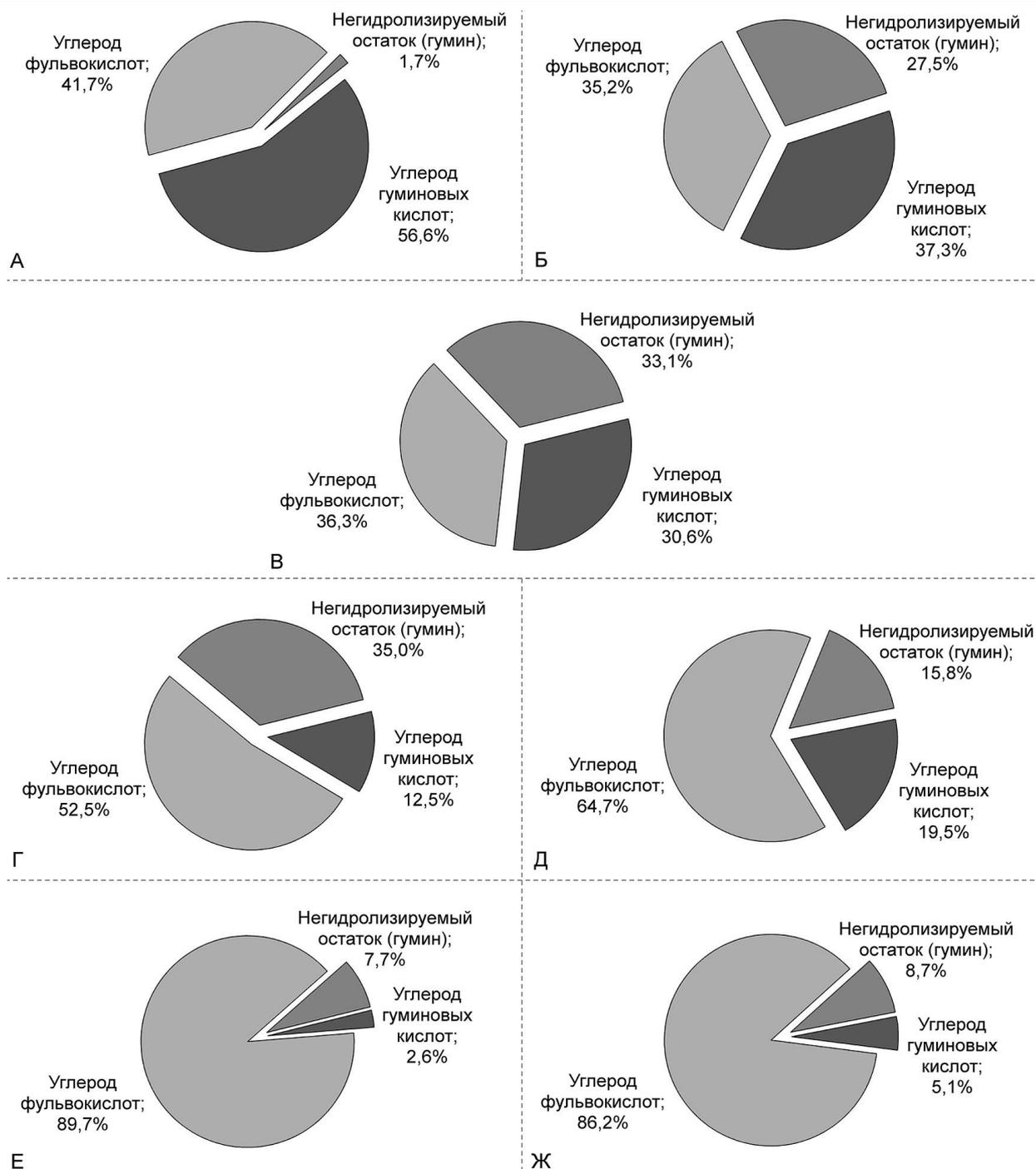
Углерод фульвокислот имеет обратную зависимость с углеродами гуминовых кислот. Сф.к. считаются агрессивными для почвы гумусовыми кислотами, так как способны разрушать минеральную часть почвы, но необходимыми для растительных организмов, так как фульвовые кислоты способствуют доставке различных минеральных элементов через клеточные мембраны внутрь клеток.

