



УДК 631.46:592(571.54)
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-1-156-170

Результаты мониторинга состояния геосистем с использованием мезофауны беспозвоночных как биоиндикаторов антропогенного воздействия

Ильин Ю.М., Раднаева М.В., Даржаев В.Х.

Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова,
Республика Бурятия, 670010, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8
E-mail: ilbar50@mail.ru, mariaai87@mail.ru, valera_darzhaev@mail.ru

Аннотация. Функционирование почвенной подсистемы, являющейся составной частью природных и антропогенных геосистем, определяется наряду с другими факторами жизнедеятельностью беспозвоночной мезофауны. Несмотря на значительное количество публикаций по почвенной тематике, животному населению в научной литературе уделяется сравнительно мало внимания. Целью данного исследования является определение возможности использования почвенных беспозвоночных немикроскопической размерности для мониторинга развития деградационных процессов в почвах. Сущностью методики является количественная оценка животного населения и его разнообразия на единицу площади почвенного покрова. В результате исследования выявлено, что наибольшее количество экземпляров почвенных беспозвоночных обнаруживается в сенокосном геотопе при орошении. Сельскохозяйственное использование во всех вариантах исследования приводит к снижению численного состава почвенных беспозвоночных, при этом наблюдается повышение разнообразия фаунистического комплекса почвы под посевами многолетних трав. Наименьшее общее количество и разнообразие педобионтов было обнаружено при возделывании картофеля. Показано, что анализ трофической структуры мезопедобионтов может служить показателем экологического состояния геосистемы. Полученные результаты вносят вклад в развитие теории и методологии мониторинга деградационных процессов в почвенных системах.

Ключевые слова: геосистема, биомониторинг, антропогенный пресс, орошение, беспозвоночные, структура, численность, семейство, питание

Для цитирования: Ильин Ю.М., Раднаева М.В., Даржаев В.Х. 2023. Результаты мониторинга состояния геосистем с использованием мезофауны беспозвоночных как биоиндикаторов антропогенного воздействия. Региональные геосистемы, 47(1): 156–170. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-156-170

Results of Monitoring of Geosystems Using Invertebrate Mesofauna as Bioindicators of Anthropogenic Impact

Yuriy M. Iljin, Marija V. Radnaeva, Valerij Kh. Darzhaev

V.R. Filippov Buryat State Agricultural Academy
8 Pushkin St, Ulan-Ude 8670010, Republic of Buryatia
E-mail: ilbar50@mail.ru, mariaai87@mail.ru, valera_darzhaev@mail.ru

Abstract. The functioning of the soil subsystem, which is an integral part of natural and anthropogenic geosystems, is determined, along with other factors, by the vital activity of the invertebrate mesofauna. Despite a significant number of publications on soil topics, relatively little attention is paid to the animal population in the scientific literature. The purpose of this study is to determine the possibility of using soil invertebrates of non-microscopic dimension to monitor the development of degradation processes in soils. The essence of the methodology is the quantitative assessment of the animal population and its diversity

per unit area of soil cover. As a result of the study, it was revealed that the largest number of specimens of soil invertebrates is found in the fallow geotope during irrigation. Agricultural use in all variants of the study leads to a decrease in the numerical composition of soil invertebrates, while there is an increase in the diversity of the faunal complex of the soil under the crops of perennial grasses. The smallest total number and diversity of pedobionts was found during potato cultivation. It is shown that the analysis of the trophic structure of mesopedobionts can serve as an indicator of the ecological state of the geosystem. The obtained results contribute to the development of the theory and methodology of monitoring degradation processes in soil systems.

Key words: geosystem, monitoring, anthropogenic press, irrigation, invertebrates, structure, population, family, nutrition

For citation: Ijgin Yu.M., Radnaeva M.V., Darzhaev V.Kh. 2023. Results of Monitoring of Geosystems Using Invertebrate Mesofauna as Bioindicators of Anthropogenic Impact. *Regional Geosystems*, 47(1): 156–170. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-156-170

Введение

Окружающая среда и биосфера в настоящее время испытывают непрерывное, многообразное и разнородное давление со стороны человека и его цивилизации. В этом многообразии прессинг сельского хозяйства с его многомиллионными площадями пахотных земель становится основным дезинтегратором внешних и внутренних связей природных ландшафтов.

Существует жесткая детерминированная связь между определенным воздействием на геосистему, характером изменений и уровнем последствий. Следовательно, критерием оценки изменений и последствий в природных ландшафтах принимается качественное состояние исходных ресурсов или исходное «качество» их внутренней и внешней среды. Стратегия предупреждения, сохранения и охраны должна быть ориентирована на анализ, определение и фиксацию различных экологических состояний ландшафта до момента его освоения с учетом природных резервов геосистемы по возобновлению извлекаемых ресурсов. Одним из основных в ряду многих природных ресурсов, присутствующих на планете, является живое вещество биосферы, которое имеет свойство постоянного возобновления.

Реальный живой мир, его взаимная увязанная целостность и жесткая детерминированность (зависимость) от внешнего космического пространства¹ [Смит, 1982] порождает защитную экологическую среду или жизненную среду [Гумбольдт, 1959; Реймерс, 1994]. Это означает, что организмы создали свою ойкумену или, другими словами, сама жизненная среда, почва, приготовлена биотой [Докучаев, 1883] и ей нет смысла тратить энергию и вещество на адаптацию, ибо существует сверхзадача – поддержание ими своей среды обитания в оптимальном для жизни состоянии [Седов, 1976; Капра, 2003; Ильин и др., 2019; Арутюнов, 2021]. Поддержание же оптимальной среды обитания диктуется тем, что «... биологический вид, наделенный сочетанием жестко детерминированных рефлексов, инстинктов и наследственных признаков, способен сохранять жизнеспособность в условиях неизменной среды» [Седов, 1976].

Поэтому, создание организмами своей ойкумены (почвенной системы) является их естественной функцией, острой необходимостью и важной причиной в борьбе за выживание, которая предполагает создание оптимальных условий для развития живой материи посредством симметричного ответа на внешние возмущения, генерируемые

¹ Рудль К.Ф. 1850. Куда девалась городская ласточка? Отечественные записки, 71: 7.



геотопом и окружающей средой [Ильин и др., 2019; 2020]. Поэтому биота 99 % своей энергии затрачивает на погашение внутренних флуктуаций (обустройство), занимаемой ими ниши, то есть почвы [Марков, 2008].

Так, согласно [Гиляров, Криволицкий, 1985], в почвенных системах и на почвах обитает 92 % всех животных и растений. Значит, почвенные системы являются базисом, несущей поверхностью иместилищем (экодомом) организмов в природных ландшафтах.

