

3. Apeti D. A., Robinson L., Johnson E. Relationship between heavy metals concentration in the American Clam (*Crassostrea virginica*) and metal levels in the water column and sediment in Apalachicola Bay, Florida. *American journal of Environment Science*, 2005, no. 1, pp. 179–186.

4. El-Moselhy Kh. M. Bioaccumulation of mercury in some marine organisms from lake tim-sah and bitter lakes (Suez canal, Egypt). *Egyptian journal of aquatic research*, 2006, vol. 32, no. 1, pp. 124–134.

5. EPA. An Assessment of Exposure to Mercury in the United States. *Mercury Study Report to Congress, Environmental Protection Agency, USA*, 1997b, vol. 4.

6. Phan Kim Phuong, Chu Ngoc Son, Sauvivan J. J., Tarradelas J. Contamination by PCB, DDT, and heavy metals in sediment of Ho Chi Minh city's Canals Viet Nam, Bull Environ. *Contam. Toxicology*, 1998, pp. 60347–354.

7. Navarro P., Amouroux D., Rochelle-Newall E., Ouillon S. Fate and tidal transport of butyltin and mercury compounds in the waters of the tropical Bach Dang Estuary (Haiphong, Vietnam). *Marine Pollution Bulletin*, 2012, no. 64, pp. 1789–1798.

УДК 574.474

### ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ

**Елена Николаевна Пилипко**, кандидат биологических наук, доцент, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина, Российская Федерация, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, 2, Karlovna@ukr.net

Рассмотрена динамика гумусовых веществ с помощью трёх факторных экспериментов и полученных в их результате математических уравнений регрессий. Эксперименты проводились с помощью микролизиметров на разном по гранулометрическому составу субстрате – сушлинистых почвах и супеси. Органические вещества для эксперимента были выбраны в виде экскрементов лося (*Alces alces L.*) (**Ex**) как самого крупного фитофага Северо-Запада. Остальные два фактора – увлажнение (полив) (**Pol**) и время разложений (**Vr**). Экскременты применялись двух видов – летние и зимние. Различные свойства экскрементов заключаются в отличии сезонного питания животного. Объектом исследования являлась динамика содержания некоторых гумусовых веществ – углерода гуминовых и фульвокислот. В результате проведенных исследований было выявлено более интенсивное разложение экскрементов на супесчаных почвах. Из двух видов экскрементов быстрее и эффективнее разлагались летние экскременты, что связано с особенностями летнего питания лося преимущественно мягкими зелёными кормами в отличие от зимних, трудноразлагающихся, образовавшихся в результате процесса метаболизма грубых древесно-веточных кормов. Уравнения регрессии дают возможность не только выяснить, какой фактор влияет больше всего, но и проследить влияние факторов во взаимодействии друг с другом. Нами приведены варианты таких взаимодействий факторов, при котором происходит наиболее существенное (максимальное) повышение или понижение значений содержания Сг.к и Сф.к. в результате разложений экскрементов.

**Ключевые слова:** гумусовые вещества, углерод гуминовых и фульвокислот, динамика, экскременты, животное – фитофаг, лось (*Alces alces L.*), эксперимент, фактор, уравнение регрессии, коэффициент детерминации

### THE DYNAMICS OF HUMIC SUBSTANCES CONTENT IN EXPERIMENTS

**Yelena Nikolayevna Pilipko**, Ph.D. (Biology), Associate Professor, Vereshchagin Vologda State Dairy Farming Academy, 2 Shmidt Str., Molochnoye, Vologda, 160555, Russian Federation, Karlovna@ukr.net

