



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СИСТЕМА
ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ
ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
МИНПРИРОДЫ РОССИИ**

**МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ
РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБУ «ИНФОРМАЦИОННО-
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПОДДЕРЖКИ
ЗАПОВЕДНОГО ДЕЛА»**

**ФГБУН «ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ
ЭКОЛОГИИ И ЭВОЛЮЦИИ
ИМ. А.Н. СЕВЕРЦОВА»**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ОБЪЕДИНЕННАЯ ДИРЕКЦИЯ
МОРДОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА
ИМЕНИ П.Г. СМИДОВИЧА И
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА
«СМОЛЬНЫЙ»**

Т Р У Д Ы
**МОРДОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА**
имени П. Г. СМИДОВИЧА

Выпуск 29

САРАНСК – ПУШТА

2021

**СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СООБЩЕСТВА НАЗЕМНЫХ И
ПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ НА ЕСТЕСТВЕННЫХ И
НАРУШЕННЫХ УЧАСТКАХ ТАНАЕВСКИХ ЛУГОВ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НИЖНЯЯ КАМА»**

Т.А. Гордиенко¹, Д.Н. Вавилов¹, Ю.А. Лукьянова²

¹*Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Россия
t_a_gordienko2015@mail.ru*

²*Национальный парк «Нижняя Кама», Елабуга, Россия
julia-luk@inbox.ru*

Исследованы заливные Танаевские луга национального парка «Нижняя Кама». Прокладка трубопроводов нарушает поверхностный слой почвы, изменяя растительный и животный мир этой территории. Уменьшается биоразнообразие и численность почвенных животных. Однако с течением времени происходят заметные изменения и восстановление нарушенных участков. За три года таксономический состав педобионтов приблизился к естественному, обилие практически выровнялось. Однако видовой состав дождевых червей практически не изменился, на нарушенных участках он остался вдвое меньше. Динамическая активность герпетобионтов выросла и превысила таковую на контрольных участках, таксономическое разнообразие стало сходным с естественными. Разнообразие беспозвоночных травяного яруса возросло по сравнению с 2019 г. и контрольными участками, тем не менее, обилие хортобионтов осталось вдвое меньше, чем на естественных луговых фитоценозах.

Ключевые слова: педобионты, герпетобионты, хортобионты, нарушенные и естественные участки, растительные сообщества, Танаевские пойменные луга

Введение

На сообщества беспозвоночных животных луговых экосистем влияют как природно-климатические, так и антропогенные факторы (Marini et al., 2010). К последним относятся кошение, вспашка, выпас скота. На территории ООПТ при ограничении деятельности человека возникают благоприятные условия для обитания беспозвоночных, луга при этом являются рефугиумами для многих редких видов (Humbert, 2012).

Технологический процесс прокладки газопровода подразумевает снятие верхнего плодородного слоя почвы, в результате чего происходит локальное уничтожение биоты. Последующая рекультивация не всегда приводит к быстрому восстановлению естественного состояния сообществ беспозвоночных (Riggins, 2009). При этом само движение автотехники по лугу оказывает значительное воздействие на почвенных беспозвоночных (Gowalski, 2021). Последующее заселение нарушенных участков беспозвоночными происходит медленно и неравномерно (Hedde, 2018)

Национальный парк «Нижняя Кама» – уникальный природный комплекс, расположенный на пересечении зон смешанных лесов, южной тайги и луговых степей. Территория, включает в себя обособленные лесные массивы и обширные пойменные угодья – Елабужские и Танаевские луга, являющиеся эталоном пойменных экосистем Среднего Поволжья (Государственный реестр ..., 2007). Танаевские пойменные луга (5141 га) – это земли, включенные в ООПТ без изъятия из хозяйственного использования. Функционально отнесены к зоне хозяйственного назначения. Традиционные виды использования лугов – сенокосение, выпас скота, рекреация.

На территории парка имеются линейные объекты хозяйствующих субъектов (продуктопроводы, ЛЭП, кабели связи и т.п.). При прокладке и эксплуатации последних происходит нарушение верхнего почвенного горизонта, что обуславливает трансформацию живого напочвенного покрова и изменения почвенной мезофауны.

Цель работы – оценка состояния структуры сообщества наземных и почвенных беспозвоночных животных в пределах Танаевских пойменных лугов НП «Нижняя Кама», на участках как трансформированных, так и сохраняющих естественную структуру биоценоза.

Материалы и методы

Исследования проводили в первой декаде июня 2021 г. в пределах полосы отвода газопровода, а также на прилегающих ненарушенных участках (55.739753° N, 51.880275° E; 55.714661° N, 51.951067° E). Прокладка продуктопровода была проведена в осенне-весенний период 2018–2019 гг. Данные исследования проведены в рамках Программы экологического контроля. Схема расположения заложенных пробных площадей представлена на рис. 1. В пределах полосы отвода газопровода для обследований были выбраны 5 участков («Участок 1», и т.д.). На них были проведен отбор проб почвенной и наземной фауны беспозвоночных, а также выполнены геоботанические описания по стандартной методике (Воронов, 1978) с указанием видового состава, характеристикой обилия видов по шкале Друде. Для каждой площадки указывалось общее проективное покрытие травянистой растительностью. Исходная информация была обработана с помощью модуля анализа видового разнообразия (МАВР) информационной системы «Флора» (Рогова и др., 2010; Prokhorov et al., 2017).

Учёты численности педо- (почвенных беспозвоночных или мезофауны), герпето- и хортобионтов вели стандартными почвенно-зоологическими методами (Методы почвенно-зоологических исследований, 1975): почвенные пробы, почвенные ловушки Барбера. Сбор хортобионтов проводили методом кошения сачком по траве (Фасулати, 1971). Отобрано 80 почвенных проб на площадках 0.0625 м² и глубиной 0–15 см (по 16 на участке), выставлено 100 ловушек (по 20 на каждом участке) на три ночи, сделано 1000 взмахов сачком (10 двойных взмахов за учёт, всего учетов было 50).