Очевидно, количество новообразованных гуминовых кислот и их качество зависит от доли содержания непереваренных растительных остатков в составе экскрементов. Экскременты животных, чей рацион связан преимущественно с белковой животной пищей (хищники) бедны содержанием ценных для растительных организмов гуминовых кислот. Экскременты фитофагов, наоборот, богаты содержанием гуминовых кислот, которые при разложении экскрементов высвобождаются и поступают в почву, после чего используются растительными организмами.

В процессе гумификации органического вещества происходит повышение интенсивности микробиологических процессов в почве, создание запасов питательных веществ, постоянно вовлекаемых в биологический круговорот, а также улучшение воднофизических свойств почвы и развитие полезной микрофлоры [12; 13]. На положительное влияние органического вещества на гумусообразование почвы указывали многие как отечественные, так и зарубежные исследователи [14–22].

**Таблица 1** – Содержание компонентов агрохимического комплекса NPK в экскрементах разных групп млекопитающих (мг/100 гр. почвы)

№ п/п	Название животных		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>-</sup>	K <sub>2</sub> O <sup>-</sup>
фитофаги					
1	<i>Alces alces</i> (лось)	летние	16,4 ± 0,09	5,5 ± 0,08	10,4 ± 0,12
		зимние	13,7 ± 0,10	5,21 ± 0,08	4,7 ± 0,09
2	<i>Lepus timidus</i> (заяц-беляк)		14,8 ± 0,12	4,2 ± 0,06	7,4 ± 0,14
всеядные					
3	<i>Sus scrofa</i> (кабан)		13,9 ± 0,10	4,0 ± 0,2	5,4 ± 0,14
4	<i>Ursus arctos</i> (медведь бурый)		11,0 ± 0,16	3,9 ± 0,13	7,7 ± 0,17
хищные					
5	<i>Canus lupus</i> (волк)		10,5 ± 0,16	2,2 ± 0,12	2,5 ± 0,16
6	<i>Vulpes vulpes</i> (лисица обыкновенная)		10,7 ± 0,13	2,3 ± 0,16	4,4 ± 0,10



**Рисунок 2** – Групповой состав гумуса в экскрементах разных групп животных (А – летние экскременты лося (*Alces alces*); Б – зимние экскременты лося (*Alces alces*); В – заяц-беляк (*Lepus timidus*); Г – кабан (*Sus scrofa*); Д – бурый медведь, или обыкновенный медведь (*Ursus arctos*); Е – волк (*Canus lupus*); Ж – лисица обыкновенная, или лисица рыжая (*Vulpes vulpes*))

Экскременты на 18–90% (в зависимости от вида животного) состоят из готовых гумусовых веществ, количество которых по мере разложения экскрементов, то есть в процессе гумификации, увеличивается. Гумусовые вещества подразделяются на фракции: гуминовые кислоты, фульвокислоты и негидролизруемый остаток (гумин), которые сходны по структуре, но различаются по свойствам и поведению в химических реакциях [22].

В результате систематического унавоживания почвы меняется состав гумуса: в нём отмечается несколько большее количество гуминовых кислот, причём последние находятся в форме непрочной связи с ми-

неральной частью почвы и даже в свободном состоянии. При гумификации органического вещества гуминовые и фульвокислоты формируются параллельно [23]. Между содержанием гумина и гумусовых кислот (гуминовой и фульвокислоты) установлена обратная корреляционная зависимость с коэффициентом корреляции 0,9–0,7, что не противоречит результатам А.П. Сафонова [24].

В составе экскрементов хищных животных преобладают фульвовые кислоты, значение которых имеет противоречивый характер для разных компонентов экосистемы. Для почвогрунтов фульвокислоты считаются агрессивной фракцией, так как способ-

ствуют разрушению почвенных минералов. Но для растений фульвокислоты необходимы в небольших количествах для транспортировки минеральных элементов через мембраны в клетки растений.

