



Рисунок 5. Зависимость показателя C/N в горизонте А от биомассы собственно почвенных дождевых червей в лесах Москворецко-Окской равнины и Северо-Западного Кавказа

Недостаток минеральных форм азота – один из важнейших лимитирующих факторов минерального питания растений, поскольку в почвах до 90% этого элемента находится в недоступной для растений форме (Mengel, 1996). Известно, что деятельность дождевых червей приводит к обогащению почвы доступными для растений формами азота. Копролиты дождевых червей обогащены мочевиной и ионами аммония. Пищеварительные ферменты червей активизируют деятельность нитрифицирующих и аммонифицирующих бактерий, следовательно, уменьшаются потери свободного азота, который закрепляется в форме соединений, аммонийный азот переходит в нитриты и нитраты (Козловская, 1976). Эксперименты с дождевыми червями *Eisenia nordenskioldi*, обитающими в темно-серой почве под широколиственными лесами, показали обогащение почвы подвижными формами аминного азота, доступного для поглощения корнями растений, свободными и связанными аминокислотами (Козловская и др., 1983; Стриганова и др., 1989). В опытах с почвенно-подстилочными и собственно почвенными дождевыми червями показано, что аммоний, содержащийся в копролитах дождевых червей, способен модифицировать нитрификацию в почве, вызывая долговременные кумулятивные эффекты, намного превосходящие свое прямое действие (Битюцкий и др., 2007). В

экспериментах с норными червями показано, что содержание доступного азота в почве увеличивалось на 0.03 мг/кг на каждые 0.1 г биомассы дождевого червя (Andriuzzi et al., 2016). В природных экосистемах поток почвенного азота через популяции дождевых червей достигает в год десятков килограмм на гектар (Lee, 1985; Parmelee, Crossley, 1988), что необходимо для устойчивого функционирования наземных экосистем. Также обогащение почвы азотом происходит за счет гибели дождевых червей: ежегодно смертность которых составляет в среднем 60% от общей численности популяции (Lavelle et al., 1998). В почвах Центральной Европы после отмирания дождевых червей выход азота достигает 24 г/м², что сопоставимо с ежегодной дозой минеральных азотных удобрений (100–200 кг N на 1 га). Биомасса дождевых червей, содержащая 65-75% белка, в почве быстро разлагается, но азот вымывается медленнее, поскольку связывается микроорганизмами (Lee, 1985; Makeschin, 1997; и др.).

Дождевые черви способствуют значительному снижению отношения C/N в почве, что связано с прямым и опосредованным влиянием дождевых червей на минерализацию и гумификацию органического вещества. Дождевые черви способствуют сужению отношения C/N в три раза по сравнению с опадом (Стриганова, 1968). Имеются экспериментальные доказательства значительного

сужения C/N под влиянием разных морфо-экологических групп дождевых червей не только в лесных почвах. Для почвенно-подстилочных червей этот факт установлен в вермикомпостах (Talashilkar et al., 1999), для собственно почвенных червей – на сельскохозяйственных полях (Sandor, Schrader 2007; McDaniel et al. 2013).

Дождевых червей чаще относят к группе нитролеберантов – почвенных организмов, оказывающих сильное влияние на миграцию азота (Козловская, 1976; Жуков и др., 2000), в первую очередь за счет гумификации органического вещества в почве. Однако, дождевые черви как первичные разрушители подстилки и вторичные разрушители мертвых растительных остатков, оказывают влияние и на миграцию углерода в почвах, поэтому их можно отнести и к группе карболиберантов (минерализаторов). Согласно нашим и литературным данным, влияние разных морфо-экологических групп дождевых червей на содержание азота и показатель C/N однонаправленно в горизонтах их активности: содержание азота увеличивается, соотношение C/N уменьшается. Однако в отношении влияния дождевых червей на содержание углерода требуется дифференциальный функциональный подход. Последний глобальный метаанализ показывает, что присутствие не только подстилочных и норных групп, но и собственно почвенных дождевых червей приводит к снижению органического вещества в горизонте подстилки, при этом наиболее сильный эффект оказывают норные черви (Huang et al., 2020).