Рис. 1. Точки проведения исследования наземных и почвенных беспозвоночных.

Fig. 1. Plots for investigation of soil and above ground invertebrates.

Результаты и обсуждение

Результаты геоботанических обследований и анализ материалов показали, что контрольные участки (К1...К5) – это типичные луговые сообщества, с преобладающей долей многолетних травянистых растений (рис.2), с сохраненным верхним почвенным горизонтом. Проективное покрытие в среднем 60–80 %. Растительные сообщества представлены мятликовой (*Poa angustifolia*, *Poa pratensis*, *Carex praecox*, *Fragaria viridis*, *Serratula coronata*),

мятликово-вейниковой (*Calamagrostis epigeios*, *Poa angustifolia*, *Poa pratensis*, *Fragaria viridis*, *Equisetum arvense*) и вейниковой (*Calamagrostis epigeios*, *Fragaria viridis*, *Poa angustifolia*, *Artemisia abrotanum*) ассоциациями.

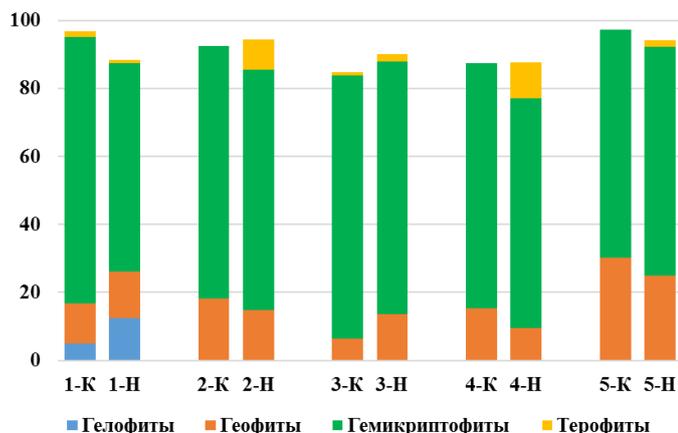


Рис. 2. Диаграмма спектра жизненных форм (Raunkiaer, 1934) на контрольных (1-К...5-К) и нарушенных (1-Н...5-Н) площадках Танаевских лугов национального парка «Нижняя Кама».
Fig. 2. Distribution diagram of Raunkiaer's plant life-form on the natural (1-K...5-K) and disturbed (1-N...5-N) plots of Tanaevskie meadows in National Park Nizhnyaya Kama.

Площадки в пределах полосы отвода (Н1...Н5), определяемые как нарушенные, характеризуются механически деструктурированным, но не погребённым верхним почвенным горизонтом. Проективное покрытие в среднем 60–100 %. Травянистый покров по большей части высокий и густой, доля злаковых растений минимальна. Увеличена доля терофитов (однолетников), что свидетельствует о недавней трансформации растительного сообщества. Высока доля рудеральных видов (рис. 3.). Преобладают два типа травянистых ассоциаций – бодяковая (*Cirsium setosum*, *Cirsium incanum*, *Cichorium intybus*, *Trifolium repens*) и хвощево-бодяковая (*Cirsium setosum*, *Equisetum arvense*, *Artemisia absinthium*, *Bromopsis inermis*, *Bunias orientalis*).

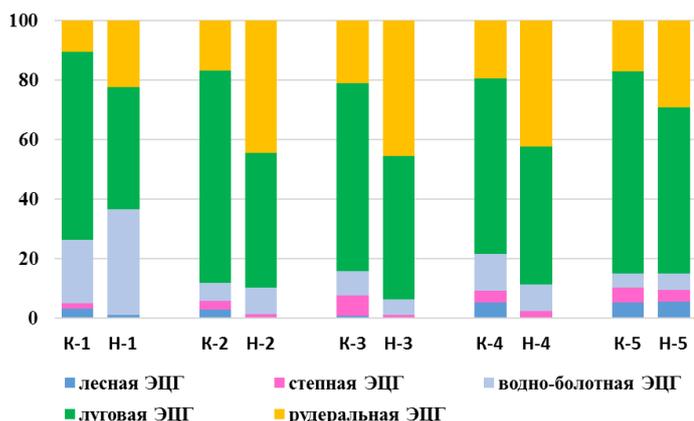


Рис. 3. Диаграмма спектра эколого-ценотических групп на контрольных (1-К...5-К) и нарушенных (1-Н...5-Н) площадках Танаевских лугов национального парка «Нижняя Кама».
Fig. 3. Distribution diagram of the plant's phytocoenotic groups on the natural (1-K...5-K) and disturbed (1-N...5-N) plots of Tanaevskie meadows in National Park Nizhnyaya Kama.

Таким образом, наблюдаются значимые различия в структуре растительных сообществ контрольных и нарушенных участков. Для нарушенных участков луговых сообществ в пределах полосы отвода газопровода на современном этапе характерны сукцессионные процессы и восстановление поверхностного слоя почвы. Параллельно с процессами восстанов-

ления естественной растительности происходит и восстановление (зааселение) нарушенных участков наземными и почвенными беспозвоночными животными.

Педобионты. Таксономический состав нарушенных участков в целом представлен 2 типами – Annelida кольчатые черви и Arthropoda членистоногие, 4 классами – Clitellata Поясковые черви, Arachnida паукообразные, Chilopoda хищные многоножки, Insecta насекомые, 8 отрядами – Harlotaxida Хаплотаксиды, Araneae пауки, Geophilomorpha многоножки землянки, Lithobiomorpha многоножки костянки, Hemiptera полужесткокрылые, Coleoptera жуки (4 семейства), Lepidoptera чешуекрылые и Diptera двукрылые (всего 12 таксонов) (табл. 1).