Почвы, являясь результатом взаимодействия живой и неживой природы, стали важнейшим и незаменимым компонентом геосистем, основой продуцирования биологического вещества, пищевых цепей и энергетических процессов [Ковда, 1985]. Управляя круговоротом вещества в природе и регулируя энергетические процессы, она, почва, становится инвариантом геосистем разного уровня иерархии [Ильин и др., 2020]. Таким образом, одной из важнейших проблем современной научной мысли является изучение взаимосвязей в системе «биота – почва». На основе имеющихся данных и с учетом нарастающей эскалации антропогенных технологий в биосфере, в мировой литературе широко обсуждаются методы контроля состояния наземных и водных экосистем, их возможной экологической оценки по схеме «воздействие – изменение – последствие» [Одум, 1975; Израэль, 1984; Бессолицына, 2021]. Среди наземных экосистем, культурные пашни с их механическими обработками, вносят наибольший вклад в хаотизацию взаимосвязей в системе «биота – почва» и одновременно они чрезвычайно важны в социально-экономическом плане [Ильин и др., 2020]. Именно по этим причинам необходима организация на этих территориях регулярного мониторинга на основе единой системы методов выявления, последующей оценки и наблюдения за состоянием почвенных систем, из которых слагаются земли сельскохозяйственного назначения. В настоящее время такие исследования проводятся как у нас в стране [Соколова, Сухина, 2017; Самедов, 2019; Никифорова, Морозов, 2020; Широкова, Юрова, 2021; Kolesnikova, Konakova, 2021], так и за рубежом [George et al., 2017; Wei et al., 2017; Leclercq-Dransart et al., 2020; Tukenova et al., 2022].

Живые организмы являются вещественной основой формирования биокосных тел. Ответная реакция живых организмов на внешние воздействия проявляется в изменении количественных и качественных показателей (биомасса, разнообразие и др.), что позволяет рассматривать их как перспективный биоиндикатор, который дает возможность обнаруживать отклонения в функционировании почвенного компонента природного комплекса в целом. В связи с этим целью настоящей работы является выявление и выбор мониторинговых тест-объектов функционирования почвенной системы согласно схеме «воздействия – изменения – последствия».

Исследования проводили на территории учебно-мелиоративного полигона (УМП) «Сужа» ФГБОУ ВО БГСХА им. В.Р. Филиппова. УМП «Сужа» расположен в Иволгинской котловине Западного Забайкалья и входит в буферную зону Байкальской природной территории (БПТ). Климат территории экстремально континентальный. Среднегодовые температуры отрицательные (–1,1), безморозный период составляет 110–116 дней, сумма температур выше 10 °С равна 1900–2000 °С. Среднегодовое количество осадков составляет здесь 234 мм, большая часть которых (60–70 %) выпадает во второй половине лета. Территория УМП «Сужа» по теплообеспеченности относится к умеренно-теплому району². Согласно осредненным климатическим показателям, район исследований входит в сухостепную ландшафтную зону, в которой культивируемые агрофитоценозы требуют регулярного орошения.

² Атлас Забайкалья. 1967. М., Иркутск, ГУГК, 176 с.

Объекты и методы исследования

В основу настоящей работы положены данные полевых и лабораторных исследований, которые проводили на аллювиальной луговой почве. Отбор и учет мезопедобионтов был выполнен в августе в полевых сезонах 2013–2015 гг. Сущность метода заключается в отлове представителей мезофауны до нижней границы их расселения. При этом основное внимание уделялось определению абсолютного количества немикроскопических организмов (мезоэдафона) на единицу площади почвенного покрова. Принадлежность организма к тому или иному семейству определяли микроскопически в лабораторных условиях.

Объект исследований – живое вещество почвы анализируется на ландшафтном уровне, где фиксируется состояние и динамика мезофауны биоценозов. Как правило, в экосистемном метаболизме ландшафтов ни один из видов биоты не является самостоятельным. Поэтому вопрос о связи видового богатства с устойчивостью экосистемы является дискуссионным. В связи с этим определение таксонов беспозвоночных аллювиальной луговой почвы проводили до уровня семейств.

Результаты и их обсуждения

Известно, что в почве находит отражение всякое воздействие на ландшафт или геосистему. Изменения почвы, являющейся средой обитания биотических сообществ [Ильин и др., 2020], неизбежно сказываются на количественной и качественной структуре и функционировании мезофауны.

Общая численность беспозвоночных в геотопах с аллювиальными луговыми почвами колеблется в пределах 8,0–180,0 экз./м² (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Численность (экз./ м²) и обилие (%) беспозвоночных
в аллювиальной луговой почве геотопов сухостепного ландшафта
Number (units/m²) and abundance (%) of invertebrates
in alluvial meadow soil of geotopes of the dry steppe landscape

Геотоп	Вариант	Открыточелюстные (<i>Insecta-Ectognatha</i>)		Многоножки (<i>Myriopoda</i>)		Малощетинковые (<i>Oligochaeta</i>)		Всего, экз./м ²
		экз./м ²	%	экз./м ²	%	экз./м ²	%	
Целина	Богара	157,2 ± 3,66	100	–	–	–	–	157,2
Естественный сенокос	Богара	92,0 ± 3,63	97,2	1,4 ± 0,80	1,4	1,4 ± 0,49	1,4	94,8
	Орошение	180,0 ± 8,27	100	–	–	–	–	180,0
Многолетние травы	Богара	8,0 ± 1,41	100	–	–	–	–	8,0
	Орошение	86,6 ± 2,33	97,0	2,6 ± 0,80	3,0	–	–	89,2
Картофель	Богара	8,0 ± 1,41	100	–	–	–	–	8,0
	Орошение	46,6 ± 2,50	100	–	–	–	–	46,6

Примечание: прочерк – не обнаружено.

В целинном геотопе с естественными условиями общая численность мезофауны составляет 157,2 экз./м². Максимальное количество почвенных беспозвоночных зарегистрировано в геотопе под естественным сенокосом при орошении – 180,0 экз./м².



Важно отметить, что регулярное применение орошения увеличивает численность беспозвоночных в геотопе под естественным сенокосом по сравнению с целинным аналогом в 1,1 раз. В других геотопах сельскохозяйственное использование почвы в условиях богары и орошения приводит к снижению численного состава почвенных беспозвоночных. Наиболее выпукло, критично снижение количества населения почвы наблюдается в геотопах без орошения, где его численность уменьшается в 19,7 раз под посевами многолетних трав и картофеля.