В нашем исследовании, кроме того, показан возможный значимый отрицательный эффект и группы почвенно-подстилочных червей (*L. rubellus*) на запасы подстилки и содержание органического углерода в ней. Известно, что этот вид часто приурочен к богатым почвам и высокому содержанию органического вещества (Жуков, 2004; Жуковская и др., 2005 и др.). Нами выявлены связи между биомассой почвенно-подстилочного *L. rubellus* и

увеличением содержания углерода в гумусовом горизонте. Вероятно, это обусловлено высокой трофической активностью этих червей и хорошим качеством быстро разлагаемого опада (березы, липы, лещины). Между биомассой собственно почвенных видов и уровнем аккумуляции углерода значимых связей не установлено, но выявлена общая тенденция к снижению содержания органического углерода в гумусовом горизонте при увеличении биомассы этой группы видов. Собственно почвенные виды питаются почвенным перегноем (Перель, 1979; Жуков, 2004), в их копролитах по сравнению с почвой происходит уменьшение общей массы органического вещества и повышение зольности на 2-3% (Lavelle, Martin, 1992; Angst et al., 2017). Собственно почвенные виды не участвуют в активном перемещении подстилки и переносе органического углерода в нижележащие горизонты. Для получения убедительных результатов необходимы дополнительные полевые эксперименты в лесных почвах, которые запланированы нами в продолжение исследований по данной проблеме.

ВЫВОДЫ:

1. В ходе изменения сукцессионного статуса лесов происходит усложнение видового состава и набора морфо-экологических групп дождевых червей, но не последовательная замена одних групп другими.
2. Видовое богатство, разнообразие морфо-экологических групп и биомасса дождевых червей при сходном гранулометрическом составе почв определяется качеством опада: наиболее благоприятный для поддержания функционального разнообразия дождевых червей – смешанный опад лиственных и хвойных видов древесного полога, подроста и кустарников.
3. Выявлены неоднозначные влияния дождевых червей разных морфо-экологических групп на аккумуляцию углерода в лесных почвах. Установлены отрицательные корреляционные зависимости между суммарной биомассой подстилочных, почвенно-подстилочных и

норных видов червей и содержанием углерода подстилки. При этом биомасса почвенно-подстилочных видов положительно связана с содержанием углерода в гумусовом горизонте. Взаимосвязи содержания углерода почвы с собственно почвенными видами в проведенном исследовании не выявлены.

4. Показатели, сопряженные с аккумуляцией углерода, – соотношение C/N и содержание азота однонаправленно коррелируют с биомассой дождевых

червей в горизонтах их активности: при увеличении биомассы червей разных морфо-экологических групп соотношение C/N уменьшается, содержание азота повышается.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено в рамках темы государственного задания ЦЭПЛ РАН № 0110-2018-0007, материал определен за счет средств гранта Российского научного фонда (проект № 16-17-10284).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абатуров Б.Д. Почвообразующая роль животных в биосфере / Биосфера и почвы. М.: Наука, 1976. С. 53-69.

Березина О.Г. Структура населения коллембол (Hexapoda, Collembola) реликтового липового леса (Горная Шория, Кемеровская область) // Евразийский энтомологический журнал. 2016. Т. 15. №. 6. С. 583-590.

Битюцкий Н.П., Соловьева А.Н., Лукина Е.И., Олейник А.С., Завгородняя Ю.А., Демин В.В., Бызов Б.А. Экскреты дождевых червей стимулятор минерализации соединений азота в почве // Почвоведение. 2007. № 4. С. 468-473.

Всеволодова-Перель Т.С. Дождевые черви фауны России. Кадастр и определитель. М.: Наука, 1997. 101 с.

Всеволодова-Перель Т.С., Грюнталь С.Ю., Кудряшева И.В., Надточий С.Э., Головач С.И., Матвеева А.А., Осипов В.В., Карпачевский Л.О., Растворова О.Г. Структура и функционирование почвенного населения дубрав Среднерусской лесостепи. М.: Наука, 1995. 152 с.

Гераськина А.П. Преобразования комплекса дождевых червей в ходе послерубочных сукцессий в лесах Северо-Западного Кавказа // Вопросы лесной науки. 2018. № 1. С. 1-14.

Гиляров М.С. Методы почвенно-зоологических исследований. М.: Наука, 1975. 304 с.

Гончаров А.А. Структура трофических ниш в сообществах почвенных

беспозвоночных (мезофауна) лесных экосистем / дис. на соиск. уч. степ. канд. биол. н. М.: ИПЭЭ, 2014. 177 с.

Жуков А.В. Дождевые черви как компонент биогеоценоза и их роль в зооиндикации // Грунтознавство. 2004. Т. 5 № 1-2. С. 44-57.

Жуков А.В. Экологическое разнообразие животного населения почв пойменных биогеоценозов р. Самара // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2000. №. 7. С. 73-79.