The dynamics of humus substances studied through 3 factorial experiments and the resulting mathematical regression equations has been considered in the article. The experiments were taken

with microlysimeter on the substrate having different size of particles – loams and loamy sands. The excreta of the elk (*Alces alces* L.) (**Ex**) which is the largest phytophagous animal of the north-west have been chosen as organic substances for the experiment. The other two factors are moisture (watering) (**Pol**) and decomposition time (**Vr**). We used two kinds of excreta: summer and winter ones. Different properties of excreta are due to the seasonal nutrition of the animal. The object of the research was the dynamics in the content of some humus substances – carbon of humic and fulvic acids. As a result of the research a more intensive excreta decomposition on loamy sands has been revealed. Of the two kinds of excreta summer ones were decomposing faster and more effectively due to the fact that in summer the elk mostly consumes soft green feeds while hardly decomposing winter excreta appear as a result of metabolic changes in coarse woody feeds. Regression equations allowed us not only to find out which factor is the most influential but also to follow the impact of the factors in their interaction. We presented the interactions of the factors giving the most significant (maximum) increase or decrease in carbon of humic and fulvic acids as a result of excreta decomposition.

**Keywords:** humus substances, carbon of humic and fulvic acids, dynamics, excreta, phytophagous animal, the elk (*Alces alces* L.), experiment, factorial regression equation, determination coefficient

Экскреторная деятельность животных-фитофагов – важное звено в изменении круговорота веществ лесных биогеоценозов. С экскрементами животных в почву локально поступает значительное количество веществ, обогащенных в кишечнике животного микрофлорой, ферментами, витаминами, а также такими веществами, как «готовые» гуминовые кислоты, которые необходимы для роста и развития растений [1]. Все это изменяет ход почвообразовательного процесса и способствует оптимизации процессов гомеостаза лесных биогеоценозов.

Благодаря медленному разложению гумусовых веществ при внесении органических удобрений происходит не только улучшение питания растений и микрофлоры почв, но и увеличивается количество гумуса, который оказывает значительное влияние на интенсивность и направленность микробиологических процессов в почве, стимулирует поступление веществ в растения и создает запасы питательных веществ, постоянно вовлекающихся в биологический круговорот [2; 5; 9; 10–14].

**Гуминовые кислоты (Сг.к.)** почвы – это высокомолекулярные азотсодержащие оксикарбоновые органические кислоты циклического строения с интенсивной темной бурой или красновато-бурой окраской. Гуминовые кислоты практически не растворяются в воде и минеральных кислотах и состоят из углерода, водорода, кислорода, азота, серы, фосфора. Также в препаратах гуминовых кислот обнаружены следы Mg, Mn, Na и K, окислов Al и Fe. Содержание этих элементов в гуминовых кислотах колеблется в зависимости от типа почвы, химического состава разлагающихся остатков, условий гумификации и способа выделения (особенность методики определения) [8].

**Фульвокислоты (Сф.к.)** – специфические гумусовые кислоты, растворимые в водных, щелочных и кислых растворах.

Нами выявлено, что наиболее богаты гуминовыми кислотами экскременты животных фитофагов. Так, для сравнения представлены диаграммы состава органических веществ в экскрементах разных групп животных – хищных, всеядных и фитофагов (рис. 1). Гуминовыми кислотами наиболее богаты (гуматный или гуматно-фульватный тип гумуса) экскременты животных – потребителей зелёных частей растений и древесно-веточного корма. Очевидно, это связано с разложением растительной органики в процессе пищеварения. Таким образом, происходит круговорот органических веществ в природе. Растительная органика имеет высокое содержание углерода гуминовых кислот, необходимых для роста и развития растительных организмов. Экскременты млекопитающих, в рацион которых входит некоторое количество мяса (всеядные животные), содержат меньшее количество гуминовых кислот, в то время как содержание фульвокислот повышается (фульватно-гуматный или фульватный тип гумуса). Абсолютное преобладание фульвокислот (фульватный тип гумуса) наблюдается в экскрементах хищных животных.

