

Почвенно-биологические методы в мониторинге процессов олуговения приозерных экосистем Хакасии

М. В. Якутин^{1,2}, В. С. Андриевский¹, Л. Ю. Анопченко²*

¹ Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация

² Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

*e-mail: yakutin@issa-siberia.ru

Аннотация. В статье анализируются результаты исследования микробиологического и зоологического компонентов в почвах приозерных территорий в степной зоне Республики Хакасии. Показано, что трансформация зоо-микробного комплекса чернозема южного в процессе олуговения происходит по пути уменьшения биомассы почвенных микроорганизмов и резкого увеличения общей и удельной метаболической активности этой биомассы. Одновременно в процессе олуговения происходит резкое снижение численности оribатид при практической неизменности видового богатства. При этом видовой состав сообщества оribатид претерпевает коренную трансформацию. Эти изменения зоо-микробного комплекса связаны с изменением уровня увлажненности почвы. Проведенное исследование продемонстрировало, что выявленные особенности изученных биолого-почвенных показателей (микроббиомасса, дыхательная активность биомассы и ее метаболический коэффициент, численность и видовое богатство панцирных клещей) могут быть успешно использованы в практике мониторинга процесса олуговения приозерных территорий, в степной зоне Республики Хакасии.

Ключевые слова: Хакасия, степная зона, чернозем южный, черноземно-луговая почва, биомасса микроорганизмов, дыхательная активность, метаболический коэффициент, панцирные клещи, численность, видовое разнообразие, экологический мониторинг

Soil-biological methods in monitoring the processes of turning the steppe into a meadow near lake ecosystems of Khakassia

M. V. Yakutin^{1,2}, V. S. Andrievskiy¹, L. Yu. Anopchenko²*

¹ Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

² Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

*e-mail: yakutin@issa-siberia.ru

Abstract. The article analyzes the results of the study of microbiological and zoological components in the soils of lake territories in the steppe zone of the Khakassia Republic. It is shown that the transformation of the zoo-microbial complex of the southern chernozem in the process of turning the steppe into a meadow occurs along the way of reducing the biomass of soil microorganisms and a sharp increase in the total and specific metabolic activity of this biomass. At the same time, a sharp decrease in the number of oribatids occurs in the process of turning the steppe into a meadow, with the practical immutability of species richness. At the same time, the composition of the oribatid community is undergoing a radical transformation. These changes in the zoo-microbial complex are associated with changes in the level of soil moisture. The conducted research demonstrated that the identified features of the studied biological and soil indicators (microbiomass, respiration of biomass and metabolic coefficient, the number and species richness of oribatid mites) can be successfully used in the practice of monitoring the process of turning the steppe into a meadow on lake territories in the steppe zone of the Khakassia Republic.

Keywords: Khakassia, steppe zone, southern chernozem, chernozem-meadow soil, microbial biomass, respiratory activity, metabolic coefficient, shell mites, abundance, species diversity, environmental monitoring

Введение

Под олуговением понимается процесс эволюции почв, определяемый воздействием пресных грунтовых вод на нижнюю часть почвенного профиля. При этом общий дренаж оценивается как хороший. Это приводит к увеличению уровня увлажненности почвы без ее заболачивания. В данной работе рассматривается процесс олуговения черноземных степных почв, т.е. эволюция климаксовых зональных почв по пути увеличения общей гидроморфности почвенного профиля с образованием в итоге интразональных луговых почв [1].

Микробиологические и зоологические методы почвенно-экологического мониторинга в последнее время находят все более широкое применение в практике природоохранных мероприятий во всем мире. В отличие от почвенно-физических и почвенно-химических методов анализа биологические методы часто бывают более простыми, не требующими длительного времени и больших трудозатрат. В отличие от ботанических методов экологического мониторинга, микробиологические и зоологические методы могут применяться независимо от стадий вегетации растений, интенсивности выпаса сельскохозяйственных животных, палов и характера использования сельскохозяйственных земель. Проблема заключается в том, что к настоящему времени методы почвенно-микробиологического и почвенно-зоологического мониторинга для значительного числа наземных экосистем разработаны слабо. Еще хуже обстоит дело с разрешением вопроса применимости этих методов в практике экологического мониторинга почвенных систем, находящихся в стадии эволюционного перехода от одного почвообразовательного процесса к другому [2–6].