Применение на естественных сенокосах оросительной мелиорации увеличивает численность беспозвоночных до 180,0 экз./м², что больше на 22,8 экз./м² в сравнении с целинным аналогом и на 88,0 экз./м² по отношению к тому же геотопу с атмосферным увлажнением. Регулярное орошение естественного травостоя сенокосного геотопа стимулирует формирование разнотравно-злаковых фитоценозов, в составе растений появляется люцерна серповидная, увеличивается фитомасса и растительный опад, которые служат кормовой базой и укрытием для многочисленных насекомых (180,0 экз./м²).

Принимая экологическое состояние целинного ландшафта за 100 %, можно оценить степень антропогенной нарушенности экосистем по пятибалльной оценочной шкале. Эта шкала широко используется в биоиндикации, где I степень соответствует очень слабому ухудшению среды обитания, а отклонение индикационных показателей от фоновых характеристик составляет не более 20 %; II – слабая степень с отклонением от 21 до 40 %; III – средняя степень (41–60 %); IV – сильная (61–80 %) и более 81 % – очень сильная.

Степень нарушенности экосистем сухостепного ландшафта Иволгинской котловины, где индикативными параметрами является численный состав населения почвенной системы, представлена в табл. 2.

Таблица 2
Table 2

Степень нарушенности экосистем сухостепного ландшафта
по результатам анализа численности беспозвоночных
The degree of disturbance of ecosystems of the dry steppe landscape according
to the results of the analysis of the number of invertebrates

Отклонение от фоновых характеристик, %	Целина	Естественный сенокос		Многолетние травы		Картофель		Степень нарушенности
		Богара	Орошение	Богара	Орошение	Богара	Орошение	
< 20	100	–	114,5	–	–	–	–	отсутствие
21–40	–	–	–	–	–	–	–	слабая
41–60	–	41,5	–	–	44,9	–	–	средняя
61–80	–	–	–	–	–	–	72,3	сильная
> 81	–	–	–	94,9	–	94,9	–	очень сильная

Примечание: прочерк – не обнаружено.

Анализ приведенных в таблице данных показывает низкую эффективность антропогенных технологий при освоении и вовлечении в сельскохозяйственный оборот целинных земель. Так, под воздействием богарного и орошаемого земледелия происходят негативные изменения в экосистемах, где степень их нарушенности варьирует от средней до очень сильной. Противопоставление друг другу агротехнологий богарного и орошаемого земледелия по степени влияния на изменения, происходящие в

биоценозах почвенных систем, дает право утверждать, что искусственное дождевание менее негативно. Особенно это заметно под фитоценозами естественных сенокосов, где наблюдается расширенный, численный прирост мезофауны на 14,6 % в сравнении с целинным аналогом.

Временное отсутствие почвенных животных является не только причиной возникновения численного колебания, но и служит механизмом, позволяющим переживать организмам неблагоприятные условия. Значит, этот параметр является инертным видом устойчивости, где система почвенных животных обладает способностью сохранять свое состояние при внешнем воздействии в течение некоторого периода времени. Однако, господствующий ныне при изучении реакции сообщества почвенных животных на сезонное изменение условий жизни, редуционно-аналитический подход не дает однозначных ответов. Поэтому представляется достаточно обоснованным проводить количественное изучение структуры почвенной мезофауны не по отдельным признакам, а по их сопряженным комплексам, определяющим реакцию организма на сумму экологического воздействия эндогенного и экзогенного начала.

Известно, что колебания общей численности и биомассы беспозвоночных – часто ненадежный критерий для определения степени воздействия. Поэтому, признавая большое значение доминирующих групп, представляется более информативным оценить структуру всего фаунистического комплекса в целом (табл. 3).

Таблица 3
Table 3

Таксоны, численность и биомасса сообщества беспозвоночных
в аллювиальной луговой почве геотопов сухостепного ландшафта
Taxons, abundance and biomass of invertebrate communities
in alluvial meadow soil of dry steppe landscape geotopes

Таксон	Богара				Орошение		
	Целина	Естественный сенокос	Многолетние травы	Картофель	Естественный сенокос	Многолетние травы	Картофель
Класс	1	3	1	1	1	2	1
Отряд	2	3	3	2	3	4	2
Семейство	6	8	6	3	6	10	4
Глубина встречаемости, см	20	20	30	20	30	30	30
Численность, экз./м ²	157,2	94,8	8,0	8,0	180,0	89,2	46,6
Биомасса, г/м ²	1,534±0,17	3,335±0,10	0,128±0,024	0,041±0,014	2,419 ± 0,13	1,116 ± 0,03	1,091 ± 0,10

Беспозвоночные целинного геотопа обживают верхний слой почвенной толщи (0–20 см). Эту же нишу почвы занимают беспозвоночные естественных сенокосов и педобионты под посадками картофеля. Животное население под многолетними травами обживает слой до 30 см аллювиальной луговой почвы. Объединяющим началом этих геотопов являются естественные природные условия.



Комплекс мезофауны неорошаемого сенокосного геотопа отличается от комплекса беспозвоночных целинного и агрогенных геотопов. Естественное восстановление фитоценозов при охране территории приводит к разнообразию фаунистического комплекса почвенной системы. В этом геотопе в дополнение к классу насекомых появляются классы многоножек и олигохет.

Создание агроценозов на целинных землях изменяет таксономическую структуру мезофауны аллювиальной луговой почвы Иволгинской котловины. Так, увеличивается количество отрядов беспозвоночных под посевами многолетних трав во всех исследуемых геотопов – с 2 (целина) до 4 (орошение). При орошении многолетних трав количество семейств возрастает с 6 (целина) до 10. Не менее интересна тенденция усложнения таксономического структурного разнообразия у беспозвоночных богарного естественного сенокосного геотопа в сравнении с таксонами целинного геотопа. Кроме того, в этом геотопе при падении численности беспозвоночных с 157,2 (целина) до 94,8 экз./м² самая высокая биомасса – 3,335 г/м². Достаточно парадоксальная ситуация: по численности беспозвоночных экосистема богарного сенокосного геотопа оценивается как средней степени нарушенности, а по структурному разнообразию ее мезофауна не уступает орошаемому геотопу многолетних трав и явно превосходит по разнообразию таксономическую структуру беспозвоночных целинного геотопа.

