

## **ДИНАМИКА ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ В МОНИТОРИНГЕ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ КАНСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ**

### ***Дарья Сергеевна Калашикова***

Новосибирский государственный медицинский университет, 630091, Красный проспект, 52, студент кафедры медицинской генетики и биологии, тел. (383)226-55-10, e-mail: elena\_kles@mail.ru

### ***Елена Петровна Клещева***

Новосибирский государственный медицинский университет, 630091, Красный проспект, 52, старший преподаватель кафедры медицинской генетики и биологии, тел. (383)226-55-10, e-mail: elena\_kles@mail.ru

### ***Виктория Михайловна Логинова***

Новосибирский государственный медицинский университет, 630091, Красный проспект, 52, кандидат биологических наук, доцент кафедры медицинской генетики и биологии, тел. (383)226-55-10, e-mail: loginovavica@mail.ru

### ***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 биогеоэкологии, тел. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa-siberia.ru; Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, профессор кафедры экологии и природопользования

### ***Леонид Алексеевич Логинов***

Новосибирский государственный медицинский университет, 630091, Красный проспект, 52, студент кафедры медицинской генетики и биологии, тел. (383)226-55-10, e-mail: loginovavica@mail.ru

Проведенное исследование позволило установить, что население педобионтов изученных биотопов включает в себя представителей двух типов (Annelida, Arthropoda), относящихся к четырем классам (Oligochaeta, Chilopoda, Insecta, Arachnida) и 16 семействам. Фауна каждого участка представлена 9 семействами. Степень сложности группировок обусловлена гетерогенностью стадий. Биоценологическое сходство сравниваемых местообитаний невелико (0,006–0,168), что определяется численностью животных одних и тех же таксономических групп в разных местообитаниях. Комплекс доминантов варьирует в зависимости от сезона и биотопа. Структура педокомплексов изменяется на протяжении сезона: она более разнообразна в середине лета и снижается осенью. Численность и разнообразие комплекса почвенных обитателей зависят от сезона ( $F=3,62$ ,  $P=0,033$ ), биотопа ( $F=4,03$ ,  $P=0,011$ ) и гидротермического режима местообитания. Результаты, полученные в ходе выполненной работы, могут служить основой для разработки принципов рационального природопользования и охраны окружающей среды.

**Ключевые слова:** лесостепь, лесные экосистемы, серые лесные почвы, мезофауна, мониторинг.

## **DYNAMICS OF SOIL MESOFAUNA IN THE MONITORING OF FOREST ECOSYSTEMS IN THE KANSK FOREST-STEPPE**

### ***Darjya S. Kalashnikova***

Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny prospect, Novosibirsk, Russia, 630091, Student, Department of Medical Genetics and Biology, phone:(383)226-55-10, e-mail: martynov010298@mail.ru

### ***Elena P. Kleshcheva***

Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny prospect, Novosibirsk, Russia, 630091, Senior Lecturer, Department of Medical Genetics and Biology, phone:(383)226-55-10, e-mail: elena\_kles@mail.ru

### ***Victoria M. Loginova***

Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny prospect, Novosibirsk, Russia, 630091, Ph. D., Associate Professor Department of Medical Genetics and Biology, phone:(383)226-55-10, e-mail: loginovavica@mail.ru

### ***Mikhail V. Yakutin***

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 8/2, Akademician Lavrentiev Avenue, Novosibirsk, Russia, 630090, 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, Russia, 630108, Professor, Department of Ecology and Environmental Management

### ***Leonid A. Loginov***

Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny prospect, Novosibirsk, Russia, 630091, Student Department of Medical Genetics and Biology, phone:(383)226-55-10, e-mail: loginovavica@mail.ru