#### Выводы

Внесение в почву органического вещества и агрохимического комплекса НРК происходит в период разложения практически всех рассматриваемых в данной работе групп животных (фитофагов, всеядных и хищных), но с существенной разницей. Наиболее эффективное пополнение общего углерода и агрохимического комплекса в почвах выявлено под разложением экскрементов фитофагов, разложение экскрементов хищников вносит крайне малое количество полезных органических элементов в почву. Такая тенденция объясняется различным составом и, как следствие, свойствами экскрементов разных групп животных. В экскрементах растительноядных животных преобладают гуминовые кислоты, что в период трансформации в почве определяет гуматный тип гумуса, а экскременты хищных, в большей степени, связаны с образованием фульвокислот и фульватного типа гумуса. Экскременты всеядных занимают промежуточное положение, то есть при их разложении может возникать как гуматно-фульватный, так и фульватно-гуматный тип гумуса. Гуминовые кислоты способны накапливаться в почве и формировать ее плодородие. Фульвокислоты активно разрушают минеральную часть почвы и снижают тем самым ее плодородие. Поэтому важно знать не только общее количество гумуса в почве, но и его качественный (групповой) состав, то есть соотношение в нем гуминовых и фульвокислот и является важным показателем их агрохимической оценки. Количество гумуса, его качество (Гк/Фк), мощность гумусового горизонта в почвах различных географических зон неодинаково. В Вологодской области преобладают почвы подзолистого ряда, которые характеризуются минимальным плодородием.

#### Список литературы:

1. Пахомов А.Е. Биогеоэценологическая роль млекопитающих в почвообразовательных процессах степных лесов Украины. Т. 2. Днепропетровск: ДГУ, 1998. 216 с.
2. Абатуров Б.Д. Почвообразующая роль животных в биосфере // Биосфера и почвы: сб. ст. М.: Наука, 1976. С. 53–69.
3. Пилипко Е.Н. Экскременты лося (*Alces alces* L.) и температурный режим как лимитирующие факторы некоторых физиологических процессов в лабораторном эксперименте // Естественные науки. 2017. № 4 (61). С. 66–76.
4. Булахов В.Л., Пахомов А.Е. Влияние экскреторной деятельности копытных на интенсивность выделения почвой CO<sub>2</sub> в лесных биогеоценозах Присамарья // Антропогенные воздействия на лесные экосистемы степной зоны: межвуз. сб. науч. тр. Днепропетровск: ДГУ, 1990. С. 119–127.
5. Булахов В.Л., Пахомов А.Е., Леонова Л.А. Влияние экскреторной деятельности микромаммалий на формирование в почве комплекса НРК в условиях искусственных дубовых насаждений степной зоны Украины // Биомониторинг лесных экосистем степной зоны: межвуз. сб. науч. тр. Днепропетровск: ДГУ, 1992. С. 177–183.
6. Злотин Р.И., Ходашова К.С. Влияние экскрементов растительноядных животных на скорость разруше-

ния опада в лесостепи // Проблемы почвенной зоологии: мат-лы IV всесоюз. совещ. М.: Наука, 1972. С. 59–60.

7. Злотин Р.И., Ходашова К.С. Роль животных в биологическом круговороте лесостепных экосистем. М.: Наука, 1974. 200 с.

8. Александрова Л.Н., Новицкий М.В. О процессах трансформации и гумификации органических остатков в почве // Проблемы почвоведения: советские почвоведы к XII междунар. конгрессу почвоведов. М.: Наука, 1982. С. 33–37.

9. Кононова М.М., Бельчикова Н.П. Экспресс-метод определения группового состава гумуса. Опыт характеристики природы почвенных гуминовых кислот с помощью спектрофотометрии // Доклады АН СССР. 1950. Т. 72, № 1, С. 125–128.

10. Пилипко Е.Н. Динамика содержания комплекса НРК в результате разложения экскрементов лося (*Alces alces* L., 1758)) в различных по гранулометрическому составу почвах // Лесной журнал. САФУ им. М.В. Ломоносова. 2014. № 6 (342). С. 47–54.