Цель данного исследования состояла в изучении возможности применения современных почвенно-микробиологических и почвенно-зоологических методов в мониторинге процессов олуговения в приозерных котловинах степной зоны Хакасии.

Методы и материалы

Исследование было проведено в Ширинском районе Республики Хакасия. Район расположен в северной части республики. Геоморфологически район исследования относится к бессточному региону крупных озерных котловин в пределах Абакан-Минусинской котловины, в зональном отношении – к предгорным равнинам северной части степной зоны [7]. На территории Ширинского района находится большое количество крупных и малых озер. В основном они расположены в высокогорном и степном поясах. В степной зоне насчитывается 156 крупных озер с площадью водного зеркала более одного гектара. Все озера различны по происхождению, глубине и степени минерализации. Самое крупное озеро в районе Беле площадью более 7500 га является пульсирующим с периодическими долговременными колебаниями уровня воды [8].

В качестве объектов настоящего исследования были выбраны две экосистемы на катене, спускающейся к озеру Беле от водораздела между озерами Шира и Беле. В верхней части исследованной катены находится полынно-злаковая степь на черноземе южном (Т. 1), а в аккумулятивной части катены – разнотравно-злаковый остепненный луг на лугово-черноземной почве (Т. 2). Экосистемы в сельско-хозяйственном производстве не используются.

Микробиологические показатели изученные в качестве мониторинговых в данном исследовании – биомасса микроорганизмов, дыхательная активность и метаболический коэффициент – являются основными характеристиками почвенного микробиоценоза, как важнейшего агента деструкционных процессов в почве [9]. Для микробиологического анализа почвенные образцы отбирались в августе из верхнего (0–10 см) слоя исследованных почв по общепринятой методике в 4-х кратной повторности. В образцах определялось содержание углерода в биомассе почвенных микроорганизмов (С-биомассы) методом SIR [10]. Также оценивалась дыхательная активность почвы по количеству CO_2 , выделившемуся из почвы, в течение суточной инкубации в темноте в плотно закрытом пенициллиновом флаконе при температуре 22 °С и влажности 60 % от полной влагоемкости [11]. В данном исследовании проводилось вычисление показателя удельной активности микроббиомассы – метаболический коэффициент ($q\text{CO}_2$) – выделение С- CO_2 на единицу С-биомассы в час [12, 13]. Статистическая обработка результатов проводилась методами вариационного и дисперсионного анализов [14, 15].

В качестве почвенно-зоологического объекта исследования в данной работе были выбраны панцирные клещи. Важной особенностью этих мелких животных является то, что они встречаются практически повсеместно, за исключением некоторых экстремальных местообитаний. А в некоторых почвах их численности могут достигать сотен тысяч и даже миллионов экземпляров на квадратный метр. Орибатида являются одной из наиболее важных размерно-функциональных групп почвообитающих животных и относятся к комплексу сапрофагов (питаются разлагающимися органическими остатками и микроорганизмами). Они оказывают активное влияние на рост и метаболическую активность микроорганизмов, а также на видовой состав и структуру микробных сообществ [16].

Образцы почв для анализа населения панцирных клещей отбирались по общепринятой методике в августе из верхнего (0–5 см) слоя почв в десятикратной повторности. Выгонка клещей из почвенных образцов осуществлялась в лабораторных условиях методом термоэктекции Тулльгрена-Берлезе, общепринятым в практике работы с этой группой животных. Извлеченные из почвы клещи помещались в постоянные препараты, в которых определялась их видовая принадлежность под микроскопом. Численности (обилие) клещей рассчитывались по стандартной методике на 1 м², исходя из площади пробоотборника [17, 18].