The study revealed that the population of pedobionts of the studied biotopes includes representatives of two types (Annelida, Arthropoda), belonging to four classes (Oligochaeta, Chilopoda, Insecta, Arachnida) and 16 families. The fauna of each site is represented by 9 families. The degree of complexity of groupings is due to the heterogeneity of stations. The biocenological similarity of the compared habitats is small (0.006–0.168), which is determined by the number of animals of the same taxonomic groups in different habitats. The dominant complex varies depending on the season and the biotope. The structure of pedocomplexes changes throughout the season: it is more diverse in mid-summer and decreases in autumn. The number and diversity of the complex of soil inhabitants depends on the season ( $F=3,62$ ,  $P=0,033$ ), the biotope ( $F= 4,03$ ,  $P=0,011$ ) and the hydrothermal habitat regime. The results obtained in the course of the work can be a basis for the development of principles of rational nature management and environmental protection.

**Key words:** forest-steppe, forest ecosystems, gray forest soils, mesofauna, monitoring.

### ***Введение***

Животное население является важным компонентом почвенных сообществ. Это ресурс, определяющий направление почвообразовательного процесса, физические и химические свойства почв, темпы круговорота веществ, уровень почвенного плодородия [1]. Деятельность педобионтов ускоряет гумификацию и минерализацию растительных остатков, изменяет реакцию почвы, повышает ее пористость, водо- и воздухопроницаемость. Почвенные животные углубляют

гумусовый горизонт, перемещая частички детрита в нижележащие почвенные горизонты, перемешивают слои почв, создают водопрочную структуру почвы. Благодаря высокому экологическому и видовому разнообразию, тесной связи с почвой, низкой миграционной активности, высокой чувствительности и достаточно быстрой реакции на изменение параметров среды, почвенные беспозвоночные являются важным информативным индикатором, характеризующим изменения окружающей среды и динамику экосистем [2].

Приуроченность почвенных беспозвоночных к конкретному биотопу делает их такими же важными индикаторами биотопических условий обследуемого участка, как и растительный покров. Диагностическая ценность животного компонента почвы в том, что он представляет собой самый чувствительный к внешним раздражителям почвенный механизм, обладающий быстрой и яркой показателем ответных реакций [3].

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью изучения особенностей пространственного распределения почвенных беспозвоночных в различных лесных экосистемах. Анализ экологических факторов, определяющих изменение структуры почвенной биоты, позволяет понять особенности формирования сообществ беспозвоночных в разных типах древостоев. Данные о структурно-функциональной организации мезоэдафона могут быть использованы для мониторинга экологического состояния лесных экосистем и диагностики процессов, вызванных воздействием экзогенных факторов разного типа.

### ***Методы и материалы***

В качестве объекта исследования были выбраны крупные почвообитающие беспозвоночные животные (мезофауна). Сбор материала был проведен троекратно: в мае (18.05–20.05), июне (15.06–17.06) и сентябре (12.09–19.09) в окрестностях Сибирского федерального университета (г. Красноярск) на серии площадок, заложенных в следующих биотопах: сосняк, смешанный древостой, березняк крупнотравный, березняк мелкотравный. Почва во всех исследованных лесных экосистемах серая лесная. Описание биотопов выполнено по общепринятой методике изучения типов леса.

Сосняк мертвопокровный характеризовался составом древостоя 10С, сомкнутостью 0,5. В травяно-кустарничковом ярусе (проективное покрытие 4,5 % – весенний период, 15 % – летний, 9,8 % – осенний) преобладают подорожник большой (*Plantago media*), подорожник степной (*Plantago urvillei*), клевер луговой (*Trifolium pratense*), клевер ползучий (*Trifolium repens*).

Характеристики смешанного мелкотравного леса – состав древостоя 5С5Б, сомкнутость 0,6. В травяно-кустарничковом ярусе (проективное покрытие 20,8 % – весенний период, 27,5 % – летний, 15 % - осенний) преобладают клевер ползучий (*Trifolium repens*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), медунца мягчайшая (*Pulmonaria mollis*), лапчатка многонадрезная (*Potentilla multiflora*).