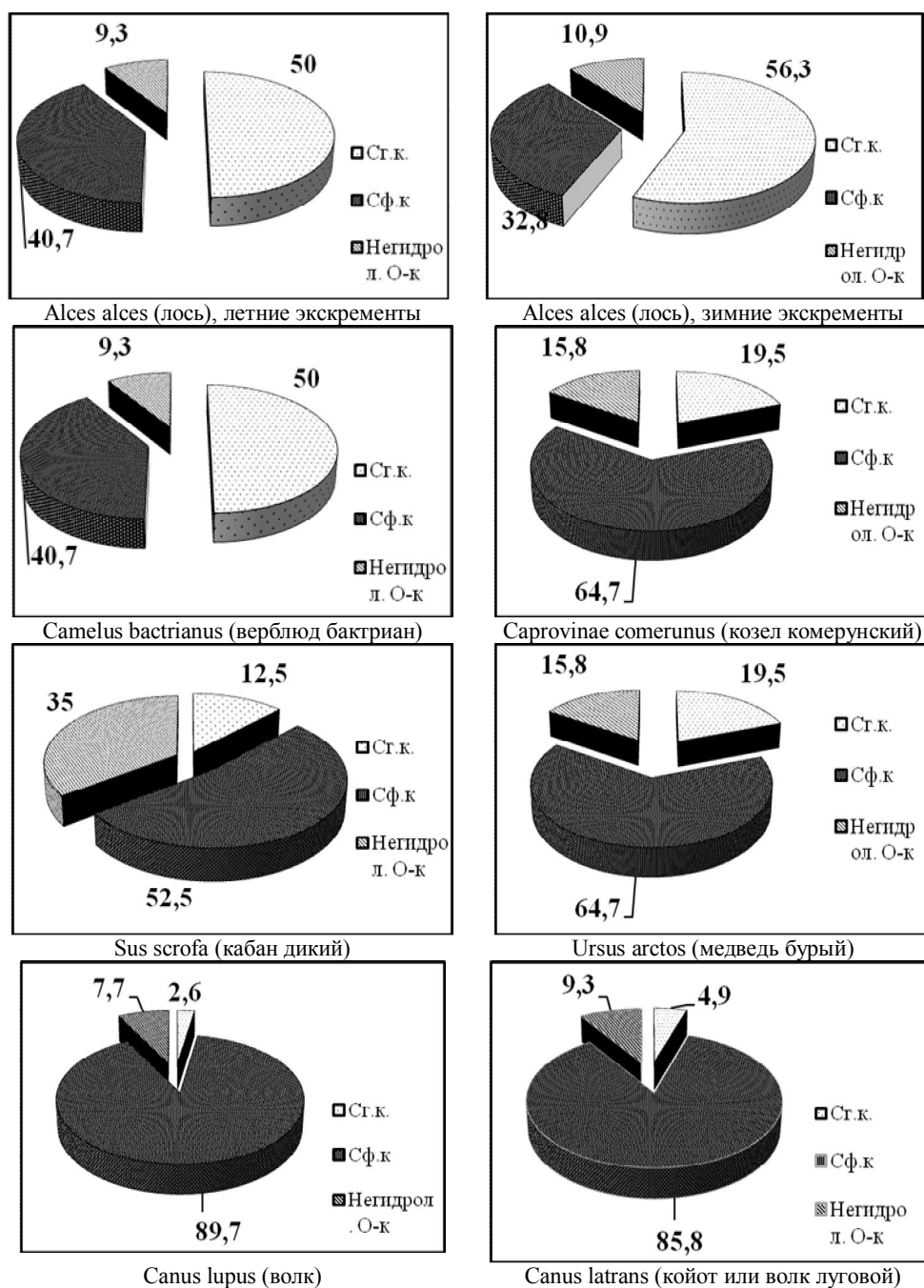


Рис. Содержание элементов группового состава гумуса в экскрементах разных видов животных. Прим. Сг.к. – углерод гуминовых кислот, Сф.к. – углерод фульвокислот; Негидрол. О-к – негидролизированный остаток

Фульватные кислоты считаются агрессивными. При их преобладании в составе гумуса почва легко обедняется кальцием, магнием, калием и другими основаниями, так как фульвокислоты образуют с ними растворимые соли, мигрирующие из почвы с просачивающейся влагой. Таким образом, следует отметить, что степень разрушительного действия фульвокислот на минералы зависит от количества гуминовых

кислот в данной почве: чем меньше в почве гуминовых кислот, тем сильнее действие фульвокислот [7].