Жуковская Е.А., Кодолова О.П., Правдухина О.Ю., Варне А.Ж., Болотецкий Н.М. Исследование генетического разнообразия дождевого червя *Lumbricus rubellus* Hoff. (Oligochaeta, Lumbricidae) // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2005. № 5. С. 625-627.

Классификация и диагностика почв России / Сост. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

Козловская Л.С. Роль почвенных беспозвоночных в трансформации органического вещества болотных почв. Л., 1976. 211 с.

Козловская Л.С., Арчегова И.Б., Ракова Н.Н. Биохимическое воздействие почвенных беспозвоночных на растительные остатки // Болотные биогеоценозы и их изменения в результате антропогенного воздействия. Л.: Наука, 1983. С. 24-26.

Кузнецова А.И., Лукина Н.В., Тихонова Е.В., Горнов А.В., Горнова М.В., Смирнов В.Э., Гераськина А.П., Шевченко Н.Е., Тебенькова Д. Н.,

- Чумаченко С.И. Аккумуляция углерода в песчаных и суглинистых почвах равнинных хвойно-широколиственных лесов в ходе послерубочных восстановительных сукцессий // Почвоведение. 2019. № 7. С. 803-816.
- Лукина Н.В., Тихонова Е.В., Шевченко Н.Е., Горнов А.В., Кузнецова А.И., ... & Шанин В.Н. Аккумуляция углерода в лесных почвах и сукцессионный статус лесов / под ред. член-корр. Н.В. Лукиной. М.: КМК, 2018. 232 с.
- Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов // Распоряжение Минприроды России от 30.06.2017 № 20-р. 108 с.
- Национальный атлас почв Российской Федерации / С.А. Шоба, И.О. Алябина, И.С. Урусевская, О.В. Чернова. Москва: Астрель, 2011. 632 с.
- Перель Т.С. Распространение и закономерности распределения дождевых червей фауны СССР. М.: Наука, 1979. 272 с.
- Стриганова Б.Р. Исследование роли мокриц и дождевых червей в процессах гумификации разлагающейся древесины // Почвоведение. 1968. № 8. С. 85-90.
- Стриганова Б.Р. Питание почвенных сапрофагов. М.: Наука, 1980. 243 с.
- Стриганова Б.Р. Сукцессии животного населения почвы в процессе первичного почвообразования // Ранняя колонизация суши. М.: ПИН РАН. 2012. С. 177-195.
- Стриганова Б.Р., Козловская Л.С., Чернобровкина Н.П., Кудряшева И.В. Пищевая активность дождевых червей и содержание аминокислот в тёмно-серой лесной почве. Почвоведение. 1989. № 5. С. 44-51.
- Шевченко Н.Е., Кузнецова А.И., Тебенькова Д.Н., Смирнов В.Э., Гераськина А.П., Горнов А.В., Тихонова Е.В., Лукина Н.В. Сукцессионная динамика растительности и запасы почвенного углерода в хвойно-широколиственных лесах северо-западного Кавказа // Лесоведение. 2019. № 3. С. 163-176.
- Alban D.H., Berry E.C. Effects of earthworm invasion on morphology, carbon, and nitrogen of a forest soil // Appl. Soil Ecol. 1994. Vol. 1. P. 243-249.
- Andriuzzi W.S., Schmidt O., Brussaard L., Faber J.H., Bolger T. Earthworm functional traits and interspecific interactions affect plant nitrogen acquisition and primary production // Applied Soil Ecology. 2016. Vol. 104. P. 148-156.
- Angst S., Mueller C.W., Cajthaml T., Angst G., Lhotakova Z., Bartuska M., Spaldonova A., Frouz J. Stabilization of soil organic matter by earthworms is connected with physical protection rather than with chemical changes of organic matter // Geoderma. 2017. Vol. 289. P. 29-35.
- Begon M., Harper J.L., Townsend C.R. Ecology: Individuals, Populations and Communities. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1986. 1068 p.
- Bohlen P.J., Pelletier D.M., Groffman P.M., Fahey T.J., Fisk M.C. Influence of earthworm invasion on redistribution and retention of soil carbon and nitrogen in northern temperate forests // Ecosystems. 2004. Vol. 7. P. 13-27.
- Burtelow A.E., Bohlen P.J., Groffman P.M. Influence of exotic earthworm invasion on soil organic matter, microbial biomass and denitrification potential in forest soils of the northeastern United States // Appl. Soil Ecol. 1998. Vol. 9. P. 197-202.
- Curry J.P. Factors affecting the abundance of earthworms in soils. In: Edwards C.A. (Ed.). Earthworm Ecology. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, FL, 1994. P. 91-113.
- Frouz J., Liveckova M., Albrechtova J., Chronakova A., Cajthaml T., ... & Simackova H. Is the effect of trees on soil properties mediated by soil fauna? A case study from post-mining sites // Forest Ecology and Management. 2013. Vol. 309. P. 87-95.
- Gleixner G. Soil organic matter dynamics: a biological perspective derived from the use of compound-specific isotopes studies // Ecological Research. 2013. Vol. 28. No. 5. P. 683-695.
- Hirth J.R., Li G.D., Chan K.Y., Cullis B.R. Long-term effects of lime on earthworm abundance and biomass in an acidic soil on the south-western slopes of New South