Контрольные участки имеют сходный таксономический состав – 2 типа, 4 класса, 8 отрядов, в составе жесткокрылых 6 семейств (итого 14 таксонов) (табл. 1). В контрольных участках появляются жуки-фитофаги листоеды Chrysomelidae и хрущи Melolonthinae.

Таблица 1. Результаты учета численности педобионтов нарушенных и контрольных участков на территории Танаевских лугов национального парка «Нижняя Кама»

Table 1. Table 1 Abundance of pedobionts on natural and disturbed plots of Tanaevskie meadows in National Park Nizhnyaya Kama

Таксономические группы	Н-1	Н-2	Н-3	Н-4	Н-5	Средняя	%	К-1	К-2	К-3	К-4	К-5	Средняя	%
Дождевые черви	6.0	0.0	0.0	6.0	4.0	3.2	7.1	20.0	0.0	0.0	0.0	2.0	4.4	9.0
Пауки	6.0	0.0	2.0	0.0	2.0	2.0	4.5	2.0	6.0	2.0	4.0	4.0	3.6	7.4
Хищные многоножки все	10.0	0.0	6.0	0.0	6.0	4.4	9.8	6.0	2.0	2.0	0.0	12.0	4.4	9.0
Геофилы	8.0	0.0	6.0	0.0	4.0	3.6	8.0	6.0	2.0	2.0	0.0	6.0	3.2	6.6
Литобииды	2.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	1.2	2.5
Насекомые	90.0	4.0	30.0	18.0	34.0	35.2	78.6	26.0	72.0	10.0	26.0	48.0	36.4	74.6
Клопы	6.0	0.0	8.0	0.0	4.0	3.6	8.0	0.0	2.0	0.0	0.0	2.0	0.8	1.6
Жуки все	66.0	0.0	16.0	12.0	22.0	23.2	51.8	24.0	66.0	8.0	20.0	36.0	30.8	63.1
Жужелицы	32.0	0.0	4.0	12.0	16.0	12.8	28.6	4.0	4.0	0.0	6.0	8.0	4.4	9.0
Стафилины	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	2.7	4.0	2.0	2.0	2.0	0.0	2.0	4.1
Хрущи	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	0.0	0.0	2.0	3.6	7.4
Щелкуны	6.0	0.0	4.0	0.0	6.0	3.2	7.1	16.0	30.0	6.0	10.0	22.0	16.8	34.4
Листоеды	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.4	0.8
Долгоносики	22.0	0.0	8.0	0.0	0.0	6.0	13.4	0.0	14.0	0.0	0.0	4.0	3.6	7.4
Чешуекрылые	4.0	0.0	0.0	6.0	4.0	2.8	6.3	0.0	2.0	0.0	2.0	6.0	2.0	4.1
Двукрылые	6.0	4.0	4.0	0.0	0.0	2.8	6.3	2.0	0.0	0.0	2.0	2.0	1.2	2.5
Прочие	8.0	0.0	2.0	0.0	4.0	2.8	6.3	0.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.6	3.3
Всего беспозвоночных	112.0	4.0	38.0	24.0	46.0	44.8	100	54.0	80.0	14.0	30.0	66.0	48.8	100
Сапрофаги	12.0	4.0	4.0	6.0	4.0	6.0	13.4	22.0	0.0	0.0	2.0	4.0	5.6	11.5
Фитофаги	32.0	0.0	12.0	6.0	10.0	12.0	26.8	16.0	62.0	6.0	14.0	34.0	26.4	54.1
Хищники	54.0	0.0	12.0	12.0	24.0	20.4	45.5	16.0	14.0	6.0	12.0	24.0	14.4	29.5
Смешанная группа	14.0	0.0	10.0	0.0	8.0	6.4	14.3	0.0	4.0	2.0	2.0	4.0	2.4	4.9

В отдельности по участкам наблюдаются большие отличия в численности и таксономическом составе почвенной мезофауны нарушенных и контрольных площадок (рис. 4). Среди нарушенных участков наибольшее обилие педобионтов отмечено на Участке 1 (112 экз./м²), наименьшее на Участке 2 (4 экз./м²) (рис. 4а), коэффициент вариации (CV) высокий и равен 91.1±28.8, что говорит о неравномерном распределении в пространстве и неустойчивости сообщества мезофауны. В среднем численность крупных почвенных беспозвоночных здесь составляет 44.8 экз./м².

Таким образом, первые два участка отличаются статистически значимо от остальных. На нарушенных Участках 3, 4 и 5 обилие педобионтов практически не отличается (в пределах ошибки). Доминируют насекомые, значительно им уступают хищные многоножки и дождевые черви. Трофическая структура представлена в большей степени хищниками и фитофагами, смешанная группа и сапрофаги составляют одинаковую долю в сообществе.

Контрольные участки отличает более равномерное распределение педобионтов (рис. 4б). Численность педобионтов здесь варьирует в пределах 14–80 экз./м² (в среднем 48.8 экз./м²), коэффициент вариации (CV) равен 54.8±17.33 свидетельствует об устойчивом и равномерном распределении в пространстве почвенной биоты. Доминируют сходные таксоны: насекомые, хищные многоножки и дождевые черви, а также пауки. В трофической структуре наблюдаются изменения по сравнению с нарушенными участками, здесь преобладают фитофаги, затем хищники и сапрофаги, смешанная группа составляет менее 5%.

Таким образом, в целом обилие и таксономический состав педобионтов нарушенных и контрольных участков мало отличается. Однако в трофической структуре есть некоторые изменения в соотношении групп, в нарушенных участках идет преобладание хищников, а в контрольных – фитофагов.

При сравнении участков между собой выявляются значимые отличия численности мезофауны (28 кратные в нарушенных участках, 6 кратные в контрольных), что говорит об особенностях рельефа, разных микроусловиях, отличиях растительности и интенсивности выпаса крупного рогатого скота на этих территориях.

