

ПОЧВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ПАЛЕВЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Михаил Владимирович Якутин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории биогеоценологии, тел. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa-siberia.ru; Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, профессор кафедры экологии и природопользования

Владислав Семенович Андриевский

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеоценологии, тел. (383)363-90-25, e-mail: andrievskii@issa-siberia.ru

Александр Николаевич Пучнин

Якутская государственная сельскохозяйственная академия, 677007, Россия, г. Якутск, ул. Красильникова, 15, ассистент кафедры природообустройства, тел. (411)235-78-45, e-mail: puchninsasha@rambler.ru

В статье рассматриваются результаты исследования биомассы почвенных микроорганизмов и сообщества панцирных клещей в зональной мерзлотной палевой типичной почве. Делается вывод, что зональные таежные почвы Центральной Якутии характеризуются более низкими значениями микроббиомассы и более высокими значениями удельной метаболической активности этой биомассы, чем почвы таежной зоны Европейской части России. Население панцирных клещей в этих почвах характеризуется большим фаунистическим своеобразием, которое существенно отличается от аналогичных ландшафтов сопредельных регионов. Поведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что почвенно-биологические методы, и в частности методы анализа состояния и особенностей функционирования почвенной микробной биомассы, численности и видового разнообразия сообщества панцирных клещей, могут быть успешно использованы в экологическом мониторинге таежных экосистем Центральной Якутии. Необходимо проведение дополнительных исследований для получения количественных характеристик особенностей изменения изученных параметров в таежных экосистемах, испытывавших на себе различные по силе и характеру антропогенные воздействия.

Ключевые слова: Центральная Якутия, почва, биомасса микроорганизмов, базальное дыхание, метаболический коэффициент, панцирные клещи, численность, видовое разнообразие, экологический мониторинг.

SOIL-BIOLOGICAL METHODS IN ENVIRONMENTAL MONITORING OF PALE YELLOW SOILS OF THE CENTRAL YAKUTIA

Mikhail V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 8/2, Prospect Akademik Lavrentiev St., Novosibirsk, 630090, Russia, D. Sc., Associate Professor, Leading Researcher of Biogeocenology Laboratory, phone: (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa-siberia.ru; Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Professor, Department of Ecology and Environmental Management

Vladislav S. Andrievskiy

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 8/2, Prospect Akademik Lavrentiev St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Senior Researcher, Laboratory of Biogeocenology, phone: (383)363-90-25, e-mail: andrievskii@issa-siberia.ru

Alexander N. Puchnin

Yakutsk State Agricultural Academy, 15, Krasilnikova St., Yakutsk, 677007, Russia, Assistant, Department of Natural Arrangement, phone: (411)235-78-45; e-mail: puchninsasha@rambler.ru

The article deals with the results of the study of soil microbiomass and the community of soil inhabiting oribatid mites in the zonal permafrost pale yellow typical soil. It is concluded that the zonal taiga soils of Central Yakutia are characterized by lower values of microbial biomass and higher values of specific metabolic activity of this biomass than the soil of the taiga zone of the European part of Russia. The population of soil inhabiting oribatid mites in these soils is characterized by a large faunal originality, which is significantly different from similar landscapes of neighboring regions. The conducted research allows drawing a conclusion that soil biological methods, and methods of the analysis of a condition and features of functioning of soil microbiomass, number and species diversity of community of soil inhabiting oribatid mites, can be successfully used for ecological monitoring of taiga ecosystems of the Central Yakutia. It is necessary to conduct additional studies to obtain quantitative characteristics of the features of changes in the studied parameters in the taiga ecosystems that experienced different in strength and nature of anthropogenic impacts.

Key words: Central Yakutia, soil, microbial biomass, basal respiration, metabolic coefficient, soil inhabiting oribatid mites, abundance, species diversity, environmental monitoring.