Результаты и обсуждение

Уровень С-биомассы в черноземе южном был в 2,3 раза выше, чем в лугово-черноземной почве (рис. 1). Т.е. при переходе от автоморфной почвы к полугидроморфной происходит значительное достоверное снижение уровня микроббиомассы.

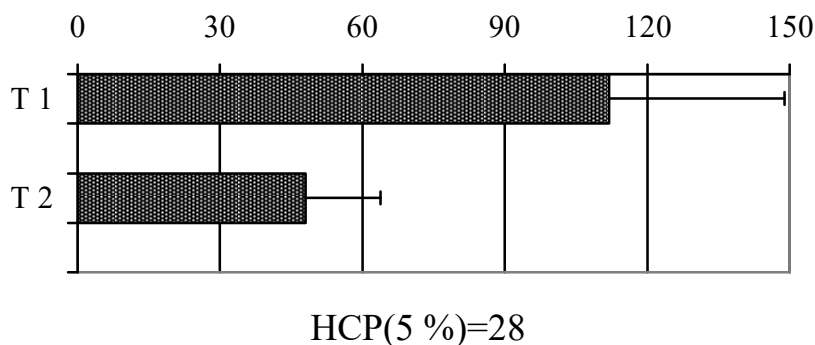


Рис. 1. С-биомассы микроорганизмов (мг С / 100 г почвы) в верхнем (0–10 см) слое исследованных почв

Уровень дыхательной активности в черноземе южном оказался значительно (в 2,2 раза) ниже, чем в лугово-черноземной почве. Также в черноземе южном отмечен минимальный уровень и метаболического коэффициента (0,45 мкг $\text{CO}_2\text{-C}$ / мг С-биомассы в час), что в 5 раз ниже, чем в лугово-черноземной почве (рис. 2, 3). Таким образом, при переходе от автоморфной почвы (Т. 1) к полугидроморфной (Т. 2) происходит снижение биомассы, но резко увеличивается общая метаболическая активность этой микроббиомассы и ее удельная активность.

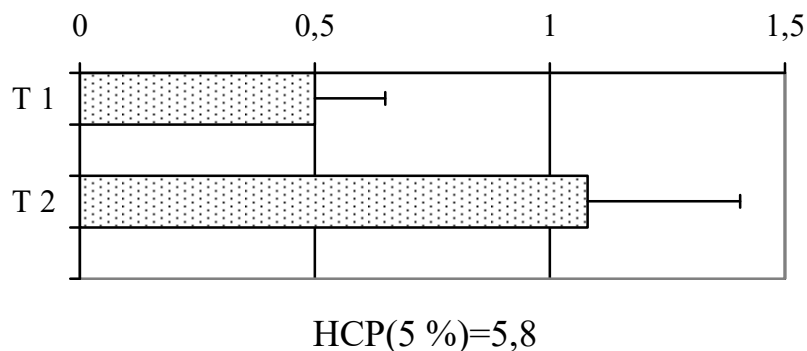


Рис. 2. Дыхательная активность (мкг С- CO_2 / г почвы в час) в верхнем (0–10 см) слое исследованных почв

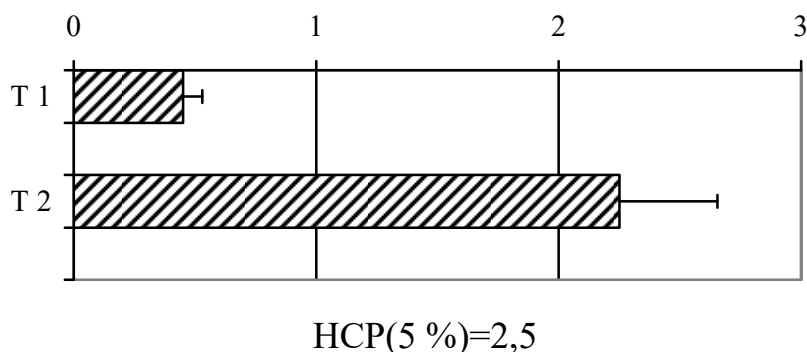


Рис. 3. Метаболический коэффициент ($q\text{CO}_2$) (мкг $\text{CO}_2\text{-C}$ / мг С-биомассы в час) в верхнем (0–10 см) слое исследованных почв