Это означает, что население беспозвоночных вынуждено на основе прежних внутренних связей выстраивать такую систему взаимоотношений между собой, которая теперь в большей степени отвечает новым экологическим требованиям почвенного покрова. Можно утверждать, что сообщество почвенных животных переходит на следующую ступень защиты от неблагоприятных внешних воздействий – пластичность. Этот вид устойчивости системы характеризуется способностью сообщества организмов переходить из одного стационарного состояния в другое, но при этом сохранять свои прошлые эндогенные связи.

Пропашное земледелие с возделыванием картофеля снижает влияние на число семейств под посевами картофеля с 6 (целина) до 3 (богара) и 4 (орошение). Результаты нашего анализа, проведенного на материале, собранном в Иволгинской котловине Западного Забайкалья, показывают, что антропогенные факторы, конкурируя с природными зональными факторами, генерируют изменения в структуре фауны зонального ряда, которые проявляются не только на уровне семейств, но и на уровне более крупных таксонов. В то же время, численный состав и общая биомасса беспозвоночных не синхронизируется с изменениями, произошедшими в структуре почвенных животных (см. табл. 3).

Поэтому пространственное распределение организмов на ландшафтном уровне можно объяснить, беря в качестве базовой единицы функциональные группы (экоморфы) почвенных животных. Как правило, ландшафтный уровень и выше тесно связаны с таксонами беспозвоночных на уровне семейств [Anderson et al., 2005; Зайцев, 2022].

При определении функциональных экоморф почвенных животных мы отошли от классического деления их на трофические группы по пищевой специализации. Хотя облигатные фитофаги и имеют тесную связь с их пищевыми объектами, но их ценность для диагностики почвообразовательных процессов как экологических факторов гораздо ниже, чем прочих групп беспозвоночных. Трофические связи почвообитающих хищников выявить очень сложно и для этого необходимы специализированные исследования [Сергеева, 1982]. То же самое свойственно некрофагам. Как правило, специализированные некрофаги в толще почвы не встречаются, и большинство видов развиваются на падали³. В связи с этим в нашей работе они не рассматриваются. Особенности экологии этих групп беспозвоночных в большой степени определяются их пищевыми пристрастиями, а не

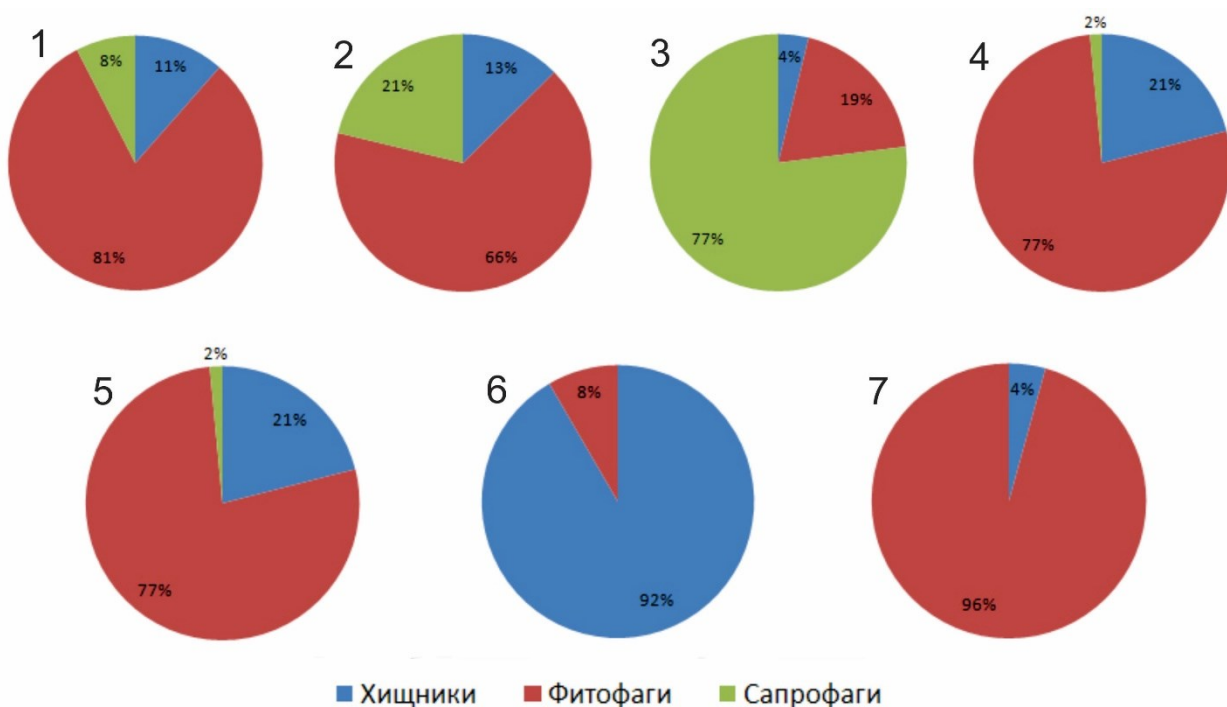
³ Мамаев Б.М. 1972. Определитель насекомых по личинкам. М., Просвещение, 400 с.

свойствами почвы, формирующими характер и облик экосистемы. Поэтому можно считать вышеуказанные группы беспозвоночных достаточно однородными и не проводить дальнейшую специализацию в рамках решаемой задачи.

В мезофауне сапрофильных беспозвоночных можно выделить несколько функциональных экоморф, выполняющих различную роль в детритных пищевых цепях, – фитофаги, микрофитофаги и детритофаги [Стриганова, 1980; Гордиенко и др., 2021]. Беспозвоночные сапрофильного профиля согласно Козловской [1976] различают по результатам воздействия на остатки растительной массы в процессе их утилизации, в соответствии с чем в их структуре могут быть выделены группы карболиберантов и нитролиберантов. Карболиберанты контролируют миграцию углерода в почве, а нитролиберанты – миграцию азота [Козловская, 1981]. Эти группы можно рассматривать как аналоги минерализаторов и гумификаторов [Стриганова, 1980], которые непосредственно создают почвенную толщу.

Антропогенные технологии, изменяя и превращая ландшафты в культурные фитоценозы, приводят к локальным изменениям характеристик зонального типа биологического круговорота, одновременно происходит смена источников питания. В результате почвенные животные вынуждены осуществлять структурную перестройку в первую очередь на уровне семейств, отвечающих за трофическую цепь. В связи с этим, многие авторы [Коробов, 1976; Безкоровайная и др., 2018; Витион, 2019; Мусаев и др., 2020; Рыбалов, 2022] отмечают, что в почвах, подверженных антропогенному воздействию, наблюдается своеобразное изменение трофической структуры почвенной биоты.