Введение

Поиск простых и надежных методов экологического мониторинга различных экосистем и почв является одной из важнейших проблем современной экологической науки. В настоящее время для диагностики и мониторинга состояния почв предложено применение различных методов биоиндикации [1]. Наиболее широко для этих целей повсеместно используются растительные индикаторы, которые являются хорошими показателями состояния экосистемы в целом и отдельных ее компонентов [2, 3]. Но использование растительных индикаторов при оценке влияния некоторых различных по силе и характеру антропогенных воздействий на экосистемы не всегда возможно. В ряде случаев оправданным является использование в качестве мониторинговых микробиологических и зоологических параметров состояния биогеоценоза. К сожалению, методы экологического мониторинга с использованием этих параметров для ряда экосистем разработаны совершенно недостаточно [1].

Одним из регионов, почвенно-биологические исследования в которых носят фрагментарный характер, является таежная зона Республики Саха (Якутия). Вся территория Якутии, за исключением юго-западной части, расположена в зоне сплошной вечной мерзлоты, мощность которой колеблется от нескольких десятков до 400–600 метров и более. Повсеместное распространение мерзлых пород способствует деформации почвогрунтов, а частичная деградация ле-

дового комплекса приводит к широкому распространению таких форм рельефа, как аласные котловины [4, 5].

Ледовый комплекс Якутии сформировался как результат сурового и влажного климата плейстоцена и сохраняется благодаря современным экстраконтинентальным климатическим условиям. В верхнем плейстоцене и голоцене вследствие колебаний климата произошла частичная деградация ледового комплекса, связанная с его протаиванием и образованием отдельных термокарстовых котловин. В современных условиях вследствие аридизации климата Центральной Якутии развитие природного термокарста сильно замедлено. Но, в общем, аласный рельеф можно считать промежуточным типом рельефа, этапом превращения равнины, сложенной ледовым комплексом, в ландшафт с незначительным содержанием ледового комплекса [5]. Разрушение ледового комплекса в условиях аридного климата закономерно приведет к замене таежных экосистем экосистемами холодных степей.

Современный климат Якутии характеризуется резкой континентальностью, большими колебаниями температур и относительно небольшим количеством осадков. Основным фактором, определяющим состояние атмосферы, является мощный и устойчивый зимний сибирский антициклон. По сравнению с районами, лежащими на той же широте в Европейской части России и в Западной Сибири, запасы солнечной энергии в Якутии оказываются больше, что связано с соответствующими циркуляционными условиями, определяющими значительную повторяемость антициклональных погод с высокой прозрачностью атмосферы [6, 7].

Цель настоящего исследования состояла в изучении возможности применения современных микробиологических и зоологических методов для целей мониторинга палевых мерзлотных почв Центральной Якутии.

Методы и материалы

Исследование было проведено междуречье рек Лены и Вилюя в Горном районе Республики Саха (Якутия) (рис. 1). В качестве объекта исследования была выбрана зональная мерзлотная палевая типичная почва под березово-лиственничным лесом.

Образцы отбирались в августе из генетических горизонтов всех исследованных почв. Для анализа микробиологических характеристик образцы отбирались в четырехкратной повторности по общепринятой методике [8]. В образцах определялось содержание углерода в биомассе почвенных микроорганизмов (С-биомассы) методом СИД [8]. Базальное дыхание оценивалось по количеству CO_2 , выделившемуся из почвы, инкубированной 24 часа в темноте в плотно закрытом пенициллиновом флаконе при температуре 22°C и влажности 60% от полной влагоемкости. Также в данной работе вычислялся показатель удельной активности микроббиомассы – метаболический коэффициент ($q\text{CO}_2$) – выделение С- CO_2 на единицу С-биомассы в час [9, 10]. Статистическая обработка результатов проводилась методом вариационного анализа [11, 12].



Рис. 1. Республика Саха (Якутия)

Т – место проведения исследования

Образцы почв для анализа населения орибатид отбирались по общепринятой методике в августе из верхнего (0–5 см) слоя почв в 10-кратной повторности. Выгонка клещей из почвы осуществлялась общепринятым методом термоэкции Тулльгрена-Берлезе. Извлеченные из почвы клещи помещались в постоянные препараты, в которых под микроскопом определялась их видовая принадлежность. Численности (обилие) клещей рассчитывались по стандартной методике на 1 м², исходя из площади пробоотборника [13, 14].