Березняк крупнотравный характеризовался составом древостоя 10Б+С, сомкнутостью 0,4. В травяно-кустарничковом ярусе (проективное покрытие 18,3 % – весенний период, 41,7 % – летний, 15 % – осенний) преобладают лютик едкий (*Ranunculus acris*), кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis*), дудник лесной (*Angelica sylvestris*), василисник малый (*Thalictrum minus*), горошек однодольный (*Vicia unijuga*), ландыш Кейске (*Convallaria keiskei*).

Характеристики березняка мелкотравного – состав древостоя 10Б, сомкнутость 0,1. В травяно-кустарничковом ярусе (проективное покрытие 39,2 % – весенний период, 31,7 % – летний, 18,3 % – осенний) преобладают горошек приятный (*Vicia amoena*), репяшок волосистый (*Agrimonia pilosa*), костяника каменистая (*Rubus saxatilis*).

На каждом участке было заложено по 6 пробных площадок размером 25x25 см, общее количество площадок 72. На каждой площадке линейкой измерена мощность подстилки. Подстилка и слой почвы 0–7 см были собраны в пакеты. На каждой площадке измерена температура почвы, взяты почвенные образцы в шестикратной повторности в каждом биотопе для определения гигроскопической влаги.

В лабораторных условиях из подстилки извлекались беспозвоночные животные и фиксировались в 70 % спирте. Позже было проведено определение извлеченных животных до семейств, а подстилка отсортирована на фракции (листья, трава, хвоя, древесные остатки) с помощью колонки почвенных сит. Фракции высушены до воздушно-сухого состояния и взвешены.

Для характеристики структуры населения почвенной мезофауны обследованных биотопов был использован ряд коэффициентов: попарный коэффициент фаунистического сходства Жаккара, коэффициент общности удельного обилия [4]. Коэффициент биоценологического сходства Вайнштейна. В качестве меры биоразнообразия использовался индекс видового богатства Маргалефа. Статистическая обработка полученных результатов проводилась методами корреляционного и дисперсионного анализов [5]. Статистическая обработка данных и построение графиков проведена в программе «Microsoft Office Excel 2007».

### ***Результаты и обсуждение***

Мезофауну почв исследуемого района формируют представители двух типов: кольчатые черви (*Annelida*) и членистоногие (*Arthropoda*). Членистоногие доминируют (около 70 %) в почве большинства биотопов в летний период, тогда как весной и осенью – свыше 75 % населения приходится на кольчатых червей. Педобионты относятся к четырем классам: *Oligochaeta*, *Chilopoda*, *Insecta*, *Arachnida* и 16 семействам. В каждом местообитании складываются специфические комплексы почвенных животных. Наиболее разнородная педофауна формируется в березняках мелкотравном и крупнотравном (в мае по 9 семейств, июне – 8 и 7, сентябре – 5 и 6, соответственно). Наименее разнообразен комплекс почвенных обитателей сосняка мелкотравного (4 семейства в мае, 7 – в июне и 2 – в сентябре). Выявленные личинки и имаго насекомых принадлежат 11 семей-

ствам пяти отрядов (Coleoptera – жесткокрылые, Diptera – двукрылые, Hemiptera – полужесткокрылые, Hymenoptera – перепончатокрылые, Lepidoptera – чешуекрылые). Комплекс жесткокрылых насекомых представлен четырьмя семействами в почвах березняка крупнотравного, смешанного древостоя и сосняка, шестью семействами – в почве березняка мелкотравного. Активными компонентами мезофауны являются личинки Elateridae, связанные с корнями травянистой растительности. В сборах отсутствуют личинки многих семейств двукрылых насекомых, что обусловлено ранним завершением личиночной стадии и вылетом имаго. Высокому разнообразию беспозвоночных в березняках и смешанном древостое способствуют достаточно полно выраженные ярусы растительности и почвенного профиля, в котором на протяжении всего сезона поддерживается благоприятный режим влажности. Структура педокомплексов изменяется на протяжении сезона: она более разнообразна в середине лета и снижается осенью. Наибольшее обилие дождевых червей и энхитреид наблюдается весной и осенью, что связано как с гидротермическим режимом почвы, так и состоянием опада, прошедшего ферментативную обработку другими организмами (таблица).