- Wales, Australia // *Applied Soil Ecology*. 2009. Vol. 43. P. 106-114.
- Hoeffner K., Monard C., Santonja M., Cluzeau D.* Feeding behaviour of epianecic earthworm species and their impacts on soil microbial communities // *Soil Biology and Biochemistry*. 2018. Vol. 125. P. 1-9.
- Holdsworth A.R., Frelich L.E., Reich P.B.* Leaf litter disappearance in earthworm-invaded northern hardwood forests: role of tree species and the chemistry and diversity of litter // *Ecosystems*. 2012. Vol. 15. No. 6. P. 913-926.
- Huang W., Gonzalez G., Zou X.* Earthworm abundance and functional group diversity regulate plant litter decay and soil organic carbon level: A global meta-analysis // *Applied Soil Ecology*. 2020. Vol. 150. P. 1-15.
- Lavelle P., Martin A.* Small-scale and large-scale effects of endogeic earthworms on soil organic matter dynamics in soils of the humid tropics // *Soil Biology and Biochemistry*. 1992. Vol. 24. No. 12. P. 1491-1498.
- Lavelle P., Pashanasi B., Charpentier F., Gilot C., Rossi J.-P., ... & Bernier N.* Large-scale effects of earthworms on soil organic matter and nutrient dynamics / *Edwards C.A. (Ed.). Earthworm ecology*. St. Lucie Press, 1998. P.103-122.
- Lee K.E.* Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press, 1985. 411 p.
- Makeschin F.* Earthworms (Lumbricidae: Oligochaeta): Important promoters of soil development and soil fertility / *G. Benckiser (Ed.). Fauna in soil ecosystems. Recycling processes, nutrient fluxes and agricultural production*. Florida: CRC Press, 1997. P. 173-223.
- McDaniel J.P., Stromberger M.E., Barbarick K.A., Cranshaw W.* Survival of *Aporrectodea caliginosa* and its effects on nutrient availability in biosolids amended soil // *Applied soil ecology*. 2013. Vol. 71. P. 1-6.
- Mengel K.* Turnover of organic nitrogen in soils and its availability to crops // *Plant and Soil*. 1996. Vol. 181. P. 83-96.
- Moore J.-D., Ouimet R., Bohlen P.J.* Effects of liming on survival and reproduction of two potentially invasive earthworm species in northern forest Podzol // *Soil Biology and Biochemistry*. 2013. Vol. 64. P. 174-180.
- Novara A., Rühl J., La Mantia, T., Gristina L., La Bella, S., Tuttolomondo T.* Litter contribution to soil organic carbon in the processes of agriculture abandon // *Solid Earth*. 2015. Vol. 6. No. 2. P. 425-432.
- Parmelee R.W., Crossley Jr.* Earthworm production and role in the nitrogen cycle of a no-tillage agroecosystem on the Georgia piedmont // *Pedobiologia*. 1988. Vol. 32. P. 353-361.
- Pulleman M.M., Six J., Uyl A., Marinissen J.C.Y., Jongmans A.G.* Earthworms and management affect organic matter incorporation and microaggregate formation in agricultural soils // *Appl. Soil Ecol.* 2005. Vol. 29. P. 1-15.
- Sandor M., Schrader S.* Earthworms affect mineralization of different organic amendments in a microcosm study // *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture*. 2007. Vol. 63. P. 442-447.
- Sariyildiz T.* Effects of tree canopy on litter decomposition rates of *Abies nordmanniana*, *Picea orientalis* and *Pinus sylvestris* // *Scandinavian journal of forest research*. 2008. Vol. 23. No. 4. P. 330-338.
- Sariyildiz T., Küçük M.* Litter mass loss rates in deciduous and coniferous trees in Artvin, northeast Turkey: Relationships with litter quality, microclimate, and soil characteristics // *Turkish journal of Agriculture and Forestry*. 2008. Vol. 32. No. 6. P. 547-559.
- Suarez E.R., Fahey T.J., Yavitt J.B., Groffman P.M., Bohlen P.J.* Patterns of litter disappearance in a northern hardwood forest invaded by exotic earthworms // *Ecological Applications*. 2006. Vol. 16. No. 1. P. 154-165.
- Talashilkar S.C., Bhangarath P.P., Mehta V.B.* Changes in chemical properties during composting of organic residues as influenced by earthworm activity // *Journal*

of the Indian Society of Soil Science. 1999. Vol. 47. P. 50-53.