С помощью нескольких примеров моделирования (уравнений регрессий), полученных в результате трёхфакторных экспериментов, рассмотрим степень влияние экскрементов лося (*Alces alces L.*) в период разложения на два компонента гумуса – углерод гуминовых (Сг.к.) и фульвокислот (Сф.к.).

Под экспериментом понимается совокупность операций, совершаемых над объектом исследования с целью получения информации о его свойствах. С помощью трехфакторного эксперимента нами были выявлены процессы обогащения почвы гумусовыми веществами, полученными в результате разложения органического вещества в виде зимних и летних экскрементов лося (фактор *Ex*).

Зимние экскременты периода поздней осени, зимы и ранней весны, так называемые «орешки», сохраняются в природе до трех лет, а потому они очень удобны для разного рода анализов и учетов. Летом помет не имеет определенной формы, быстро разлагается и поэтому совершенно непригоден для учётов, но пригоден для применения их в экспериментах и анализах. Разница в сезонном составе зимних и летних экскрементов заключается в особенностях кормовой базы. В осенне-зимний период и ранней весной лось вынужден питаться только грубыми древесно-веточными кормами, летом же в рацион лося входит большое количество зелёных кормов (трава и листья). Разложение экскрементов происходило в микролизиметрах на разных по гранулометрическому составу почвах – тяжёлом суглинке и легкой супеси.

План эксперимента представлен в таблице 1. Выбранные максимальные и минимальные значения каждого фактора обозначены в таблице 2.

Таблица 1

**Матрица (план) трехфакторного эксперимента имеет следующий вид**

№ опыта	Масса экскреций, г	Полив, г	Время, мес.
1	min	min	min
2	max	min	min
3	min	max	min
4	max	max	min
5	min	min	max
6	max	min	max
7	min	max	max
8	max	max	max
9	Ср.	Ср.	Ср.

Полив производился один раз в неделю разным количеством дистиллированной воды, согласно каждому опыту в эксперименте (фактор *Pol*). Время разложений составляло один (min) и шесть (max) месяцев (фактор *Vr*). Максимальное время было выбрано согласно утверждению М.М. Кононовой [4] о том, что интенсивная минерализация и разложение большинства органических остатков идет на протяжении шести месяцев в аэробных условиях при оптимальной влажности и оптимальной для микроорганизмов температуре. Данные обрабатывались статистическими методами планирования эксперимента [3; 6] с помощью пакета статистических программ “Excel” и “Statgrafics”.

Построение математических моделей (уравнения регрессии) является завершающим этапом факторных экспериментов. Модели не только помогают выявить эффекты и их значимость, а также построить некоторый прогноз о влиянии факторов, применяемых в эксперименте в заданном для них диапазоне.

Уравнения регрессии содержания углерода гуминовых кислот в результате разложения экскрементов лося на суглинистой почве (суглинок, летние экскременты) имеет вид:

$$\text{Сг.к.} = 8 - 2,2 \text{ Ex} - 2,2 \text{ Pol} + 2,3 \text{ Vr} + 1,3 \text{ ExPol} - 0,6 \text{ ExVr} - 1,2 \text{ PolVr}, \\ R^2 = 82,6 \%,$$

где Сг.к. – углерод гуминовых кислот; *Ex* – экскременты лося; *Pol* – полив; *Vr* – время;  $R^2$  – коэффициент детерминации (достоверности). Если коэффициент выше 75 %, то считается, что уравнение достоверно и может применяться в исследованиях.

Таблица 2

**Значения каждого фактора эксперимента**

Уровни	Кол-во экскрементов, г	Количество полива, г (раз в неделю)	Время эксперимента, мес.
min	10	50	1
max	200	200	6
Средние значения	105	125	3

Перед началом эксперимента были проведены анализы по динамике гумусовых веществ в почвах и экскрементах (табл. 3).