Результаты и обсуждение

Характерной особенностью исследованной мерзлотной почвы является сосредоточение основной части запасов биомассы микроорганизмов в верхнем горизонте и резкое уменьшение запасов С-биомассы вниз по профилю. Аналогичная закономерность выявлена и для профильного распределения показателя базального дыхания (рис. 2, а, б).

Для зональной мерзлотной палевой типичной почвы характерны относительно низкие значения биомассы микроорганизмов в верхнем (0-10 см) слое (25 мг С-биомассы / 100 г почвы) при относительно высоком уровне базального дыхания (1,1 мкг СО₂-С/ г почвы в час) и высокая удельная активность биомассы (4,2 мкг СО₂-С/ мг С-биомассы в час) (рис. 2, в).

В целом, мерзлотные почвы Центральной Якутии характеризуются более низкими значениями микроббиомассы и более высокими значениями удельной активности этой биомассы, чем аналогичные почвы Русской равнины [15]. Высокие значения метаболического коэффициента могут свидетельствовать

о высокой напряженности микробиологических процессов в мерзлотных почвах Центральной Якутии, что хорошо объясняется коротким вегетационным сезоном и низкими среднегодовыми температурами [7].

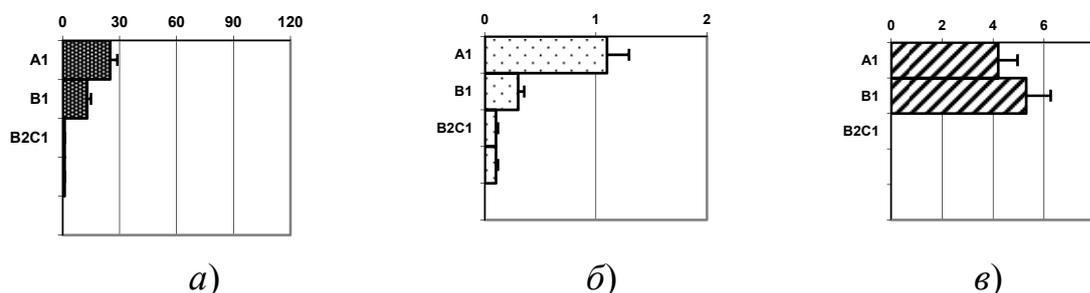


Рис. 2. Профильное распределение показателей С-биомассы (мг С/ 100 г почвы) (а), базального дыхания (мкг СО₂-С/ г почвы в час) (б) и метаболического коэффициента (qCO₂) (мкг СО₂-С/ мг С биомассы в час) (в) в исследованной мерзлотной палевой типичной почве

В результате проведения анализа мерзлотной палевой почвы было обнаружено 17 видов панцирных клещей с суммарной средней численностью 5375 экз./м² (таблица).

Количественное распределение панцирных клещей
в исследованной мерзлотной палевой типичной почве (экз./м²)

№ п/п	Виды	Средняя численность
1	Tectocepheus alatus	2978
2	Oppiella nova	711
3	Moritzoppia jamalica	400
4	Quadroppia quadricarinata	222
5	Scheloribates laevigatus	178
6	Protoremaeus mongolicus	178
7	Eueremaes silvestris	133
8	Moritzoppia microdentata	89
9	Trichoribates sp.	89
10	Micropia minus	89
11	Peloptulus phaenotus	44
12	Palaeacarus kamenskii	44
13	Protoribates capucinus	44
14	Liochthonius perpusillus	44
15	Trhypochthonius tectorum	44
16	Lepidozetes sp.	44
17	Liochthonius sp.	44
Суммарная средняя численность		5375

Специальных исследований по панцирным клещам в Центральной Якутии не проводилось [16], и каких-либо данных по их населению в почвах этой ландшафтной подзоне тайги в литературе нет. Поэтому данная работа – первая попытка получить такие данные. Сравнить их можно только с результатами исследований по орибатидам в аналогичных биомах географически сопредельных территорий: Магаданской области, Хабаровского края и Эвенкии. В данном исследовании в экосистеме лиственничной тайги Якутии обнаружено 17 видов панцирных клещей. В лиственничной тайге соседней Эвенкии зафиксировано от 1 до 13 видов в зависимости от конкретного местообитания [17], в Магаданской области (в целом) – 22 вида [18], а в наиболее подробно исследованных лиственничниках Хабаровского края – до 50–70 видов [19].