Два года назад в конце августа 2019 г. спустя 4 месяца после укладки газопровода здесь были проведены аналогичные исследования (Вавилов и др., 2020). По их результатам на нарушенных участках обилие педобионтов было в 2.4 раза меньше по сравнению с 2021 г. и варьировало в пределах 6–42 экз./м² (в среднем 18.5 экз./м²). В контрольных участках численность мезофауны была значительно выше, чем в настоящее время (в 2.7 раза, варьировала 76–242 экз./м²). Доминировали главным образом дождевые черви, что свидетельствует о достаточно высокой влажности почвы в тот период.

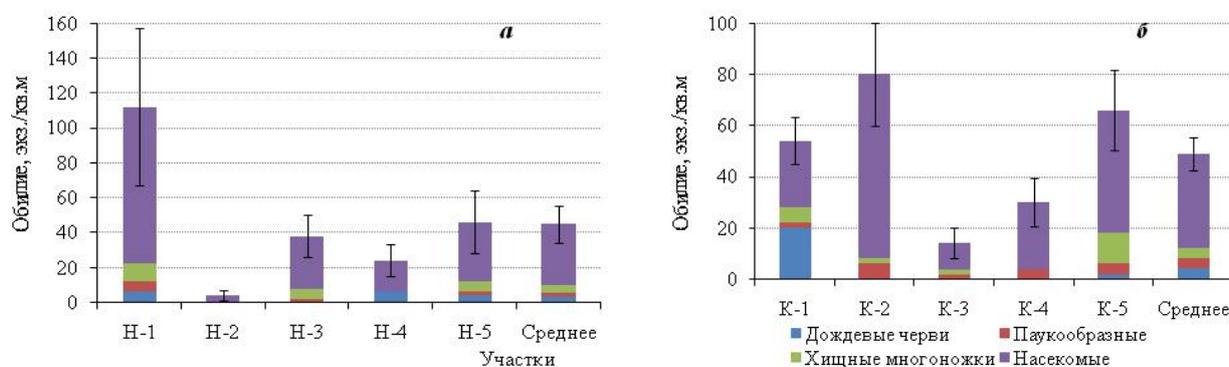


Рис. 4. Результаты учета численности педобионтов на нарушенных (а) и контрольных (б) участках Танаевских лугов национального парка «Нижняя Кама».

Fig. 4. Abundance of pedobionts on natural (a) and disturbed (b) plots of Tanaevskie meadows in National Park Nizhnyaya Kama.

В настоящее время обилие педобионтов на контрольных участках низкое, а дождевые черви составляют меньше 10 % численности мезофауны, это может быть следствием низкой увлажненности почвы исследуемых участков. Следовательно, к 2021 г. обилие педобионтов на нарушенных и контрольных участках выравнивается, но остается низким из-за погодноклиматических условий года.

Согласно литературным данным для естественных лугов южной тайги Восточного Предкамья средняя численность мезофауны составляет в среднем на низких лугах 44 экз./м² (варьирует в пределах 35–56 экз./м²) (Кадастр сообществ..., 2014), на лугах среднего уровня – 69 экз./м² (22–119 экз./м²), на лугах высокого уровня – 37 экз./м² (35–39 экз./м²), что согла-

суется с нашими данными (среднее обилие на нарушенных участках 44.8 экз./м², на контрольных – 48.8 экз./м²) и соответствует лугам низкого уровня.

В 2016 г. сходные исследования проведены на Елабужских лугах (Гордиенко и др., 2017). Здесь обилие педобионтов на естественных участках в среднем было 80 экз./м², на нарушенных – 37.5 экз./м² (с учетом Enchytraeidae). Доминировали сходные таксоны – насекомые (соответственно 48.2-55.3%), дождевые черви (24.5–14.6%) и энхитреиды (15–23.3%). В трофической структуре преобладали сапрофильная группа (40–37.9%), меньше хищники (20.9–29.1%) и фитофаги (24.5–21.4%), что отличается от наших показателей на Танаевских лугах.

Исследована фауна дождевых червей лугов. На нарушенных участках газопровода она представлена двумя видами сибирского происхождения *Eisenia nordenskioldi nordenskioldi* Eisen, 1873 и *Eisenia uralensis* Malevic, 1950 (табл. 2). Обилие червей низкое и составляет в среднем 3.2 экз./м².

На контрольных участках обнаружено четыре вида дождевых червей, кроме выше перечисленных встречены пашенный червь *Aporrectodea caliginosa caliginosa* Savigny, 1826 и влаголюбивый калькофильный *Octolasion lacteum* Orley, 1885. Численность люмбрицид несколько выше по сравнению с нарушенными участками (4.4 экз./м²) (табл. 2). Преобладали виды с экологическим типом собственно-почвенные (75%).

Таблица 2. Фауна и население дождевых червей нарушенных и контрольных участков газопровода на территории Танаевских лугов национального парка «Нижняя Кама», экз./м²

Table 2. Fauna and community structure of earthworms on natural and disturbed plots of Tanaevskie meadows in National Park Nizhnyaya Kama, ind./sq.m.

Виды	Участки											
	Н-1	Н-2	Н-3	Н-4	Н-5	средн.	К-1	К-2	К-3	К-4	К-5	средн.
<i>A. c. caliginosa</i>	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	1.2
<i>E. n. nordenskioldi</i>	0	0	0	2	0	0.4	4	0	0	0	0	0.8
<i>E. uralensis</i>	0	0	0	2	0	0.4	2	0	0	0	0	0.4
<i>O. lacteum</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0.8
Неполовозрелые	6	0	0	2	4	2.4	6	0	0	0	0	1.2
Всего	6	0	0	6	4	3.2	20	0	0	0	2	4.4
Биомасса, гр.	0.3	0	0	0.4	0.16	0.172	3.66	0	0	0	0.24	0.78
Количество видов	1	0	0	2	1	2	4	0	0	0	1	4
Виды, питающиеся на поверхности	0	0	0	2	0	0.4	4	0	0	0	0	0.8
Виды собственно-почвенные	0	0	0	2	0	0.4	10	0	0	0	2	2.4

В конце августа 2019 г. на этих участках были обнаружены сходные виды (кроме пашенного червя) – на нарушенных два вида сибирского происхождения *E. n. nordenskioldi* и *E. uralensis*, на контрольных два вида – розовая *Aporrectodea rosea* Sav. 1826 и *O. lacteum* (Вавилов и др., 2020). Обилие люмбрицид было выше и на нарушенных участках (в среднем 9.2 экз./м²), и на естественных луговых (34.7 экз./м²). Такие сильные различия в численности дождевых червей, видимо, связаны с увлажненностью почвы и соответственно с погодноклиматическими условиями года (снежный покров, ход весны, осадки в период исследования).