11. Пилипко Е.Н. Динамика содержания гуминовых веществ в экспериментах // Естественные науки. 2017. № 1 (58). С. 29–36.

12. Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Т. IV. Днепропетровск, 1973. 312 с.

13. Чесняк Г.Я. К методике определения коэффициентов гумификации растительных остатков и навоза в черноземах типичных лесостепи в условиях зерносвекловичного севооборота // Агрохимия и почвоведение: респуб. межвед. тематический науч. сб. Вып. 49. Киев: Урожай, 1986. С. 79–85.

14. Абатуров Б.Д., Кузнецов Г.В. Млекопитающие в биогеоценозе // Почвоведение. 1973. № 10. С. 59–69.

15. Асаров Х.К., Дёмин В.А. Подстилочный навоз. Бесподстилочный навоз // Агрономия. М.: Агроролмиздат, 1989. С. 370–398.

16. Булахов В.Л., Шульман М.В. Зоогенный опад как функциональный элемент в биогеоэценологических процессах лесных экосистем степного Приднепровья // Биоразнообразие и роль зооценоза в естественных и антропогенных экосистемах: мат-лы III междунар. науч. конф. Днепропетровск: Изд-во ДНУ, 2005. С. 115–116.

17. Грачева Л.В. Влияние экскреторной деятельности млекопитающих на восстановление почвенной микрофлоры в условиях загрязнения кадмием // Проблемы природопользования и техногенной безопасности: мат-лы междунар. конф. Днепропетровск: ДНУ, 2001. С. 56–57.

18. Грачева Л.В. Влияние экскреторной деятельности млекопитающих на восстановление почвенной микрофлоры в условиях техногенного загрязнения // Вестник Днепропетровского университета. Биология. Экология. 2000. Вып. 7. С. 58–61.

19. Пахомов А.Е., Пилипко Е.Н. Влияние экскреторной деятельности *Alces alces* (L.) на содержание фосфатов в условиях экспериментального загрязнения почв кадмием и никелем // Биоразнообразие и роль зооценоза в естественных и антропогенных экосистемах: мат-лы II междунар. науч. конф. Днепропетровск: ДНУ, 2003. С. 237–239.

20. Чимитдоржиева Г.Д., Борисова Т.С. Трансформация органического вещества дефлированных каштановых почв Забайкалья под влиянием удобрений. Улан-Удэ: Изд-во Бурят. науч. центра СО РАН, 2003. 216 с.

21. Saetre P., Brandtberg P.-O., Lundkvist H., Bengtsson J. Soil organisms and carbon, nitrogen and phosphorus mineralisation in Norway spruce and mixed Norway spruce – Birch stands // Biology and Fertility of Soils. 1999. Vol. 28. P. 382–388. DOI: 10.1007/s003740050508.

22. Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. М.: Геос, 2005. 336 с.

23. Багаутдинов Ф.Я., Хазиев Ф.Х. Состав и трансформация органического вещества почв. Уфа: Гилем, 2000. 195 с.

24. Сафонов А.П. Состав негидролизуемого остатка гумусообразователей и его роль в формировании гумусовых кислот почв // Органическое вещество почв и методы его исследования: сб. науч. тр. Л.: Изд-во ЛСХИ, 1990. С. 21–29.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p><b>Пилипко Елена Николаевна</b>, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесного хозяйства; Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина (г. Вологда, Российская Федерация). E-mail: elena_pilipko@inbox.ru.</p>	<p><b>Pilipko Elena Nikolaevna</b>, candidate of biological sciences, associate professor of Forestry Department; Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin (Vologda, Russian Federation). E-mail: elena_pilipko@inbox.ru.</p>

**Для цитирования:**

Пилипко Е.Н. Оценка химических показателей и группового состава гумуса эксреторного опада разных групп животных // Самарский научный вестник. 2024. Т. 13, № 2. С. 67–72. DOI: 10.55355/snv2024132107.