Суммарная средняя численность в нашем материале из лиственничной тайги Якутии составила 5375 экз./м². В аналогичном биоме Эвенкии она составляла от 500 до 4600 экз./м² в разных местообитаниях [17], по Магаданской области такие данные отсутствуют, а в подробно исследованных лиственничниках Хабаровского края численности колеблются от 24000 до 50000 экз./м² в зависимости от конкретного местообитания [19]. Таким образом, количественные параметры сообщества орибатид (видовое богатство и численности) лиственничной таежной экосистемы Якутии находятся в пределах величин, свойственным аналогичным экосистемам сопредельных регионов, но ближе к нижней их границе.

Предварительный анализ видового состава орибатид лиственничной экосистемы Якутии показывает, что 17 зафиксированных видов относятся к 15 родам из 12 семейств, при этом 11 семейств представлены только одним родом каждое, а одно, самое разнообразное, тремя родами с четырьмя видами. Это семейство Oppiidae, которое представлено большим числом видов также в соседних Магаданской области и Хабаровском крае [18]. По другим семействам орибатид фауна Якутской лиственничной тайги отличается от сопредельных территорий значительно. Так, из двенадцати наиболее крупных семейств Дальнего Востока [18] в лиственничной тайге Якутии обнаружены виды только четырех из них. Видовой состав исследованной таежной экосистемы лиственничника Якутии весьма своеобразен. Наиболее многочисленным оказался вид *Tectocephus alatus*, который в сопредельных регионах не зафиксирован, хотя в лиственничниках Дальнего Востока отмечен как доминантный вид таксономически близкий к нему *Tectocephus velatus* [19]. Из других видов Якутской лиственничной тайги в сопредельных территориях Дальнего Востока также многочисленным является *Oppiella nova*. Этим сходство фаун орибатид Якутии и аналогичных сопредельных областей исчерпывается. Из других обнаруженных в Якутском лиственничнике видов ни один не отмечен в публикациях по аналогичным экосистемам Дальнего Востока [18–20]. Это свидетельствует о большом фаунистическом своеобразии населения панцирных клещей лесов средней тайги Якутии, существенно отличающим его от аналогичных ландшафтов сопредельных регионов. Их орибатидное население само по себе признается крайне своеобразным и слабо изученным (особенно в Магаданской области). Об этом свидетель-

ствуют как низкое видовое разнообразие, так и большое количество описаний новых видов из региона Дальнего Востока [18].

Заключение

Таким образом, проведенное исследование позволило выявить особенности состояния и функционирования биомассы микроорганизмов и сообщества панцирных клещей в мерзлотных палевых типичных почвах Центральной Якутии. Эти две группы почвенных организмов являются важнейшими компонентами деструкционного блока в подземном ярусе наземных экосистем, и показатели их состояния могут выступать важнейшими индикаторами состояния экосистемы в целом. Панцирные клещи – активные участники процесса разложения органического вещества в почве, но не как непосредственные разлагатели (у них не обнаружено ряда ферментов для химического разложения тканей растений), а как регуляторы активности микроорганизмов, в основном, грибов [21–24].

В целом, мерзлотные почвы Центральной Якутии характеризуются более низкими значениями микроббиомассы и более высокими значениями удельной метаболической активности этой биомассы, чем почвы таежной зоны Европейской части России. Высокие значения метаболического коэффициента могут свидетельствовать о высокой напряженности микробиологических процессов в мерзлотных почвах Центральной Якутии. Население панцирных клещей в мерзлотных палевых типичных почвах Центральной Якутии характеризуется большим фаунистическим своеобразием, которое существенно отличается от аналогичных ландшафтов сопредельных регионов.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что почвенно-биологические методы и, в частности, показатели состояния и особенностей функционирования микроббиомассы и анализ таксоцена панцирных клещей, могут быть успешно использованы в экологическом мониторинге таежных почв Центральной Якутии. Сообщество панцирных клещей Якутии в силу отмеченной высокой специфичности и практической неизученности, нуждается в дальнейших исследованиях.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.
2. Дончева А. В., Казаков Л. К., Калущков В. Н. Ландшафтная индикация загрязнения природной среды. – М.: Экология, 1992. – 254 с.
3. Заиканов В. Г., Минакова Т. Б. Геоэкологическая оценка территорий. – М.: Наука, 2005. – 319 с.
4. Еловская Л. Г. Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии. – Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1987. – 172 с.