На Елабужских лугах зарегистрированы сходные виды люмбрицид *E. n. nordenskioldi*, *E. uralensis* и *O. lacteum* (за исключением пашенного червя и розового), а также подстилочный *Dendrobaena octaedra* Sav. 1826 (Гордиенко и др., 2017).

Герпетобионты. Таксономическое разнообразие герпетобия нарушенных участков состоит из 19 таксонов второго типа, 4 классов, 9 отрядов (табл. 3): дождевые черви Nartolaxida, пауки Araneae, литобииды Lithobiidae, насекомые Insecta, среди последних цикады Cicadidae, клопы Hemiptera, жуки жужелицы Carabidae, плавунцы Dytiscidae, мертвое-

ды Silphidae, стафилины Staphilinidae, чернотелки Tenebrionidae, навозники Geotrupidae, мягкотелки Cantharidae, кожееды Dermestidae, щелкуны Elateridae, листоеды Chrysomelidae, долгоносики Curculionidae, чешуекрылые Lepidoptera, перепончатокрылые Hymenoptera двукрылые Diptera. Доминируют пауки и насекомые (табл. 3), среди них многочисленны, жуки-жужелицы, остальные группы представлены немногочисленно.

Таблица 3. Результаты учета численности герпетобионтов нарушенных участков газопровода, экз./10 ловушко-суток

Table 3. Abundance of herpetobionts on disturbed plots of Tanaevskie meadows in National Park Nizhnyaya Kama, ind./10 trap-days

Группы	H1	H2	H3	H4	H5	M	%
Дождевые черви	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
Мокрицы	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
Пауки	77.3	15.0	23.9	24.8	16.7	31.5	37.3
Литобииды	0.0	0.7	0.0	0.4	0.0	0.2	0.2
Насекомые	68.7	54.7	35.0	41.9	65.3	53.1	62.8
Цикады	0.0	0.7	0.0	0.7	0.0	0.3	0.3
Клопы	5.3	7.3	2.8	1.9	2.0	3.9	4.6
Жужелицы	50.3	26.7	18.9	30.4	38.7	33.0	39.0
Карапузики	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.1	0.1
Мертвоеды	0.3	0.0	0.0	1.1	11.0	2.5	2.9
Стафилины	2.0	2.0	1.1	1.5	1.7	1.7	2.0
Навозники	0.3	0.0	0.0	3.3	4.0	1.5	1.8
Мягкотелки	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
Кожееды	0.0	1.3	1.1	0.4	0.3	0.6	0.7
Щелкуны	3.7	3.0	1.1	0.7	5.0	2.7	3.2
Коровки	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
Листоеды	0.0	0.3	0.0	0.0	0.3	0.1	0.2
Долгоносики	2.3	10.7	3.9	1.5	1.7	4.0	4.7
Чешуекрылые	0.7	0.3	3.9	0.0	0.3	1.0	1.2
Перепончатокрылые	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
Прочие	3.3	1.3	1.7	0.4	0.3	1.4	1.7
Всего беспозвоночных	144.3	70.3	58.9	67.0	82.0	84.5	100.0
Сапрофаги	5.3	2.7	1.1	5.2	19.3	6.7	8.0
Фитофаги	3.3	14.3	8.9	2.6	3.3	6.5	7.7
Хищники	129.7	44.7	44.4	57.0	57.0	66.6	78.8
Смешанная группа	5.3	7.3	2.8	1.9	2.0	3.9	4.6

На естественном участке разнообразие герпетобия несколько выше и составляет 20 таксонов третьего типа, 5 классов, 9 отрядов (табл. 4) – дождевые черви Nematoda, мокрицы Isopoda, пауки Araneae, хищные многоножки литобииды Lithobiidae, насекомые Insecta, среди последних цикады Cicadidae, клопы Hemiptera, жесткокрылые Coleoptera жужелицы Carabidae, карапузики Histeridae, мертвоеды Silphidae, стафилины Staphilinidae, навозники Geotrupidae, мягкотелки Cantharidae, кожееды Dermestidae, щелкуны Elateridae, коровки Coccinellidae, листоеды Chrysomelidae, долгоносики Curculionidae, чешуекрылые Lepidoptera, перепончатокрылые Hymenoptera. В сообществе герпетобионтов преобладали сходные таксоны – насекомые, среди которых наиболее многочисленны жуки-жужелицы, и пауки.