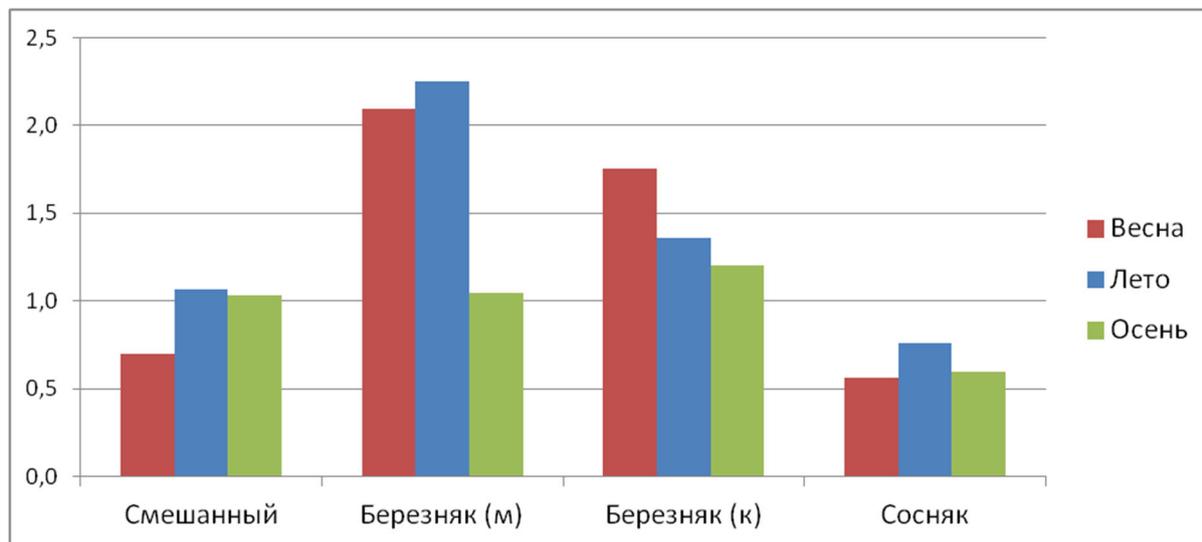
Обилие педобионтов в изученных биотопах, экз./м<sup>2</sup>

Экосистема	Смешанный лес			Березняк мелкотравный			Березняк крупнотравный			Сосняк мертвопокровный		
	V	VI	IX	V	VI	IX	V	VI	IX	V	VI	IX
Insecta	18,7	16,0	8,0	26,7	48,0	8,0	53,3	21,3	16,0	–	21,3	2,7
Arachnida	–	–	13,3	2,7	5,3	18,7	10,7	8,0	8,0	2,7	5,3	2,7
Oligochaeta	290,7	2,7	312,0	10,7	–	16,0	24,0	10,7	34,7	192,0	–	–
Chilopoda	2,7	–	2,7	5,3	2,7	2,7	8,0	–	5,3	16,0	5,3	–
Итого	312,1	18,7	336,0	45,4	56,0	45,4	96,0	40,0	64,0	210,7	31,9	5,4

Изучение распределения почвенной мезофауны в серии биотопов показало, что структура сообществ беспозвоночных, имеет свои особенности. В мае в смешанном древостое и сосняке доминируют олигохеты. В июньских сборах во всех пробах равномерно распределены пауки и доминируют насекомые. Осенью наиболее разнообразен комплекс почвенных обитателей в смешанном древостое, доминируют олигохеты, представленные многочисленными энхитреидами. Анализ таксономического разнообразия населения мезофауны с помощью индекса видового богатства Маргалефа свидетельствует, что в мае и июне более разнообразно сообщество березняка мелкотравного, в сентябре – березняка крупнотравного. Минимальное разнообразие почвенных беспозвоночных животных на протяжении всех сезонов наблюдается в сообществе сосняка (рисунок).