Таблица 3

**Первичное содержание гумусовых веществ до эксперимента**

Объект исследования	Гумусовые вещества			
	Собщ.	Сг.к.	Сф.к.	Негидролизанный остаток
Суглинок	0,6	40,0	40,0	20,0
Супесь	0,5	33,3	44,4	22,3
Экскременты лося летние	34,8	56,6	41,7	1,7
Экскременты лося зимние	30,6	37,3	35,2	27,5

*Примечание:* углерод гуминовых и фульвокислот составляет гидролизанный остаток, который в сумме с негидролизанным составляет 100 %. Негидролизанный и гидролизанный остатки высчитывались в процентном соотношении от Собщ., которое бралось как 100 %.

Максимальное увеличение углерода гуминовых кислот (на 142,5 %) наблюдается при взаимодействии двух факторов – минимальном количестве полива (50 мл) и максимального количества времени (6 мес.). Максимальное снижение Сг.к. (на 97,5 %) выявлено при взаимодействии максимального количества экскрементов (200 г) и минимального срока разложения (1 мес.).

Рассмотрим уравнение регрессии динамики углерода фульвокислот:

$$\text{Сф.к.} = 15 - 6,8 \text{ Ex} - 1,8 \text{ Pol} + 8,4 \text{ Vr} + 4 \text{ ExPol} - 8,2 \text{ ExVr} - 1,5 \text{ PolVr},$$

$$R^2 = 89,1\%.$$

Из решения данного уравнения следует, что максимальное повышение содержания Сф.к. (на 312 %) наблюдается при взаимодействии двух факторов – экскрементов и полива, при этом значение экскрементов было минимальным, а времени максимальным (*Ex* – 10 гр., *Pol* – 200 мл.). Максимальный процент снижения содержания фульвокислот (на 130,7 %) выявлено при минимальном значении этих факторов (*Ex* – 10 г, *Pol* – 50 мл). Далее приведены уравнения других вариантов эксперимента по разложению экскрементов лося.

Краткий анализ решения представленных в таблице 4 уравнений показывает, что при одних и тех же значениях (количества экскрементов, нормы полива и времени эксперимента) есть разница в динамике содержания углерода гуминовых и фульвокислот в зависимости от субстрата (гранулометрического состава почв), на которых происходит разложение. В экспериментах с разложением летних экскрементов наибольшее повышение и понижение Сг.к. выявлено в легких почвах (супеси). Повышение на 177 % происходит при взаимодействии минимального количества экскрементов и максимального количества времени. Максимальное понижение Сг.к. (на 133 %) происходит при взаимодействии максимального количества экскрементов и минимального времени. Но максимальное повышение и понижение Сф.к. наблюда-

ется на более тяжёлых почвах – суглинках. Максимальное повышение (на 312 %) происходит при взаимодействии минимального количества экскрементов и на протяжении шести месяцев, максимальное снижение на (141 %) происходит при варианте минимальных значений факторов экскрементов и времени разложения (табл. 5).

Таблица 4

**Результаты проведенных экспериментов, выраженные в уравнениях регрессии**

Вариант эксперимента	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации, R <sup>2</sup>
Экскременты летние на супеси	Сг.к. = 21 – 4,8 Ex + 7,3 Pol + 11,5 Vr – 5,7 ExPol – 2,3 ExVr + 7,8 PolVr	R <sup>2</sup> = 92,2%
	Сф.к. = 15,2 + 1,4 Ex + 4,7 Pol + 3,04 Vr + 7,4 ExPol + 8,3 ExVr + 8,8 PolVr	R <sup>2</sup> = 87%
Экскременты зимние на суглинке	Сг.к. = 7,1 + 1,6 Ex + 0,2 Pol + 0,2 Vr – 1,7 ExPol – 0,1 ExVr – 1,9 PolVr	R <sup>2</sup> = 89,1%
	Сф.к. = 14,8 + 1,2 Ex + 0,8 Pol – 0,03 Vr + 3,2 ExPol + 3,8 ExVr + 3,6 PolVr	R <sup>2</sup> = 84,2%
Экскременты зимние на супеси	Сг.к. = 11 – 0,3 Ex + 3,8 Pol + 0,3 Vr – 2,4 ExPol – 4,7 ExVr + 1,2 PolVr	R <sup>2</sup> = 96%
	Сф.к. = 12 – 1,8 Ex – 3,7 Pol + 0,6 Vr + 4,2 ExPol + 4,1 ExVr + 1,8 PolVr	R <sup>2</sup> = 91,5%