Характеристики трофических групп беспозвоночных геотопов аллювиальной луговой почвы и их изменения под влиянием антропогенного пресса представлены на рис. 1.



1 – целина; 2 – естественный сенокос, богара; 3 – естественный сенокос, орошение; 4 – многолетние травы, богара; 5 – многолетние травы, орошение; 6 – картофель, богара; 7 – картофель, орошение.

Рис. 1. Процентное соотношение численности различных трофических групп в структуре почвенной мезофауны

Fig. 1. Percentage ratio of the number of different trophic groups in the structure of the soil mesofauna



Проведенный анализ трофической структуры почвенных животных показывает, что хищники и фитофаги присутствуют во всех геотопах аллювиальной луговой почвы. Значит, эти трофические группы мезопедобионтов не могут быть знаковыми биоиндикаторами изменения их среды обитания – почвенной системы. Беспозвоночные, хищники и фитофаги являются лишь потребителями органической массы, не влияя напрямую на гумификационные процессы. Между тем, сапрофаги не обнаружены в трех из семи геотопах данной почвы. Отсутствие их в антропогенном фитоценозе с естественными условиями жизни, под картофелем при орошении и без орошения связано с тотальным выносом урожая сельскохозяйственных культур в закрома товаропроизводителей. А оставшаяся на поле после уборки урожая органическая масса, вероятно, обладает специфическим химическим составом или недостаточна для обеспечения жизненных потребностей сапрофагов, или и то и другое вместе взятое.

Известно, что сапрофаги тесно и напрямую связаны с показателями химического состава (Ca, Mg, K и др.) и обилия растительной подстилки как объекта питания. Поэтому они, одни из первых, реагируют на антропогенные воздействия, которые экспроприируют урожай фитоценозов, оставляя сапрофагов на голодном пайке. Поэтому, снижение их доли может служить сигналом начала изменения направления почвообразовательного процесса и, вместе с ним, изменения биотического круговорота в геосистеме, трактуемого экологами как нарушение жизни экосистемы. Полное отсутствие сапрофагов в комплексе педобионтов указывает, что в почве, которая является инвариантом геосистемы [Ильин и др., 2020], прекращаются гумусообразовательные процессы и вместе с ними депонирование органического вещества – гумуса. Отсутствие сапрофагов (*Lumbicidae*, *Mollusca*, *Isopoda*, *Diplopoda*, *Enchytreidae*, *Tipulidae* и др.) – это сигнал о начале использования верхних, дневных гумусированных слоев почвы человеком, растительными сообществами, фитофагами и зоофагами. Это означает, что растения и организмы в силу жизненной необходимости будут использовать ранее накопленное гумусное богатство почвы. Таким образом, в почвенной системе запускаются деградационные процессы биологического характера. Значит, беспозвоночные сапрофаги педосистем могут служить естественными биоиндикаторами экологического состояния геосистемы.

При переводе пашни в категорию залежных земель и их использовании в качестве орошаемых сенокосов происходит восстановление функциональной структуры почвенных животных, где доля сапрофагов достигает 77 % и 21,3 % при атмосферном увлажнении. Кроме того, оросительная мелиорация стимулирует появление сапрофагов в почве под посевами многолетних трав.

Заключение

В геосистемах инвариантом следует считать почву, где пересекаются потоки живой и неживой природы, формируются пищевые цепи, регулирующие планетарные и локальные биохимические и биогеохимические циклы в целях создания биологической продукции и депонирования углерода в гумусной оболочке биосферы. Современное состояние почв, в том числе агрогенных, определяется неизменностью факторов почвообразования и в процессе своей «жизни» почва претерпевает изменения и трансформации как под воздействием природных и антропогенных факторов, так и в ходе саморазвития. В результате формируется элементарный почвообразовательный процесс, который определяет структурный состав эдафона.

Специфический эдафон, складывающийся в каждом типе почв, чутко реагирует на различные изменения почвенных процессов сдвигом численности отдельных семейств, но при этом остается сложным комплексом живых организмов, который осуществляет деструкцию органического вещества с последующим упорядочением ее в органо-минеральные комплексы или, по крайней мере, осуществляет мягкую инверсию (расщепление сложных углеводов, белков и др.).

Временное отсутствие отдельных групп мезобионтов в геотопах аллювиальной луговой почвы Иволгинской котловины Западного Забайкалья служит механизмом, позволяющим организмам переживать неблагоприятные условия. Это указывает на проявление инертной устойчивости, где система почвенных животных обладает способностью сохранять свое состояние при внешнем воздействии в течение некоторого периода времени. Отсутствие же в геотопах аллювиальной луговой почвы с посевами многолетних трав (богара) и картофеля (богара и орошение) сапрофагов-гумусообразователей указывает на деграционные процессы, происходящие в почве.

Восстановление фаунистического комплекса после активного внешнего воздействия до исходного состояния определяется наличием всех функциональных групп (экоморф) почвенных животных.

Качественные изменения, происходящие в структуре всего фаунистического комплекса почвенных животных, указывают на то, что сообщество мезопедобионтов переходит на следующую ступень защиты от неблагоприятных внешних воздействий – пластичную. Этот вид устойчивости системы характеризуется способностью сообщества организмов почвы переходить из одного стационарного состояния в другое, но при этом сохранять прошлые эндогенные связи.

Таким образом, мониторинг экологического состояния геосистем необходимо осуществлять на основе анализа всего комплекса беспозвоночных животных почвенной системы. Выбор биоиндикаторов в условиях непрерывного антропогенного пресса зависит от целей и задач, решаемых обществом в процессе сельскохозяйственного и иного использования.