Сравнение количественных параметров сообществ панцирных клещей двух исследованных экосистем показывает, что суммарная численность всех видов в Т. 1 превышает таковую в Т. 2 в 13,3 раза (значения соответственно – 10640 и 800 экз./м²) (рис. 4), а по числу видов рассматриваемые экосистемы примерно равнозначны (8 видов в Т. 1 и 7 видов в Т. 2) (рис. 5).

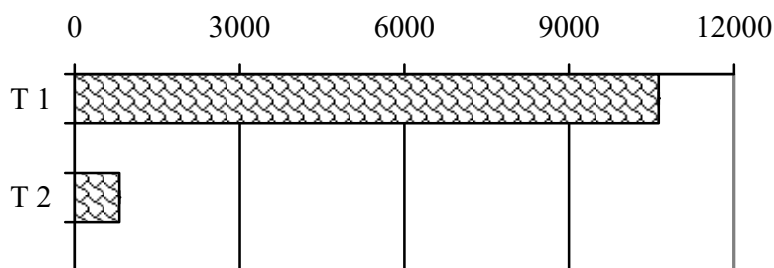


Рис. 4. Общая численность панцирных клещей в исследованных почвах (экз / м²)

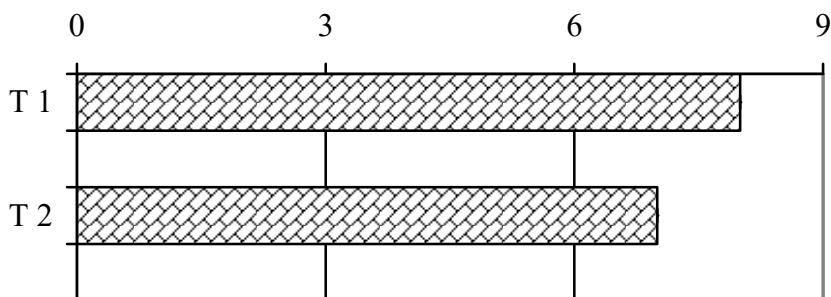


Рис. 5. Число видов панцирных клещей в исследованных почвах

Высокая суммарная численность всех видов в Т. 1 определяется в значительной степени показателем одного вида эудоминанта (*Protoribates capucinus*), составляющим в этой экосистеме 80,45 % численности всего сообщества. Высокая степень доминирования одного вида (или немногих видов) в составе сообществ орибатид является признаком либо нарушения экосистемы, либо неблагоприятных условий среды для выживания этих животных [19]. Сравнение качественных параметров сообществ орибатид показывает, что видовой состав сравниваемых экосистем принципиально отличен. Общих видов лишь два (*Microppia minus* и *Scheloribates pallidulus latipes*). Причём, в Т. 1 оба этих вида зафиксированы в единичных экземплярах, суммарно составляя мизерную долю сообщества (0,76 %). Тогда как в Т. 2 оба эти вида, наоборот, являются одними из доминирующих, составляя, соответственно, 30 и 20 % состава всего сообщества, но на низком уровне показателей абсолютного обилия (соответственно, 240 и 160 экз./м²).

Таким образом, показатели, отражающие количественные параметры сообщества панцирных клещей (численность), как и показатели отражающие каче-

ственные параметры (состав видов и их долей в составе сообщества), демонстрируют принципиальное различие населений орибатид в экосистемах Т. 1 и Т. 2.