При разложении зимних экскрементов лося максимальные повышения и понижения содержания Сг.к. и Сф.к. происходит в легких по гранулометрическому составу почвах, т.е. супесчаных. В таблице 5 предоставлены максимальные и минимальные значения разных вариантов эксперимента.

Таблица 5

**Динамика содержания углерода гуминовых и фульвокислот в почвах при разложении экскрементов**

Вариант эксперимента	Гуминовые вещества	Повышение, %	Взаимодействие факторов	Снижение, %	Взаимодействие факторов
Суглинок, летние экскременты	Сг.к.	142,5	Pol <sup>-</sup> Vr <sup>+</sup>	97,5	Ex <sup>+</sup> Vr <sup>-</sup>
	Сф.к.	312	Pol <sup>-</sup> Vr <sup>+</sup>	141	Ex <sup>-</sup> Vr <sup>-</sup>
Супесь, летние экскременты	Сг.к.	177	Ex <sup>-</sup> Vr <sup>+</sup>	133	Ex <sup>+</sup> Vr <sup>-</sup>
	Сф.к.	217,6	Pol <sup>+</sup> Vr <sup>+</sup>	130,7	Ex <sup>+</sup> Pol <sup>-</sup>
Суглинок, зимние экскременты	Сг.к.	87,3	Ex <sup>+</sup> Pol <sup>-</sup>	98,6	Ex <sup>-</sup> Vr <sup>-</sup>
	Сф.к.	70,3	Ex <sup>+</sup> Pol <sup>+</sup>	68	Ex <sup>-</sup> Vr <sup>+</sup>
Супесь, зимние экскременты	Сг.к.	118,2	Ex <sup>-</sup> Pol <sup>+</sup>	107,3	Ex <sup>-</sup> Pol <sup>-</sup>
	Сф.к.	161,7	Ex <sup>-</sup> Pol <sup>-</sup>	101,7	Ex <sup>-</sup> Pol <sup>+</sup>

*Примечание:* в таблице приведены данные динамики Сг.к. и Сф.к. и взаимодействие факторов только для самых максимальных значений.

Наибольшее повышение и понижение содержания углерода гуминовых и фульвокислот происходит при разложении летних экскрементов, что, очевидно, связано с разным составом экскрементов. Зимние экскременты, полученные в результате процесса пищеварения древесно-веточного корма, разлагаются медленнее и не так эффективно как летние, основу которых составляют расщеплённые в желудках мягкие зелёные корма. Из двух разных по гранулометрическому составу почв разложение лучше проходит на супесчаных почвах, на которых наблюдается более высокое повышение и понижение содержания Сг.к. и Сф.к. (исключение составляет повышение содержания Сф.к. в суглинке под летними экскрементами). На повышение гумусовых веществ при разложении летних экскрементов в основном влияет взаимодействие факторов увлажнения и время разложения, в процессе разложения зимних экскрементов – взаимодействие количества экскрементов и полива. На снижение содер-

жания гумусовых веществ влияние оказывает другой вариант взаимодействия: при разложении летних экскрементов – количество экскрементов и время разложений, при разложении зимних экскрементов на суглинках – количество экскрементов и время разложения, на супесчаных почвах – количество экскрементов и норма полива.