World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports. IUSS Working Group. Rome: FAO, 2015. 203 p.

REFERENCES

- Abaturon B.D., Pochvoobrazujushhaja rol' zhivotnyh v biosfere (Soil-forming role of animals in the biosphere), *Biosfera i pochvy*, Moscow: Nauka, 1976. pp. 53-69.
- Alban D.H., Berry E.C., Effects of earthworm invasion on morphology, carbon, and nitrogen of a forest soil, *Appl. Soil Ecol.*, 1994, Vol. 1, pp. 243-249.
- Andriuzzi W.S., Schmidt O., Brussaard L., Faber J.H., Bolger T., Earthworm functional traits and interspecific interactions affect plant nitrogen acquisition and primary production, *Applied Soil Ecology*, 2016, Vol. 104, pp. 148-156.
- Angst S., Mueller C.W., Cajthaml T., Angst G., Lhotakova Z., Bartuska M., Spaldonova A., Frouz J., Stabilization of soil organic matter by earthworms is connected with physical protection rather than with chemical changes of organic matter, *Geoderma*, 2017, Vol. 289, pp. 29-35.
- Begon M., Harper J.L., Townsend C.R., *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1986, 1068 p.
- Berezina O.G., Struktura naselenija kollembol (Hexapoda, Collembola) reliktovoogo lipovogo lesa (Gornaja Shorija, Kemerovskaja oblast') (The spatial structure of springtails community (Hexapoda, Collembola) of the southern forest-steppe of Western Siberia), *Evrazijskij jentomologicheskij zhurnal*, 2016, Vol. 15, No 6, pp. 583-590.
- Bitjuckij N.P., Solov'eva A.N., Lukina E.I., Olejnik A.S., Zavgorodnjaja Ju.A., Demin V.V., Byzov B.A., Jekskrety dozhdevykh chervej stimuljator mineralizacii soedinenij azota v pochve (Stimulating Effect of Earthworm Excreta on the Mineralization of Nitrogen Compounds in Soil), *Pochvovedenie*, 2007, No 4, pp. 468-473.
- Bohlen P.J., Pelletier D.M., Groffman P.M., Fahey T.J., Fisk M.C., Influence of earthworm invasion on redistribution and retention of soil carbon and nitrogen in northern temperate forests, *Ecosystems*, 2004, Vol. 7, pp. 13-27.
- Burtelow A.E., Bohlen P.J., Groffman P.M., Influence of exotic earthworm invasion on soil organic matter, microbial biomass and denitrification potential in forest soils of the northeastern United States, *Appl. Soil Ecol.*, 1998, Vol. 9, pp. 197-202.
- Curry J.P., Factors affecting the abundance of earthworms in soils. In: Edwards C.A. (Ed.). *Earthworm Ecology*, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, FL, 1994, pp. 91-113.
- Frouz J., Liveckova M., Albrechtoa J., Chronakova A., Cajthaml T., ... & Simackova H. Is the effect of trees on soil properties mediated by soil fauna? A case study from post-mining sites, *Forest Ecology and Management*, 2013, Vol. 309, pp. 87-95.
- Geras'kina A.P., Preobrazovanija kompleksa dozhdevykh chervej v hode poslerubochnykh sukcescij v lesah Severo-Zapadnogo Kavkaza (Transformations of earthworm communities during post-logging successions in the forests of the Northwest Caucasus), *Forest science issues*, 2018, No 1, pp. 1-14.
- Gilyarov M.S., *Metody pochvenno-zoologicheskikh issledovanij* (Methods of soil and zoological research), Moscow: Nauka, 1975, 304 p.
- Gleixner G., Soil organic matter dynamics: a biological perspective derived from the use of compound-specific isotopes studies, *Ecological Research*, 2013, Vol. 28, No 5, pp. 683-695.
- Goncharov A.A., *Struktura troficheskikh nish v soobshhestvah pochvennykh bespozvonochnykh (mezofauna) lesnykh jekosistem* (The structure of trophic niches in the communities of soil invertebrates (mesofauna) of forest ecosystems. Candidate's biol. sci. thesis), Moscow: IPJeJe, 2014, 177 p.
- Hirth J.R., Li G.D., Chan K.Y., Cullis B.R., Long-term effects of lime on earthworm abundance and biomass in an acidic soil on the south-western slopes of New South