Таблица 4. Результаты учета численности герпетобионтов контрольных участков, газопровода
Table 4. Abundance of herpetobionts on natural plots of Tanaevskie meadows in National Park Nizhnyaya Kama of gas pipe area, ind./10 trap-days

Группы	K1	K2	K3	K4	K5	M	%
Дождевые черви	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.1	0.2
Пауки	32.7	30.7	20.0	17.2	22.3	24.6	46.9
Литобииды	0.3	1.0	0.0	0.0	2.7	0.8	1.5
Насекомые	33.3	33.3	17.7	12.8	37.7	27.0	51.4
Цикады	5.0	9.3	1.0	1.1	1.7	3.6	6.9
Клопы	5.0	6.7	0.0	3.3	0.7	3.1	6.0
Жужелицы	8.3	8.0	9.3	6.1	20.3	10.4	19.9
Плавунцы	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
Мертвоеды	0.7	1.3	0.0	0.0	1.7	0.7	1.4
Стафилины	2.0	2.0	1.3	0.0	1.7	1.4	2.7
Чернотелки	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1
Навозники	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.1	0.3
Мягкотелки	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.1	0.2
Кожееды	1.7	0.3	0.7	0.0	2.3	1.0	1.9
Щелкуны	5.0	0.0	0.7	0.0	4.7	2.1	3.9
Катописы	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.1
Листоеды	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
Долгоносики	1.7	1.0	1.0	0.6	2.0	1.2	2.4
Чешуекрылые	2.7	2.3	0.3	0.6	1.0	1.4	2.6
Перепончатокрылые	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3
Двукрылые	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
Прочие	0.0	2.0	3.0	0.6	0.7	1.2	2.4
Всего беспозвоночных	66.3	65.0	37.7	30.6	62.7	52.4	100.0
Сапрофаги	5.7	1.7	0.7	0.6	7.0	3.1	5.9
Фитофаги	11.7	13.0	3.0	2.2	7.3	7.4	14.2
Хищники	43.7	41.7	31.0	23.9	47.0	37.4	71.4
Смешанная группа	5.3	7.0	0.7	3.3	0.7	3.4	6.5

Динамическая активность герпетобионтов на нарушенном участке была в 1.6 раз выше, чем на контрольном. На нарушенных участках этот показатель сильно варьировал от 58.9 до 144.3 экз./10 л.-с. (2.4 кратные изменения), на контрольных – от 30.6 до 66.3 экз./10 л.-с. (2.2 кратные). Проведенные в 2019 г. аналогичные исследования на этом участке выявили сравнительно низкую среднюю плотность герпетобионтов (27.6 экз./10 л.-с. на нарушенном участке и 42.7 экз./10 л.-с. на контрольном участке). В итоге плотность герпетобионтов увеличилась в два раза.

Трофическая структура герпетобионтов нарушенных участков не имеет четких отличий от таковых контрольных участков. Наблюдается доминирование хищников, как на трансформированных участках, так и на естественных (соответственно 78.9% и 71.4%), что весьма характерно для результатов учетов ловушками Барбера. Однако есть и различия. Для контрольного участка характерно увеличение роли фитофагов в сообществе герпетобионтов (14.19%). Однако в 2019 г. при сходных условиях увеличение доли фитофагов на контрольных участках было более выраженным.

Изменения плотности герпетобионтов могут носить сезонный характер. Возможно, это связано с постепенным восстановлением растительного покрова на нарушенных участках. В связи с этим необходимо исследование видового состава некоторых таксономических групп, а также привлечение многомерной статистики в анализ материала.

Хортобионты. На контрольном участке зарегистрирован 21 таксон беспозвоночных травяного яруса (табл. 5), относящихся ко второму типу, 3 классам и 11 отрядам: пауки Aranea и насекомые Insecta, среди последних многочисленны трипсы Thysanura, цикады Cicadidae, клопы Heteroptera, перепончатокрылые Hymenoptera, двукрылые Diptera и долгоносики Curculionidae, а также малочисленные таксоны тли Aphidoidea, сетчатокрылые Neuroptera, прямокрылые Orthoptera, различные семейства жесткокрылых (коровки Coccinellidae, Латридииды Latridiidae, Мягкотелки Cantharidae, Зерновки Bruchidae, Малашки Malachidae, Шипоноски Mordellidae. Моллюски в кошени представлены в единственном экземпляре.

Таблица 5. Результаты учета численности хортобионтов контрольных участков газопровода, экз./м²
Table 5. Abundance of hortobionts on natural plots of Tanaevskie meadows in National Park Nizhnyaya Kama, ind./sq.m.

Группы	K1	K2	K3	K4	K5	среднее	%
Моллюски	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.01
Пауки	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	4.0
Насекомые	15.1	4.3	3.8	6.3	3.5	6.6	77.0
Трипсы	3.3	0.2	0.1	2.1	1.1	1.3	15.7
Прямокрылые	0.0	0.2	0.3	0.0	0.1	0.1	1.6
Тля	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.7
Цикады	0.6	0.9	0.6	1.4	0.3	0.8	8.9
Клопы	0.8	0.5	0.3	0.9	0.1	0.5	6.2
Сетчатокрылые	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Латридииды	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Мягкотелки	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3
Зерновки	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Щелкуны	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Малашки	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.8
Шипоноски	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
Коровки	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.5
Листоеды	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	1.3
Долгоносики	0.7	0.3	1.2	0.5	0.1	0.6	6.6
Чешуекрылые	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	1.8
Перепончатокрылые прочие	11.3	1.3	0.5	1.2	1.2	3.1	36.0
Муравьи	0.1	0.2	0.3	0.0	0.4	0.2	2.5
Двукрылые	1.0	0.6	0.5	1.7	1.1	1.0	11.3
Прочие	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.6
Всего беспозвоночных	18.9	5.3	4.6	8.8	5.4	8.6	100.0
Фитофаги	6.9	3.2	3.3	7.0	3.2	4.7	54.8
Хищники	11.9	1.9	1.0	1.7	1.6	3.6	42.0
Смешанная группа	0.2	0.2	0.4	0.1	0.6	0.3	3.2

По сравнению с 2019 г. на контрольных участках в составе хортобионтов стали выделяться перепончатокрылые, в частности осы-наездницы а также снизилось обилие двукрылых. Плотность хортобионтов составила 8.6 экз./м², а в 2019 г. этот показатель составил всего 0.98 экз./м², что связано с массовым вылетом паразитических перепончатокрылых.

Фауна хортобионтов нарушенного участка представлена 23 таксонами второго типа, 3 класса, 11 отрядов (табл. 6). Наиболее многочисленными в кошени были насекомые Insecta.