Список литературы

- Арутюнов В.С. 2021. Концепция устойчивого развития и реальные вызовы цивилизации. Вестник Российской академии наук, 91(3): 205–214. DOI: 10.31857/S0869587321030026
- Безкоровайная И.Н., Гренадерова А.В., Кошкарова А.В., Смолянинова С.Э. 2018 Отклик почвенных беспозвоночных на послепожарную трансформацию лесных экосистем Средней Сибири. В кн.: Проблемы почвенной зоологии. Материалы XVIII Всероссийского совещания по почвенной зоологии. Москва, 22–26 октября 2018. Москва: Общество с ограниченной ответственностью Товарищество научных изданий КМК: 29–30.
- Бессолицына Е.П. 2021. Антропогенная дестабилизация состояния почвенно-биотических сообществ в геосистемах юга Восточной Сибири. Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле, 36: 16–25. DOI: 10.26516/2073-3402.2021.36.16
- Витион П.Г. 2019. Резистентность педобионтов к засухе в экосистемах. В кн.: Биологическое разнообразие – основа устойчивого развития. Материалы международной научно-практической конференции, Грозный, 22 мая 2019. Грозный, Чеченский государственный педагогический университет: 30–42.
- Гиляров М.С., Криволицкий Д.А. 1985. Жизнь в почве. М., Изд-во Молодая гвардия, 191 с.
- Гордиенко Т.А., Вавилов Д.Н., Лукьянова Ю.А. 2021. Структурная организация сообщества наземных и почвенных беспозвоночных на естественных и нарушенных участках Танаевских лугов Национального парка «Нижняя Кама». Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Сидовича, 29: 38–50.
- Гумбольдт А.Ф. 1959. Картины природы. М., Наука, 269 с.
- Докучаев В.В. 1883. Русский чернозем. СПб., Императорское Вольное экономическое общество, 376 с.
- Зайцев А.С. 2022. Интенсивность землепользования определяет долю экологически пластичных видов орибатид с широким ареалом в луговых почвах. В кн.: Биота, генезис и продуктивность почв. Материалы XIX Всероссийского совещания по почвенной зоологии, Улан-Удэ, 15–19 августа 2022. Улан-Удэ, Бурятский научный центр Сибирского отделения РАН: 79–80.
- Израэль Ю.А. 1984. Экология и контроль состояния природной среды. М., Гидрометеоздат, 560 с.



- Ильин Ю.М., Калашников К.И., Коменданова Т.М. 2020. Современное состояние и рациональное использование земельных ресурсов в Байкальском регионе. Улан-Удэ, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, 194 с.
- Ильин, Ю.М., Павлова Е.В., Базаржапов Б.Д. 2019. Аграрное землепользование и мелиорация в Байкальском регионе: назад в прошлое. В кн.: Аграрная наука – сельскому хозяйству. Сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции, Барнаул, 07–08 февраля 2019. Барнаул, Алтайский государственный аграрный университет, Книга 2: 408–409.
- Капра Ф. 2003. Паутина жизни. Новое понимание живых систем. М., София, 336 с.
- Ковда В.А. 1985. Биогеохимия почвенного покрова. М., Наука, 264 с.
- Козловская Л.С. 1976. Роль почвенных беспозвоночных в трансформации органического вещества болотных почв. Л., Наука, 211 с.
- Козловская Л.С. 1981. Почвенные беспозвоночные как фактор формирования почвенного биогеоценоза. Киев, Урожай, 101 с.
- Коробов Е.Д. 1976. Относительное значение различных крупных почвообитающих беспозвоночных для индикации почвенных условий в биогеоценозах южной тайги. М., Наука, 123 с.
- Марков Ю.Г. 2008. Экология и информация: новые идеи. Новосибирск, ГПНТБ СО РАН, 163 с.
- Мусаев Ф.А., Бабушкин В.А., Гаглоев А.Ч., Захарова О.А. 2020. Оценка результатов экспериментальных исследований микроорганизмов торфяной почвы. Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания, 2: 129–138. DOI: 10.24411/2311-6447-2020-10052
- Никифорова Ю.Ю., Морозов Н.А. 2020. Оценка влияния органоминерального компоста на состав мезофауны и физико-химические свойства почвы в условиях агроландшафта. Инновации. Наука. Образование, 22: 672–679.
- Одум Ю. 1975. Основы экологии. М., Мир, 742 с.
- Реймерс Н.Ф. 1994. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). М., Журнал «Россия Молодая», 367 с.
- Рыбалов Л. Б. 2022. Состав и структура населения почвенной макрофауны южной Чукотки. В кн.: Биота, генезис и продуктивность почв. Материалы XIX Всероссийского совещания по почвенной зоологии, Улан-Удэ, 15–19 августа 2022. Улан-Удэ, Бурятский научный центр Сибирского отделения РАН: 139–140.
- Самедов П.А. 2019. Взаимосвязь между количественными показателями беспозвоночных животных и гумусом почвы. Евразийский союз ученых, 3–5(60): 30–33.
- Седов Е.А. 1976. Эволюция и информация. М., Наука, 232 с.
- Сергеева Т.К. 1982. Методы и современное состояние изучения трофических связей хищных почвенных беспозвоночных: серологический анализ питания. Зоологический журнал, 62(2): 109–119.
- Смит Р.Л. 1982. Наш дом планета Земля. Полемические очерки об экологии человека. М., Мысль, 382 с.
- Соколова Т.Л., Сухина Т.В. 2017. Биоиндикационная роль почвенной мезофауны в оценке почв различных биогеоценозов Костромской области. В кн.: Природа Костромского края: современное состояние и экомониторинг. Материалы Межрегиональной научно-практической конференции, Кострома, 24–25 марта 2017. Кострома, Костромской государственный университет: 35–39.
- Стриганова Б.Р. 1980. Питание почвенных сапрофагов. М., Наука, 243 с.
- Широкова В.А., Юрова Ю.Д. 2021. Комплексная геоэкологическая оценка водосборной территории р. Осетр в условиях антропогенного воздействия. Региональные геосистемы, 45(4): 601–616. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-601-616.
- Anderson M.J., Connell S.D., Gillanders B.M., Diebel C.E., Blom W.M., Landers T.J., Saunders J.E. 2005. Relationships Between Taxonomic Resolution and Spatial Scales of Multivariate Variation in Kelp Holdfast Assemblages. *Journal of Animal Ecology*, 74: 636–646. DOI: 10.1111/j.1365-2656.2005.00959.x

- George P.B., Keith A.M., Creer S., Barrett G.L., Lebron I., Emmett B.A., Robinson D.A., Jones D.L. 2017. Evaluation of Mesofauna Communities as Soil Quality Indicators in a National-Level Monitoring Programme. *Soil Biology and Biochemistry*, 115: 537–546. DOI: 10.1016/j.soilbio.2017.09.022
- Kolesnikova A.A., Konakova T.N. 2021. The State of Soil Macrofauna in Pine and Spruce Forests of the Middle Taiga Zone during Reduction of Pulp and Paper Industry Emissions (Komi Republic). *Contemporary Problems of Ecology*, 14: 665–674. DOI 10.1134/S1995425521060068
- Leclercq-Dransart J., Demuynck S., Douay F., Grumiaux F., Pernin C., Leprêtre A. 2020. Comparison of the Interest of four Types of Organic Mulches to Reclaim Degraded Areas: a Field Study Based on Their Relative Attractiveness for Soil Macrofauna. *Ecological Engineering*, 158: 106066. DOI 10.1016/j.ecoleng.2020.106066
- Tukenova Z.A., Alimzhanova M.B., Akylbekova T.N., Ashimuly K., Kuandykova A.D. 2022. Changes in the Ecological and Biological Properties of Light-Chestnut Soils in the South-East of Kazakhstan Under Heavy Metal Pollution. *Soil Science and Agrochemistry*, 1: 52–61. DOI 10.51886/1999-740X_2022_1_52
- Wei H., Liu W., Zhang J., Qin Z. 2017. Effects of Simulated Acid Rain on Soil Fauna Community Composition and Their Ecological Niches. *Environmental Pollution*, 220: 460–468. DOI 10.1016/j.envpol.2016.09.088