- Wales, Australia, *Applied Soil Ecology*, 2009, Vol. 43, pp. 106-114.
- Hoeffner K., Monard C., Santonja M., Cluzeau D., Feeding behaviour of epianecic earthworm species and their impacts on soil microbial communities, *Soil Biology and Biochemistry*, 2018, Vol. 125, pp. 1-9.
- Holdsworth A.R., Frelich L.E., Reich P.B., Leaf litter disappearance in earthworm-invaded northern hardwood forests: role of tree species and the chemistry and diversity of litter, *Ecosystems*, 2012, Vol. 15, No 6, pp. 913-926.
- Huang W., Gonzalez G., Zou X., Earthworm abundance and functional group diversity regulate plant litter decay and soil organic carbon level: A global meta-analysis, *Applied Soil Ecology*, 2020, Vol. 150, pp. 1-15.
- Klassifikacija i diagnostika pochv Rossii* (Classification and diagnostics of Russian soils), Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. (Compl.), Smolensk: Ojkumena, 2004, 342 p.
- Kozlovskaja L.S., Arhegova I.B., Rakova H.N., Biohimicheskoe vozdejstvie pochvennyh bespozvonochnyh na rastitel'nye ostatki (Biochemical effects of soil invertebrates on plant debris), *Bolotnye biogeocenozy i ih izmenenija v rezul'tate antropogennogo vozdeystvija*, Leningrad: Nauka, 1983, pp. 24-26.
- Kozlovskaja L.S., *Rol' pochvennyh bespozvonochnyh v transformacii organicheskogo veshhestva bolotnyh pochv* (The role of soil invertebrates in the transformation of organic matter of bog soils), Leningrad, 1976, 211 p.
- Kuznecova A.I., Lukina N.V., Tihonova E.V., Gornov A.V., Gornova M.V., Smirnov V.E., Geras'kina A.P., Shevchenko N.E., Teben'kova D.N., Chumachenko S.I., Akkumulyaciya ugleroda v peschanyh i suglinistyh pochvah ravninnyh hvojnoshirokolistvennyh lesov v hode poslerubochnyh vosstanovitel'nyh sukcesij (Carbon stock in sandy and loamy soil of coniferous-deciduous forests at the different stages of successions), *Pochvovedenie*, 2019, No 7, pp. 803-816.
- Lavelle P., Martin A., Small-scale and large-scale effects of endogeic earthworms on soil organic matter dynamics in soils of the humid tropics, *Soil Biology and Biochemistry*, 1992, Vol. 24, No. 12, pp. 1491-1498.
- Lavelle P., Pashanasi B., Charpentier F., Gilot C., Rossi J.-P., ...& Bernier N., Large-scale effects of earthworms on soil organic matter and nutrient dynamics, Edwards C.A. (Ed.), *Earthworm ecology*, St. Lucie Press, 1998, pp.103-122.
- Lee K.E., *Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use*, Academic Press, 1985, 411 p.
- Lukina N.V., Tihonova E.V., Shevchenko N.E., Gornov A.V., Kuznecova A.I., ... & Shanin V.N., *Akkumuljacija ugleroda v lesnyh pochvah i sukcesionnyj status lesov* (Carbon accumulation in forest soils and forest succession status), N.V. Lukina (Ed.), Moscow: KMK, 2018, 232 p.
- Makeschin F., Earthworms (Lumbricidae: Oligochaeta): Important promoters of soil development and soil fertility, G. Benckiser (Ed.), *Fauna in soil ecosystems. Recycling processes, nutrient fluxes and agricultural production*, Florida: CRC Press, 1997, pp. 173-223.
- McDaniel J.P., Stromberger M.E., Barbarick K.A., Cranshaw W., Survival of *Aporrectodea caliginosa* and its effects on nutrient availability in biosolids amended soil, *Applied soil ecology*, 2013, Vol. 71, pp. 1-6.
- Mengel K., Turnover of organic nitrogen in soils and its availability to crops, *Plant and Soil*, 1996, Vol. 181, pp. 83-96.
- Metodicheskie ukazaniya po kolichestvennomu opredeleniju obema pogloshhenija parnikovyh gazov (Guidelines for the quantification of greenhouse gas absorption), *Rasporjazhenie Minprirody Rossii 30.06.2017*, No 20-r, 108 p.
- Moore J.-D., Ouimet R., Bohlen P.J., Effects of liming on survival and reproduction of two potentially invasive earthworm species in northern forest Podzol, *Soil Biology and Biochemistry*, 2013, Vol. 64, pp. 174-180.
- Nacional'nyj atlas pochv Rossijskoj Federacii* (National Atlas of Soils of the Russian