В целом в результате разложения непереваренных остатков растительной органической массы выявлено ускорение высвобождения элементов питания растений, которые вновь вовлекаются в биологический круговорот и используются растениями для создания новой органической массы. Фитофаги играют важную роль в разложении 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). В дальнейшем, непереваренные остатки представляют собой лишь измельченный, но не разложившийся растительный материал и его дальнейшая переработка осуществляется независимо от животных – фитофагов.

В результате проведенных экспериментов и на основании полученных данных был выявлен характер разложения экскрементов в зависимости от их свойств и свойств субстрата, на котором происходит разложение (суглинков и супесь). Наиболее интенсивное выщелачивание гумусовых веществ происходит в более лёгких почвах – на супесях. Так, на супесчаных почвах углерод гуминовых кислот выше на супесчаных почвах на 34,5 % при разложении летних экскрементов и на 30,9 % зимних. У животных, имеющих сезонное различие в кормовой базе, экскременты оказывают разное влияние на физико-химический состав почв. Наиболее легко разлагаются и вносят большее количество гумусовых веществ летние экскременты. С.г.к. под летними экскрементами выше на 55,2 % в суглинистых почвах и на 58,8 % на супесчаных из-за преобладания мягких зелёных кормов в своём составе. Динамика содержания гумусовых веществ в результате разложения экскрементов, зависит от условий в период разложения.

#### *Список литературы*

1. *Александрова Л. Н.* О физиологической активности гумусовых веществ и продуктов метаболизма микроорганизмов / Л. Н. Александрова // Органическое вещество целинных и освоённых почв. – Ленинград : Наука, 1972. – С. 287.
2. *Александрова Л. Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. – Ленинград : Наука, 1980. – 387 с.
3. *Дюк В. А.* Обработка данных на ПК в примерах / В. А. Дюк. – Санкт-Петербург : Питер, 1997. – 240 с.
4. *Кононова М. М.* Проблема почвенного гумуса и современные задачи его изучения / М. М. Кононова. – Москва : Академия наук СССР, 1951. – 300 с.
5. *Кононова М. М.* Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения / М. М. Кононова. – Москва : Академия наук СССР, 1963. – С. 67, 238.
6. *Налимов В. В.* Теория эксперимента / В. В. Налимов. – Москва : Наука, 1971. – 207 с.
7. *Носко Б. С.* Влияние органических и минеральных удобрений на плодородие почв / Б. С. Носко, В. В. Медведев, А. А. Бацула и др. // Почвы Украины и повышение их плодородия. – Киев : Урожай, 1988. – Т. 2. – С. 19–34.
8. *Орлов Д. С.* Гумусовые кислоты и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – Москва : Наука, 1990. – С. 25–32.
9. *Христева Л. А.* Еще о функции гуминовых кислот в обмене веществ у высших растений / Л. А. Христева // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. – Киев : Госсельхозиздат, 1962. – Т. 2. – С. 57–62.
10. *Чесняк Г. Я.* К методике определения коэффициентов гумификации растительных остатков и навоза в черноземах типичных Лесостепи в условиях зерносвекловичного севооборота / Г. Я. Чесняк // Республиканский межведомственный сборник. – Киев : Урожай, 1986. – Вып. 49. – С. 79–85.

11. **Anderson D. W.** Particle size fractions and their use in studies of organic matter. 1. The nature and distribution of forms of C, N and S / D. W. Anderson, S. J. Saggar, J. R. Bettany, W. B. Stewart // *Soil Sci. Soc. Amer. J.* – 1981. – Vol. 45, № 4. – P. 767–772.
12. **Flaig W.** Chemical composition and physical properties of humic substances / W. Flaig // *Studies about gumus. Transact. of the Intern. symp. "Humus et planta, IV"*. – Prague, 1967. – P. 81–112.
13. **Mengel K.** Principles of Plant Nutrition K. / Mengel, E. A. Kirkby // *International Polash.* – Institute, Worblaufen-Bern, 1978. – P. 593.
14. **Mortland M. M.** Clay – organic complexes and interactions / M. M. Mortland // *Adv. In Agronomy.* – 1970. – Vol. 22. – P. 75–117.