References

- Arutyunov V.S. 2021. The Concept of Sustainable Development and Real Challenges of Civilization. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 91(2): 102–110 (in Russian). DOI: 10.1134/S1019331621020027
- Bezkorovaynaya I.N., Grenaderova A.V., Koshkarova A.V., Smolyaninova S.E. 2018. Responses of Soil Invertebrates on the Transformation of Post-Fire Forest Ecosystems of Central Siberia. In: *Problems of Soil Zoology. Proceedings of the XVIII All-Russian Conference on Soil Zoology*. Moscow, 22–26 October 2018. Moscow, Publ. Obschestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu Tovarishchestvo nauchnyh izdaniy KMK: 29–30 (in Russian).
- Bessolitsyna E.P. 2021. Anthropogenic Destabilization of the Soil-Biotic Communities State' in the Geosystems on the South of Eastern Siberia. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series «Earth Sciences»*, 36: 16–25 (in Russian). DOI: 10.26516/2073-3402.2021.36.16
- Viton P.G. 2019. Rezistentnost' pedobiontov k zasuhe v ekosistemah [Resistance of Pedobionts to Drought in Ecosystems]. In: *Biologicheskoe raznoobrazie – osnova ustojchivogo razvitiya [Biological Diversity is the Basis of Sustainable Development]*. Materials of the International Scientific and Practical Conference, Grozny, 22 May 2019. Grozny, Publ. Chechenskij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet: 30–42.
- Gilyarov M.S., Krivolutskiy D.A. 1985. *Zhizn v pochve [Live in the soil]*. Moscow, Publ. Molodaya gvardiya, 191 p.
- Gordienko T.A., Vavilov D.N., Lukyanova YU.A. 2021. Structural Organization of the Community of Land and Soil Invertebrates in Natural and Disturbed Areas of Tanayev Meadows of the Nizhnaya Kama National Park. *Proceedings of the Mordovia State Nature Reserve*, 29: 38–50 (in Russian).
- Humboldt A. 1959. *Ansichten der Natur*. Moscow, Publ. Nauka, 269 p. (in Russian).
- Dokuchaev V.V. 1883. *Russkiy chernozem [Russian chernozem]*. St. Petersburg, Publ. Imperatorskoye Volnoye ekonomicheskoye obshchestvo, 376 p.
- Zajcev A.S. 2022. Intensivnost' zemlepol'zovaniya opredelyaet dolyu ekologicheskii plastichnyh vidov oribatid s shirokim arealom v lugovyh pochvah [The Intensity of Land Use Determines the Proportion of Ecologically Plastic Oribatid Species with a Wide Range in Meadow Soils]. In: *Biota, genesis i produktivnost' pochv [Biota, Genesis and Productivity of Soils]*. Materials of the XIX All-Russian Conference on Soil Zoology, Ulan-Ude, 15–19 August 2022. Ulan-Ude, Publ. Buryatskij nauchnyj centr Sibirskogo otdeleniya RAN: 79–80.
- Izrael Yu.A. 1984. *Ekologiya i kontrol sostoyaniya prirodnoy sredy [Ecology and Control of State of the Environment]*. Moscow, Publ. Gidrometeoizdat, 560 p.



- Iljin Yu.M., Kalashnikov K.I., Komendanova T.M. 2020. *Sovremennoe sostoyanie i racional'noe ispol'zovanie zemel'nyh resursov v Bajkal'skom regione* [The Current State and Rational Use of Land Resources in the Baikal Region]. Ulan-Ude, Publ. Buryatskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya imeni V.R. Filippova, 194 p.
- Iljin Yu.M., Pavlova E.V., Bazarzhapov B.D. 2019. *Agrarnoe zemlepol'zovanie i melioraciya v Bajkal'skom regione: nazad v proshloe* [Agricultural land use and land reclamation in the Baikal region: back to the past]. In: *Agrarnaya nauka – sel'skomu hozyajstvu* [Agrarian science – agriculture]. Collection of materials of the XIV International Scientific and Practical Conference, Barnaul, 07–08 February 2019. Barnaul, Publ. Altajskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, Book 2: 408–409.
- Kapra F. 2003. *Pautina zhizni. Novoe ponimanie zhivyyh sistem* [Web of Life. New Understanding of Living Systems]. Moscow, Publ. Sofiya, 336 p.
- Kovda V.A. 1985. *Biogehimiya pochvennogo pokrova* [Biogeochemistry of Soil Cover]. Moscow, Publ. Nauka, 264 p.
- Kozlovskaya L.S. 1976. *Rol pochvennyih bespozvonochnyih v transformatsii organicheskogo veschestva bolotnyih pochv* [The Role of Soil Invertebrates in Organic Matter Transformation in Wetlands]. Leningrad, Publ. Nauka, 211 p.
- Kozlovskaya L.S. 1981. *Pochvennyie bespozvonochnyie kak faktor formirovaniya pochvennogo biogeotsenoza* [Soil Invertebrates as a Factor of Organization of Soil Biogeocoenosis]. Kiev, Publ. Urozhay, 101 p.
- Korobov E.D. 1976. *Otnositelnoe znachenie razlichnyih krupnyih pochvoobitayuschih bespozvonochnyih dlya indikatsii pochvennyih usloviy v biogeotsenozah yuzhnoy taygiv* [Relative Value Different Large of Soil Invertebrates for Indication of the Soil Conditions in South Taiga Biogeocoenosis]. Moscow, Publ. Nauka, 123 p.
- Markov Yu.G. 2008. *Ekologiya i informatsiya: novye idei* [Ecology and Information: New Ideas]. Novosibirsk, Publ. GPNTB SO RAN, 163 p.
- Musaev F.A., Babushkin V.A., Gagloev A.CH., Zaharova O.A. 2020. *Evaluation of the Results of Experimental Studies of Peat Soil Micro-Organisms. Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya*, 2: 129–138 (in Russian). DOI: 10.24411/2311-6447-2020-10052
- Nikiforenko Yu.Yu., Morozov N.A. 2020. *Ocenka vliyaniya organomineral'nogo komposta na sostav mezofauny i fiziko-himicheskie svoystva pochvy v usloviyah agrolandshafta* [Assessment of the Effect of Organomineral Compost on the Composition of Mesofauna and Physico-Chemical Properties of Soil in the Conditions of the Agricultural Landscape]. *Innovacii. Nauka. Obrazovanie*, 22: 672–679.
- Odum Yu. 1975. *Osnovy ekologii* [Basics of Ecology]. Moscow, Publ. Mir, 742 p.
- Reymers N.F. 1994. *Ekologiya (teoriya, zakonyi, pravila, printsipyi i gipotezyi)*. [Ecology (Theory, Laws, Rules, Principles and Hypotheses)]. Moscow, Publ. Zhurnal «Rossiya Molodaya», 367 p.
- Rybalov L.B. 2022. *Sostav i struktura naseleniya pochvennoj makrofauny yuzhnoj Chukotki* [Composition and Structure of the Population of the Soil Macrofauna of Southern Chukotka]. In: *Biota, genesis i produktivnost' pochv* [Biota, Genesis and Productivity of Soils]. Materials of the XIX All-Russian Conference on Soil Zoology, Ulan-Ude, 15–19 August 2022. Ulan-Ude, Publ. Buryatskij nauchnyj centr Sibirskogo otdeleniya RAN: 139–140.
- Samedov P.A. 2019. *The Relationship Between Quantitative Indices of Invertebrates and Soil Humus. Eurasian Union of Scientists*, 3–5(60): 30–33 (in Russian).
- Sedov E.A. 1976. *Evolyutsiya i informatsiya* [Evolution and information]. Moscow, Publ. Nauka, 232 p.
- Sergeeva T.K. 1982. *Metodyi i sovremennoe sostoyanie izucheniya troficheskikh svyazey hischnyyh pochvennyih bespozvonochnyih: serologicheskij analiz pitaniya* [The Methods and Contemporary State]. *Zoologicheskij zhurnal*, 62(2): 109–119.
- Smit R.L. 1983. *Nash dom planeta Zemlya. Polemicheskie ocherki ob ekologii cheloveka* [Our Home is Planet Earth. The Polemical Feature Article about Human Ecology]. Moscow, Publ. Myisl, 382 p.