- Federation), Shoba S.A., Aljabina I.O., Urusevskaja I.S., Chernova O.V., Moscow: Astrel', 2011, 632 p.
- Novara A., Rühl J., La Mantia, T., Gristina L., La Bella, S., Tuttolomondo T., Litter contribution to soil organic carbon in the processes of agriculture abandon, *Solid Earth*, 2015, Vol. 6, No 2, pp. 425-432.
- Parmelee R.W., Crossley Jr., Earthworm production and role in the nitrogen cycle of a no-tillage agroecosystem on the Georgia piedmont, *Pedobiologia*, 1988, Vol. 32, pp. 353-361.
- Perel' T.S., *Rasprostranenie i zakonmernosti raspredelenija dozhdevykh chervej fauny SSSR* (Distribution and distribution patterns of earthworms of the fauna of the USSR), Moscow: Nauka, 1979, 272 p.
- Pulleman M.M., Six J., Uyl A., Marinissen J.C.Y., Jongmans A.G., Earthworms and management affect organic matter incorporation and microaggregate formation in agricultural soils, *Appl. Soil Ecol.*, 2005, Vol. 29, pp. 1-15.
- Sandor M., Schrader S., Earthworms affect mineralization of different organic amendments in a microcosm study, *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture*, 2007, Vol. 63, pp. 442-447.
- Sariyildiz T., Effects of tree canopy on litter decomposition rates of *Abies nordmanniana*, *Picea orientalis* and *Pinus sylvestris*, *Scandinavian journal of forest research*, 2008, Vol. 23, No. 4, pp. 330-338.
- Sariyildiz T., Küçük M., Litter mass loss rates in deciduous and coniferous trees in Artvin, northeast Turkey: Relationships with litter quality, microclimate, and soil characteristics, *Turkish journal of Agriculture and Forestry*, 2008, Vol. 32, No. 6, pp. 547-559.
- Shevchenko N.E., Kuznecova A.I., Teben'kova D.N., Smirnov V.E., Geras'kina A.P., Gornov A.V., Tihonova E.V., Lukina N.V., Sukcessionnaya dinamika rastitel'nosti i zapasy pochvennogo ugleroda v hvojno-shirokolistvennykh lesah severo-zapadnogo Kavkaza (The succession dynamics of vegetation and carbon stocks in coniferous-deciduous forests of the north-western Caucasus), *Lesovedenie*, 2019, No 3, pp. 163-176.
- Striganova B.R., Issledovanie roli mokric i dozhdevykh chervej v processah gumifikacii razlagajushhejsja drevesiny (Investigation of the role of woodlice and earthworms in the processes of humification of decaying wood), *Pochvovedenie*, 1968, №. 8, pp. 85-90.
- Striganova B.R., Kozlovskaja L.S., Chernobrovkina N.P., Kudryasheva I.V., Pishhevaja aktivnost' dozhdevykh chervej i sodержanie aminokislot v temnoseroj lesnoj pochve (Alimentative activity of earthworms and content of aminoacids in the dark grey forest soil), *Pochvovedenie*, 1989, No 5, pp. 44-51.
- Striganova B.R., *Pitanie pochvennykh saprofitov* (Nutrition of soil saprophages), Moscow: Nauka, 1980, 243 p.
- Striganova B.R., Sukcessii zhivotnogo naselenija pochvy v processe pervichnogo pochvoobrazovaniya (Successions of the animal population of the soil in the process of primary soil formation), *Rannjaja kolonizacija sushi*, Moscow: PIN RAN, 2012, pp. 177-195.
- Suarez E.R., Fahey T.J., Yavitt J.B., Groffman P.M., Bohlen P.J., Patterns of litter disappearance in a northern hardwood forest invaded by exotic earthworms, *Ecological Applications*, 2006, Vol. 16, No 1, pp. 154-165.
- Talashilkar S.C., Bhangarath P.P., Mehta V.B., Changes in chemical properties during composting of organic residues as influenced by earthworm activity, *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 1999, Vol. 47, pp. 50-53.
- Vsevolodova-Perel' T.S., *Dozhdevye chervi fauny Rossii. Kadastr i opredelitel'* (Earthworms of Russia. Cadastr and key-book.), Moscow: Nauka, 1997, 101 p.
- Vsevolodova-Perel' T.S., Gryuntal' S.Yu., Kudryasheva I.V., Nadtochij S.E., Golovach S.I., Matveeva A.A., Osipov V.V., Karpachevskij L.O., Rastvorova O.G., *Struktura i funkcionirovanie pochvennogo naseleniya dubrav Srednerusskoj lesostepi* (The structure and functioning of the soil population of the