Таблица 6. Результаты учета численности хортобионтов нарушенных участков газопровода, экз./м²
Table 6. Abundance of hortobionts on disturbed plots of Tanaevskie meadows in National Park Nizhnyaya Kama, ind./sq.m.

Группы	H1	H2	H3	H4	H5	среднее	%
Моллюски	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.01
Пауки	0.2	0.2	0.4	0.2	0.1	0.2	4.6
Насекомые	3.6	2.9	4.0	5.0	4.2	3.9	79.9
Трипсы	1.5	0.1	0.9	0.2	0.3	0.6	12.6
Прямокрылые	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.4
Тля	0.1	0.2	0.1	0.2	0.0	0.1	2.7
Цикады	0.3	0.6	0.6	2.3	0.3	0.8	16.3
Клопы	0.4	0.9	0.4	0.8	1.4	0.8	15.9
Сетчатокрылые	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Жужелицы	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Узконадкрылки	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Латридииды	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
Блестянки	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Мякотелки	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Зерновки	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Малашки	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.8
Шипоноски	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
Коровки	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.6
Листоеды	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	1.4
Долгоносики	0.9	0.2	0.6	0.1	0.1	0.4	7.9
Чешуекрылые	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	1.2
Перепончатокрылые прочие	1.0	0.5	1.8	0.9	0.6	1.0	19.3
Муравьи	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	2.1
Двукрылые	0.4	0.4	0.4	0.5	1.2	0.6	11.4
Прочие	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	1.2
Всего беспозвоночных	5.3	3.4	5.6	5.6	4.7	4.9	100.0
Фитофаги	3.8	2.4	3.2	4.3	3.8	3.5	70.6
Хищники	1.3	0.7	2.3	1.3	0.7	1.3	25.7
Смешанная группа	0.2	0.3	0.1	0.0	0.3	0.2	3.7

Среди них трипсы *Thysanura*, цикады *Cicadidae*, клопы *Heteroptera*, перепончатокрылые *Hymenoptera*, двукрылые *Diptera*. Помимо этого встречены пауки *Aranea*, тля *Aphidoidea*, сетчатокрылые *Neuroptera*, прямокрылые *Orthoptera*, чешуекрылые *Lepidoptera*.

Среди отряда жесткокрылых многочисленны лишь долгоносики, остальные семейства малочисленны и составляют в сумме 4.1%. Сюда входят жужелицы *Carabidae*, Узконадкрылки *Oedemeridae*, Латридииды *Latridiidae*, Блестянки *Nitidulidae*, Мякотелки *Cantharidae*, Зерновки *Bruchidae*, Малашки *Malachidae*, Шипоноски *Mordellidae*, коровки *Coccinellidae*, листоеды *Chrysomelidae*. Моллюски в кошени представлени в единственном экземпляре. Средняя плотность хортобионтов составила 4.9 экз./м², что также значительно выше по сравнению с 2019 г. (0.66 экз./м²), но при этом в два раза ниже, чем на контрольном участке.

По сравнению с 2019 г. на нарушенном участке наблюдается значительное снижение доли цикад и двукрылых. Это может свидетельствовать о процессе восстановления экосистемы в ходе смены растительного покрова.

Трофическая структура хортобионтов представлена, главным образом, фитофагами (на нарушенном участке 70.6%, на естественном 54.8%) и в меньшей степени хищниками (соответственно 25.7% и 42%). Как видно из данных, на трансформированном участке роль хищников уменьшается, возрастает фитофагов, что характерно для неустойчивых экосистем. Эти результаты согласуются с данными 2019 г.

Таким образом, численность хортобионтов на нарушенном участке оказалась значительно ниже по сравнению с контрольным участком. При этом видовое богатство двух уча-

стков не отличается. Прежними исследованиями были выявлены отличия как в количественном, так и в качественном плане. Наши предположения касательно постепенного восстановления биоразнообразия на трансформируемых территориях, оказались правильными. Хотя эти изменения пока не затронули функциональную структуру сообщества.

Заключение

Анализ почвенной мезофауны нарушенных и контрольных участков выявляет большое сходство таксономического разнообразия и обилия педобионтов. Отмечены некоторые различия в соотношении трофических групп.

Сравнение результатов 2019 и 2021 гг. показывает, что обилие педобионтов выравнивается на нарушенных и контрольных участках, однако из-за отличий в сезонном аспекте и погодно-климатических условий численность значительно отличается по годам. Видовой состав дождевых червей на нарушенных участках остается беднее и практически не меняется во времени.

Плотность герпетобионтов нарушенных участков выше в сравнении с естественными, что может быть связано с увеличением плотности растительного покрова. Трофическая структура герпетобионтов нарушенного участка не имеет четких отличий от таковой контрольного участка, однако в более ранних исследованиях при сходных условиях увеличение доли фитофагов на контрольных участках было более выраженным. Т.е. спустя три года после прокладки газопровода наблюдается увеличение численности и таксономического состава герпетобионтов.

В составе хортобионтов также происходят значительные изменения, состоящие в многократном увеличении обилия и разнообразия таксономических групп, особенно нарушенных участков. Однако численность беспозвоночных травостоя по-прежнему уступает контрольным участкам, и трофическая структура их отличается со значительным преобладанием фитофагов.

Необходимы дальнейшие исследования данной территории с целью слежения хода восстановления естественной флоры и фауны беспозвоночных.

Список литературы

Вавилов Д. Н., Гордиенко Т. А., Суходольская Р. А., Лукьянова Ю.А. 2020. Воздействие прокладки инженерных коммуникаций на крупных почвенных беспозвоночных // Российский журнал прикладной экологии. Вып. 2. С. 8–16.

Воронов А. Г. Геоботаника. М.: Высшая школа, 1973. 382 с.