#### References

1. Aleksandrova L. N. O fiziologicheskoy aktivnosti gumusovykh veshchestv i produktov metabolizma mikroorganizmov [About the physiological activity of humic substances and products of metabolism of microorganisms]. *Organicheskoe veshchestvo tselinnykh i osvoenie pochv* [Organic matter of virgin and cultivated soils]. Leningrad, Nauka Publ., 1972, p. 287.
2. Aleksandrova L. N. *Organicheskoe veshchestvo pochvy i protsessy ego transformatsii* [Soil organic matter and processes of its transformation]. Leningrad, Nauka Publ., 1980, 387 p.
3. Duke V. A. *Obrabotka dannykh na PK v primerakh* [Data Processing on PC in examples]. St. Petersburg, Piter Publ., 1997, 240 p.
4. Kononova M. M. *Problema pochvennogo gumusa i sovremennye zadachi ego izucheniya* [The Problem of soil humus and contemporary tasks of the study]. Moscow, Academy of Sciences of the USSR Publ., 1951, 300 p.
5. Kononova M. M. *Organicheskoe veshchestvo pochvy. Ego priroda, svoystva i metody izucheniya* [Soil Organic matter. Its nature, properties, and methods of study]. Moscow, Academy of Sciences of the USSR Publ., 1963, pp. 67, 238.
6. Nalimov V. V. *Teoriya eksperimenta* [Theory of experiment]. Moscow, Nauka Publ., 1971, p. 207.
7. Nosko B. S., Medvedev V. V., Bacula A. A. et al. Vliyanie organicheskikh i mineral'nykh udobreniy na plodorodie pochv [The Effect of organic and mineral fertilizers on soil fertility]. *Pochvy Ukrainy I povyshenie ikh plodorodiya* [Soil of Ukraine and increase of their fertility]. Kiev, Uroday Publ., 1988, vol. 2, pp. 19–34.
8. Orlov D. S. *Gumusovye kisloty i obshchaya teoriya gumifikatsii* [Humus acids and General theory of humification]. Moscow, Nauka Publ., 1990, pp. 25–32.
9. Khristeva L. A. *Eshche o funktsii gumusovykh kislot v obmene veshchestv u vysshikh rasteniy* [More about the function of humic acids in the metabolism of higher plants]. *Guminovye udobreniya. Teoriya i praktika ikh primeneniya* [Humic fertilizer. Theory and practice of their application], Kiev, Rosselkhozizdat Publ., 1962, vol. 2, pp. 57–62.
10. Cesnyak G. Ya. K metodike opredeleniya koeffitsientov gumifikatsii rastitel'nykh ostatkov i navoza v chernozemakh tipichnykh Lesostepi v usloviakh zernosveklovichnogo sevooborota [To the method of determining the coefficients of humification of plant residues and manure in typical chernozems of forest-Steppe in the conditions of thermowelding rotation]. *Respublikanskiy mezhdvostvennyy sbornik* [Republican interdepartmental collection]. Kiev: Uroday Publ., 1986, vol. 49, pp. 79–85.
11. Anderson D. W., Saggar S. J., Bettany J. R., Stewart W. B. Particle size fractions and their use in studies of organic matter. 1. The nature and distribution of forms of C, N and S. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 1981, vol. 45, no. 4, pp. 767–772.
12. Flaig W. Chemical composition and physical properties of humic substances. «Studies about gumus. *Transact. of the Intern. symp. "Humus et planta, IV"*. Prague, 1967, pp. 81–112.
13. Mengel K., Kirkby E. A. *Principles of Plant Nutrition, International Polash.* Institute, Worblaufen-Bern, 1978, pp. 593.
14. Mortland M.M. Clay – organic complexes and interactions. *Adv. In Agronomy*, 1970, vol. 22, pp. 75–117.