- oak forests of the Central Russian forest-steppe). Moscow: Nauka, 1995, 152 p.
- World Reference Base for Soil Resources, *International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports*, IUSS Working Group. Rome: FAO, 2015, 203 p.
- Zhukov A.V., Dozhdevye chervi kak komponent biogeocenoza i ih rol' v zooindikacii (Earthworms as a component of biogeocenosis and their role in zooindication), *Iruntoznavstvo*, 2004, Vol. 5, No 1-2, pp. 44-57.
- Zhukov A.V., Jekologicheskoe raznoobrazie zhivotnogo naselenija pochv pojmyennyh biogeocenzov reki Samara (Ecological diversity of the animal population in the soils of floodplain biogeocenoses of the Samara River), *Visnik Dnipropetrovs'kogo universitetu. Biologija. Ekologija*, 2000, No 7. pp. 73-79.
- Zhukovskaja E.A., Kodolova O.P., Pravduhina O.Ju., Varne A.Zh., Boloteckij N.M., Issledovanie geneticheskogo raznoobrazija dozhdevogo chervja *Lumbricus rubellus* Hoff. (Oligochaeta, Lumbricidae) (Study of genetic diversity of earthworm *Lumbricus rubellus* Hoff. (Oligochaeta, Lumbricidae), *Izvestija Rossijskoj akademii nauk. Serija biologicheskaja*, 2005. No 5. pp. 625-627.

IMPACT OF EARTHWORMS OF DIFFERENT MORPHO-ECOLOGICAL GROUPS ON CARBON ACCUMULATION IN FOREST SOILS

A.P. Geraskina

*Center for Forest Ecology and Productivity of the Russian Academy of Sciences
Profsoyuznaya st. 84/32 bldg. 14, Moscow, 117997, Russia*

*E-mail: angersgma@gmail.com

Received 25.05.2020

Accepted 24.06.2020

To date, forest ecology has not made any clear conclusions regarding the impact of large invertebrate saprophages such as earthworms on soil carbon dynamics. Some authors state that earthworm activities result in decreased carbon accumulation. Other studies show that earthworms contribute to soil carbon accumulation. At the same time, many studies do not take into account the differences between trophic and digging activity of different morpho-ecological groups of earthworms in different soil horizons. The objective of this study was to carry out differentiated assessment of the impact of different morpho-ecological groups of earthworms on carbon accumulation and correspondent soil parameters (nitrogen content and C/N ratio) during the change in forest succession status. Field operations were performed in the spring and summer of 2016 and 2018 in three regions: Bryansk Oblast (Bryansk Polesie), Moscow Oblast (Moskva–Oka plain, Valuyevsky urban forest) and Northwest Caucasus (Krasnodar Krai, Apsheron forestry; Republic of Adygeya, Caucasian biosphere reserve). In each region, three main stages of coniferous-broad-leaved forest restoration after clear cuttings were identified. Three test plots 50x50 m were allocated for each stage; geobotanical and soil descriptions as well as earthworm calculations were carried out on each plot. It was found out that during the change in forest succession status the species composition and the set of morpho-ecological groups of earthworms became more complicated, but there was no successive replacement of any groups with others. Negative correlation was found between the total biomass of earthworms feeding on the soil surface (epigeic, epi-endogeic and anecic species) and litter store. In the litter horizon, the biomass of epi-endogeic species was negatively correlated with the content of organic carbon and C/N ratio, but positively correlated with the nitrogen content; in the humus horizon, it was positively correlated with the content of organic carbon and nitrogen and negatively correlated with the C/N ratio. Significant negative correlations were revealed between the biomass of endogeic earthworm species and C/N ratio in the humus horizon.

Key words: *forest type, succession status, chronoserries, litter, nitrogen, C/N ratio, invertebrates-saprophages, biomass*

Рецензент: к.б.н., доцент, в.н.с. Зенкова И.В.