Индексы общности таксономического сходства состава мезобиобия (коэффициент Жаккара) свидетельствуют о своеобразии сообществ рассматриваемых биотопов. Коэффициент не превышает 0,64. Существенно отличается мезофауна сосняка от лиственных древостоев. Общая численность педобионтов, как показывает двухфакторный дисперсионный анализ, находится в зависимости от се-

зона ( $F=3,62$ ,  $P=0,033$ ) и биотопа ( $F= 4,03$ ,  $P=0,011$ ). Индексы общности количественного сходства мезобиоты (индекс удельного обилия) отражают структуру сообществ и свидетельствуют об умеренном и даже слабом сходстве сравниваемых местообитаний. Коэффициент биоценологического сходства Б. А. Вайнштейна [6], учитывающий сходство фаунистическое и удельное обилие, выше в июньские учеты, что связано с большим сходством фаун в этот период по численности и видовому составу.



Индекс видового богатства Маргалефа  
(Березняки: м – мелкотравный, к – крупнотравный)

### Заключение

Таким образом, проведенное исследование позволило установить, что население педобионтов изученных биотопов включает в себя представителей двух типов (Annelida, Arthropoda), относящихся к четырем классам (Oligochaeta, Chilopoda, Insecta, Arachnida) и 16 семействам. Фауна каждого участка представлена 9 семействами. Степень сложности группировок обусловлена гетерогенностью станций. Биоценологическое сходство сравниваемых местообитаний невелико (0,006–0,168), что определяется численностью животных одних и тех же таксономических групп в разных местообитаниях. Комплекс доминантов варьирует в зависимости от сезона и биотопа. В почвах смешанного древостоя и сосняка в мае доминируют олигохеты, в почвах березняков – олигохеты и стафилинды. В июне повсеместно коротконадкрылые жуки преобладают над остальными представителями педобионтов (26–38 % от общей численности). В березняке мелкотравном многочисленны в этот период и личинки щелкунов (20 %), в сосняке – геофилиды и жужелицы, в березняке крупнотравном 27,5 % населения приходится на долю олигохет. Осенью в большинстве местообитаний преобладают олигохеты (35,6–93 %) и пауки.

Структура педокомплексов изменяется на протяжении сезона: она более разнообразна в середине лета и снижается осенью. Наибольшее обилие дождевых червей и энхитреид наблюдается весной и осенью, что связано как с гидротермическим режимом почвы, так и состоянием опада, прошедшего ферментативную обработку другими организмами. Численность и разнообразие комплекса почвенных обитателей зависят от сезона ( $F=3,62$ ,  $P=0,033$ ), биотопа ( $F=4,03$ ,  $P=0,011$ ) и гидротермического режима местообитания. Результаты, полученные в ходе выполненной работы, могут служить основой для разработки принципов рационального природопользования и охраны окружающей среды.

### ***Благодарности***

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

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв. – Наука, 1965. – 281с.
2. Мордкович В. Г. Некоторые принципы зоодиагностики почв. Экология, 1978. – № 4. – С. 5–15
3. Чеснова Л. В., Стриганова Б. Р. Почвенная зоология – наука XX века. – Москва: Янус-К, 1999. – 156 с.
4. Наумов Н. П. О методологических проблемах биологии //Философские науки. – 1964. – Т. 1. – С. 136–145.
5. Лакин Г. Ф. Биометрия: учебное пособие для биологических специальностей ВУЗов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высш. Школа, 1980. – 293 с.
6. Вайнштейн Б. А. О некоторых методах оценки сходства биоценозов // Зоологический журнал. – 1967. – Т. 46. – Вып. 7. – С. 981–986.

© Д. С. Калашикова, Е. П. Клещева, В. М. Логинова, М. В. Якутин, Л. А. Логинов, 2020