Гордиенко Т.А., Вавилов Д.Н., Суходольская Р.А., Лукьянова Ю.А. 2017. Влияние антропогенной трансформации луговых экосистем национального парка «Нижняя Кама» на сообщества наземных и почвенных беспозвоночных // Российский журнал прикладной экологии. Вып. 3. С. 7–11.

Государственный реестр ООПТ в РТ. Издание второе. Казань: Изд-во «Идел-Пресс», 2007. 408 с.

Кадастр сообществ почвообитающих беспозвоночных (мезофауна) естественных экосистем Республики Татарстан. Казань: Казан. фед. ун-т, 2014. 308 с.

Методы почвенно-зоологических исследований. М.: Наука, 1975. 280 с.

Рогова Т.В., Прохоров В.Е., Шайхутдинова Г.А., Шагиев Б.Р. 2010, Электронные базы фитоиндикационных данных в системах оценки состояния природных экосистем и ведения кадастров биоразнообразия // Учёные записки Казанского государственного университета. Том 152(1), сер. «Естественные науки». С. 174–181.

Фасулати К.К. 1971. Полевое изучение наземных беспозвоночных. М.: Высшая школа. 424 с.

Golawski A., Kasprzykowski, Z. 2021. Alternative foraging strategies in the white stork *Ciconia ciconia*: The effect of mowing meadows // Agriculture, Ecosystems & Environment. Vol. 319. P. 107563.

- Hedde M., Nahmani J., Séré G., Auclerc A., & Cortet J. 2019. Early colonization of constructed Technosols by macro-invertebrates // *Journal of Soils and Sediments*. 19(8). P. 3193–3203.
- Humbert J.Y., Ghazoul J., Richner N., Walter T. 2012. Uncut grass refuges mitigate the impact of mechanical meadow harvesting on orthopterans // *Biological Conservation*. Vol. 152. P. 96–101.
- Prokhorov V.E., Rogova T.V., Kozhevnikova M.V. Vegetation Database of Tatarstan // *Pytocoenologia*. 2017. Vol. 47. Iss. 3. P. 309–313.
- Ramos C.S. Picca P., Pocco M.E., Filloy J. 2021. Disentangling the role of environment in cross-taxon congruence of species richness along elevational gradients // *Scientific Reports*. Vol. 11(1). P. 1–11.
- Raunkiaer C. The life forms of plants and statistical plant geography, being the collected papers of C. Raunkiaer. Translated by H. Gilbert-Carter, A. Fausboll, and A.G. Tansley. Oxford: The Clarendon Press. 1934.
- Riggins J.J., Davis C.A., Hoback W.W. 2009. Biodiversity of belowground invertebrates as an indicator of wet meadow restoration success (Platte River, Nebraska) // *Restoration Ecology*. Vol. 17(4). P. 495–505.

References

- Cadastre of communities of soil invertebrates (mesofauna) of natural ecosystems of the Republic of Tatarstan. Kazan: Kazan. Fed. Un-t, 2014. 308 p. [In Russian]
- Fasulati K.K. 1971. Field study of terrestrial invertebrates. M.: Higher school. 424 p. [In Russian]
- Golawski A., Kasprzykowski Z. 2021. Alternative foraging strategies in the white stork *Ciconia ciconia*: The effect of mowing meadows // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 319. P. 107563.
- Gordienko T.A., Vavilov D.N., Sukhodolskaya R.A., Lukyanova Yu.A. 2017. Influence of anthropogenic transformation of meadow ecosystems of the Nizhnyaya Kama National Park on terrestrial and soil invertebrates // *Russian Journal of Applied Ecology*. Issue 3. P. 7–11. [In Russian]
- Hedde M., Nahmani J., Séré G., Auclerc A. & Cortet J. 2019. Early colonization of constructed Technosols by macro-invertebrates // *Journal of Soils and Sediments*. 19(8). P. 3193–3203.
- Humbert J.Y., Ghazoul J., Richner N., Walter T. 2012. Uncut grass refuges mitigate the impact of mechanical meadow harvesting on orthopterans // *Biological Conservation*. Vol. 152. P. 96–101.
- Methods of soil and zoological research. Moscow: Nauka, 1975. 280 p. [In Russian]
- Prokhorov V.E., Rogova T.V., Kozhevnikova M.V. 2017. Vegetation Database of Tatarstan // *Pytocoenologia*. Vol. 47. Iss. 3. P. 309–313.
- Ramos C.S. Picca P., Pocco M.E., Filloy J. 2021. Disentangling the role of environment in cross-taxon congruence of species richness along elevational gradients // *Scientific Reports*. Vol. 11(1). P. 1–11.
- Raunkiaer C. The life forms of plants and statistical plant geography, being the collected papers of C. Raunkiaer. Translated by H. Gilbert-Carter, A. Fausboll, and A.G. Tansley. Oxford: The Clarendon Press. 1934.
- Riggins J.J., Davis C.A., Hoback W.W. 2009. Biodiversity of belowground invertebrates as an indicator of wet meadow restoration success (Platte River, Nebraska) // *Restoration Ecology*. Vol. 17(4). P. 495–505.
- Rogova T.V., Prokhorov V.E., Shaikhutdinova G.A., Shagiev B.R. 2010. Electronic databases of phytoindication data in systems for assessing the state of natural ecosystems and maintaining bi-diversity inventories // *Scientific notes of Kazan State University*. Vol. 152, issue 1, ser. natural sciences. P. 174–181. [In Russian]
- State register of protected areas in the Republic of Tatarstan. Second edition. Kazan: Idel-Press Publishing House, 2007. 408 p.
- Vavilov D. N., Gordienko T. A., Sukhodolskaya R. A., Lukyanova Yu.A. 2020. Influence of engineering communication installment on soil macro invertebrates // *Russian Journal of Applied Ecology*. Issue 2. P. 8–16. [In Russian]
- Voronov A. G. Geobotanika. M.: Higher School, 1973. 382 p. [In Russian]