5. Десяткин Р. В. Почвы аласов Лено-Амгинского междуречья. – Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1984. – 168 с.
6. Конищев В. Н. Современные тенденции развития криолитозоны / Современные глобальные изменения природной среды. В 2-х томах. Т. 1. – М.: Научный мир, 2006. – 696 с.
7. Влияние климата на мерзлотные ландшафты Центральной Якутии. – Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО РАН – ассоциированный член изд-ва СО РАН, 1996. – 152 с.
8. Методы почвенной микробиологии и биохимии: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1991 – 304 с.
9. Благодатская Е. В., Ананьева Н. Д., Мякшина Т. Н. Характеристика состояния микробного сообщества почв по величине метаболического коэффициента // Почвоведение. – 1995. – № 2. – С. 205–210.
10. Anderson T. H., Domsch K. H. Determination of ecolophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state // Biology and Fertility of Soil. – 1985. – V. 1 – № 5. – P. 81–89.
11. Плохинский И. А. Биометрия. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 358 с.
12. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. – 162 с.
13. Чернов Ю. И. Биологическое разнообразие: сущность и проблемы // Успехи современной биологии. – 1991. – № 4. – С. 499–509.
14. Гиляров М. С. Методы почвенно-зоологических исследований. – М.: Наука, 1975. – 206 с.
15. Ананьева Н. Д., Благодатская Е. В., Демкина Т. С. Пространственное и временное варьирование микробного метаболического коэффициента в почвах // Почвоведение. – 2002. – № 10. – С. 1233–1241.
16. Криволицкий Д. А. Панцирные клещи как индикатор почвенных условий // Итоги науки и техники. – 1978. – Серия Зоология беспозвоночных. – Т. 5. – С. 70–134.
17. Пузаченко Ю. Г., Криволицкий А. Д. Зоогеографические заметки о панцирных клещах севера Эвенкии // Вестник Московского университета. – 1968. – Серия 5. География. – № 2. – С. 99–102.
18. Рябинин Н. А. Биологическое разнообразие панцирных клещей (Oribatida) Дальнего Востока России // Амурский зоологический журнал. – 2011. – Т. 3(1). – С. 11–15.
19. Рябинин Н. А. Особенности распределения панцирных клещей в почвах Дальнего Востока России // Вестник ДВО РАН. – 2009. – № 3. – С. 54–60.
20. Рябинин Н. А. Новые и малоизвестные виды панцирных клещей из Хабаровского края и Амурской области // Зоологический журнал. – 1975. – Т. 54, Вып. 4. – С. 533–542.
21. Стриганова Б. Р., Порядина Н. М. Животное население почв бореальных лесов Западно-Сибирской равнины. – М.: КМК, 2005. – 232 с.
22. Siepel H., de Ruiter-Dukman E. M. Feeding guilds of oribatid mites based on their carbohydrase activities // Soil Biology and Biochemistry. – 1993. – Vol. 25. – № 11. – P. 1491–1497.
23. Бызов Б. А. Зоомикробные взаимодействия в почве. – М.: ГЕОС, 2005. – 212 с.
24. Криволицкий Д. А., Лебрен Ф., Кунст М. и др. Панцирные клещи: морфология, развитие, филогения, экология, методы исследования, характеристика модельного вида *Notrus palustris* C. L.Koch, 1839. – М.: Наука, 1995. – 224 с.

© М. В. Якутин, В. С. Андриевский, А. Н. Пучнин, 2019