- Sokolova T.L., Suhina T.V. 2017. The Bioindicative Role of Soil Mesofauna in the Evaluation of Soils of Different Ecosystems in Kostroma Region. In: Priroda Kostromskogo kraja: sovremennoe sostoyanie i ekomonitoring [Nature of the Kostroma Territory: Current State and Environmental Monitoring]. Materials of the Interregional Scientific and Practical Conference, Kostroma, 24–25 March 2017. Kostroma, Publ. Kostromskoj gosudarstvennyj universitet: 35–39 (in Russian).
- Striganova B.R. 1980. Pitanie pochvennyih saprofavog [The Nutrition of Soil Saprofagous]. Moscow, Publ. Nauka, 243 p.
- Shirokova V.A., Yurova Y.D. 2021. Comprehensive Geoecological Assessment of the Catchment Area of the Osetr River Under Anthropogenic Impact. Regional Geosystems, 45(4): 601–616. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-601-616
- Anderson M.J., Connell S.D., Gillanders B.M., Diebel C.E., Blom W.M., Landers T.J., Saunders J.E. 2005. Relationships Between Taxonomic Resolution and Spatial Scales of Multivariate Variation in Kelp Holdfast Assemblages. Journal of Animal Ecology, 74: 636–646. DOI: 10.1111/j.1365-2656.2005.00959.x
- George P.B., Keith A.M., Creer S., Barrett G.L., Lebron I., Emmett B.A., Robinson D.A., Jones D.L. 2017. Evaluation of Mesofauna Communities as Soil Quality Indicators in a National-Level Monitoring Programme. Soil Biology and Biochemistry, 115: 537–546. DOI: 10.1016/j.soilbio.2017.09.022
- Kolesnikova A.A., Konakova T.N. 2021. The State of Soil Macrofauna in Pine and Spruce Forests of the Middle Taiga Zone during Reduction of Pulp and Paper Industry Emissions (Komi Republic). Contemporary Problems of Ecology, 14: 665–674. DOI 10.1134/S1995425521060068
- Leclercq-Dransart J., Demuynck S., Douay F., Grumiaux F., Pernin C., Leprêtre A. 2020. Comparison of the Interest of four Types of Organic Mulches to Reclaim Degraded Areas: a Field Study Based on Their Relative Attractiveness for Soil Macrofauna. Ecological Engineering, 158: 106066. DOI 10.1016/j.ecoleng.2020.106066
- Tukenova Z.A., Alimzhanova M.B., Akyzbekova T.N., Ashimuly K., Kuandykova A.D. 2022. Changes in the Ecological and Biological Properties of Light-Chestnut Soils in the South-East of Kazakhstan Under Heavy Metal Pollution. Soil Science and Agrochemistry, 1: 52–61. DOI 10.51886/1999-740X_2022_1_52
- Wei H., Liu W., Zhang J., Qin Z. 2017. Effects of Simulated Acid Rain on Soil Fauna Community Composition and Their Ecological Niches. Environmental Pollution, 220: 460–468. DOI 10.1016/j.envpol.2016.09.088

*Поступила в редакцию 09.01.2023;
поступила после рецензирования 30.01.2023;
принята к публикации 05.03.2023*

*Received January 09, 2023;
Revised January 30, 2023;
Accepted March 05, 2023*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ильин Юрий Михайлович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры мелиорации и охраны земель, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова, г. Улан-Удэ, Республика Бурятия

Раднаева Мария Владимировна, преподаватель кафедры мелиорации и охраны земель, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова, г. Улан-Удэ, Республика Бурятия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yurij M. Ijin, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Melioration and Land Protection, V.R. Filippov Buryat State Agricultural Academy, Ulan-Ude, Republic of Buryatia

Marija V. Radnaeva, Lecturer of the Department of Melioration and Land Protection, V.R. Filippov Buryat State Agricultural Academy, Ulan-Ude, Republic of Buryatia



Даржаев Валерий Хандадоржиевич, Valerij Kh. Darzhaev, Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer, Department of Land Management, V.R. Filippov Buryat State Agricultural Academy, Ulan-Ude, Republic of Buryatia

кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры землеустройства, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова, г. Улан-Удэ, Республика Бурятия