Заключение

Таким образом, проведенное исследование дало возможность косвенно оценить важнейшие параметры деструкционного звена биологического круговорота (микробиологический и зоологический компоненты) в степной и луговой почвах приозерных территорий в степной зоне Республики Хакасии. Можно сделать вывод, что трансформация зоо-микробиального комплекса черноземов южных в процессе олуговения происходит по пути резкого снижения биомассы микроорганизмов и резкого увеличения общей и удельной метаболической активности этой биомассы. Зоологический компонент в процессе олуговения почвы трансформируется по пути резкого уменьшения общей численности орибатид и коренной перестройки видового состава сообщества при сохранении видового богатства. Эта трансформация связана с изменением уровня увлажненности почвы, что ведет к коренной смене растительного сообщества и, соответственно, количества и качества растительного вещества, поступающего в распоряжении деструкторов.

Проведенное исследование продемонстрировало, что выявленные особенности изученных биолого-почвенных показателей (биомасса микроорганизмов, дыхательная активность, метаболический коэффициент, численность и видовое богатство панцирных клещей) могут быть успешно использованы в практике мониторинга приозерных экосистем и почв в процессе олуговения в степной зоне Республики Хакасии.

Благодарности

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН. Финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кауричев И. С. Почвоведение. – М.: Колос, 1975. – 496 с.
2. Орлов Д. С., Васильевская В. Д. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 272 с.
3. Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.
4. Евстифеева Т. А., Фабарисова Л. Г. Биологический мониторинг. – Оренбург: Оренбургский гос. ун-т, 2012. – 119 с.
5. Якутин М. В., Андриевский В. С., Анопченко Л. Ю. Использование почвенно-биологических методов в мониторинге экосистем Причановской территории Барабы // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск: СГУГиТ, 2016. Т. 2. – С. 127–131.
6. Якутин М. В., Андриевский В. С., Пучнин А. Н. Почвенно-микробиологические и почвенно-зоологические методы в экологическом мониторинге луговых аласных почв Центральной Якутии // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVI Междунар. науч. конгр. : Национальная науч. конф. с междунар. участием «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия,

- мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 8 т. (Новосибирск, 18 июня – 8 июля 2020 г.). – Новосибирск: СГУГиТ, 2020. Т. 4, № 2. – С. 71–77.
7. Горшенин К. П. Почвы Минусинской впадины. – М.: Изд-во Академии наук, 1954. – 304 с.
 8. Березовский А. Я., Владимиров В. В., Дмитриев В. Е., Лиманский М. Е. Природа Ширинского района. – Абакан: Изд-во Хакасского гос. университета им. Н.Ф. Катанова. – 112 с.
 9. Tate R. L. III Soil organic matter: Biological and ecological aspects. – New York: Wiley, 1987. – 291 p.
 10. Schinner F., Ohlinger R., Kandeler E., Margesin R. Methods in soil biology. – Berlin: Springer-Verlag, 1996. – 420 p.
 11. Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
 12. Anderson T. H., Domsch K. H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state // Biology and Fertility of Soil. – 1985. – V. 1, № 5. – P. 81–89.
 13. Благодатская Е. В., Ананьева Н. Д., Мякшина Т. Н. Характеристика состояния микробного сообщества почв по величине метаболического коэффициента // Почвоведение. – 1995, № 2. – С. 205–210.
 14. Плохинский И. А. Биометрия. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 358 с.
 15. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. – 162 с.
 16. Бызов Б. А. Зоомикробные взаимодействия в почв. – М.: ГЕОС, 2005. – 228 с.
 17. Чернов Ю. И. Биологическое разнообразие: сущность и проблемы // Успехи современной биологии. – 1991. – № 4. – С. 499–509.
 18. Гиляров М. С. Методы почвенно-зоологических исследований. – М.: Наука, 1975. – 206 с.
 19. Кузнецова Н. А. Организация сообществ почвенных ногохвосток. – М.: ГНО «Прометей» МПГУ, 2005. – 245 с.

© М. В. Якутин, В. С. Андриевский, Л. Ю. Анопченко, 2022