



УДК 574.9

Изменение таксономического разнообразия почвенного мезонаселения при постагрогенном восстановлении степных геосистем Южно-Минусинской котловины

И. В. Балязин (grave79@mail.ru)
Е. П. Бессолицына (bessol@irigs.irk.ru)

Аннотация. В работе представлены результаты анализа изменения мезонаселения почв в процессе постагрогенных сукцессий степных геосистем. При снятии антропогенной нагрузки для естественно восстанавливающихся степных биогеоценозов характерны закономерные смены комплексов беспозвоночных, соответствующие абиотическим и биотическим условиям среды и сукцессионным стадиям. Проведены расчеты изменения таксономического разнообразия сообществ по индексу Маргалефа. Главной динамической тенденцией является постепенное увеличение количества таксонов, численности и биомассы беспозвоночных, стабилизация структуры к заключительным стадиям сукцессии.

Ключевые слова: степные геосистемы, почвенное мезонаселение, таксономическое разнообразие, численность и биомасса беспозвоночных, восстановительные сукцессии.

Введение

Развитие концепции сотворчества человека и природы, в число основных положений которой входят преодоление нежелательных последствий нарушения природной среды, охрана ее ресурсов и восстановление естественного потенциала, предполагает всестороннее изучение динамических процессов под влиянием человеческой деятельности. Оценка значимости изменений элементов абиотической среды для живых организмов представляет интерес для оптимизации системы мониторинга в условиях нарастающего антропогенного пресса.

Антропогенное воздействие на степные геосистемы Южно-Минусинской котловины не ограничивается только влиянием выбросов крупного промышленного предприятия цветной металлургии [2]. Земельные ресурсы регионов Сибири длительное время подвергаются различным формам воздействия, наиболее осязаемой среди них является распашка земель. Процессы освоения, связанные с преобразованием почвенно-растительного покрова, ведут к изменению физико-химических свойств почвы и водно-теплового баланса, вызывая разнообразные перестройки структуры и количественных характеристик животного населения. Преобразование структуры сообществ почвенных беспозвоночных позволяет определить сдвиги в течение почвообразовательного процесса намного оперативнее, чем при инструменталь-

ных и химических методах исследований [5]. В агроценозах нередко формируются зоокомплексы с высокой численностью и встречаемостью отдельных видов. В составе таких сообществ преобладают вредители сельскохозяйственных культур, как правило, в меньшей степени представлены сапрофаги и гетеротрофные членистоногие [1]. По сравнению с зооценозами степей других регионов в почвах равнинной части Минусинской котловины повышена численность ксерорезистентных видов насекомых. Структура мезонаселения почв довольно однообразна [3].

Мезонаселение почв – это сообщества гетеротрофных беспозвоночных, связанных между собой непосредственно через другие виды совместным использованием трофических ресурсов и территории географического масштаба, объединенных на основе общности распределения соответствующего типа почвы и растительности [9]. Среди основных экологических факторов, проявляющихся при восстановлении степных геосистем, можно выделить: периодически промывной водный режим, высокую теплообеспеченность при контрастности теплового режима. Частично изменяются основные генетические свойства черноземов, к которым относятся: высокая активность трансформации органических остатков в результате воздействия почвенной биоты, преобладание устойчивых форм связи гуминовых кислот и глинистого компонента почв, неглубокое залегание карбонатов и их активная профильная миграция, сохранение водопрочной микроструктуры и умеренное уплотнение в пахотном слое [11].

На территории исследования восстановление производных фитоценозов осуществляется постепенно – в течение 25–30 лет [4]. Сукцессии, представляющие последовательную смену одних биогеоценозов другими, направленную на формирование сообществ, характерных для данного региона, принадлежат к числу главных составляющих динамики геосистем. Изучение этих процессов и их средообразующей роли имеет важное значение для познания механизмов взаимодействия между компонентами природного комплекса. Вместе с тем оно весьма актуально также в связи с решением более непосредственных практических задач, прежде всего – сохранения и увеличения хозяйственного потенциала агроландшафтов: возобновление пастбищ, зацелинение залежей, зарастание и рекультивация нарушенных земель, ликвидации негативных последствий техногенного воздействия.

Преобразование почвенного покрова оказывает существенное влияние на качественный и количественный состав почвенного мезонаселения. Интенсивная обработка почв, изменение гидротермического режима, кислотности и большие механические нагрузки, возникающие в пахотном слое, приводят к коренной перестройке структуры мезонаселения. Обеднение видового состава агробиоценоза тесно связано не только с интенсивно проводимыми агротехническими мероприятиями, но и с постоянным выносом с урожаем гумуса и органических веществ из почвы [14].

Объект и методы исследования

Основная задача исследований – изучение изменения структуры и количественных характеристик сообществ почвенных беспозвоночных на разных этапах постагрогенной сукцессии степных геосистем. Для этого был проведен сравнительный анализ структуры почвенного мезонаселения залежей разного возраста, современных агроландшафтов и не нарушенных антропогенным воздействием геосистем. Рассмотрены особенности распределения комплексов беспозвоночных в почвах на территории Койбальского оросительного канала, где сформировались нетипичные для степи экологические условия.

Структура почвенного мезонаселения характеризуется соотношением различных таксономических групп, отличающихся по систематическому положению, месту в трофической цепи и их распределением в пространстве [12; 13].

Структурированность сообществ выражена в трех основных аспектах:

- 1) набор и количественное соотношение различных таксономических групп и других структурных элементов;
- 2) пространственное распределение отдельных элементов;
- 3) совокупность всех связей, в первую очередь цепей питания, топических и других взаимодействий [6].

Таксономическое разнообразие подразделяется на иерархические уровни с серией подуровней. При оценке биоразнообразия выделов крупных районов большое значение приобретают роды, семейства, отряды. В данной работе рассматриваются уровни надвидовых таксонов [10].

Объект анализа – структура (таксономическое) разнообразие наземных беспозвоночных животных, образующих сообщества и обладающих системными и функциональными взаимосвязями. Основное внимание уделялось мезонаселению (надвидовой таксономический уровень: семейства, подсемейства, отряды, подотряды) – относительно крупным беспозвоночным, обитающим в почве и на ее поверхности. При этом любое сообщество находится в тесной связи с биотическими и абиотическими компонентами окружающей среды.

Пробные площадки подбирались с максимально одинаковыми природными условиями. Чтобы провести сравнительный анализ изменений динамических характеристик сообществ почвенного мезонаселения, было выбрано несколько площадок: пшеничное поле (0), залежь начального периода восстановления (3–4 года) с бурьянистым типом растительности (I–II); залежь (15–20 лет) с господствующей рыхлодерновинно-злаковой растительностью (III); фоновый участок коренной (мелкодерновинно-злаковой) степи (IV).

Выбор пробных площадей осуществлялся на обрабатываемых участках, залежах разного возраста и коренной степи. Естественный почвенный покров района исследований представлен средне- и легкосуглинистыми, местами супесчаными малогумусными черноземами (преобладают обыкновенные и южные черноземы), для которых характерна небольшая мощность профиля – от 10 до 60 см (древняя терраса Енисея). В более засушливой час-

ти распространены темно-каштановые почвы в комплексе с солончаками, солонцами и солонцеватыми почвами. Степи Минусинской котловины относятся к енисейским настоящим тырсовым степям. Для сравнительного анализа использовались широко распространенные в почвенно-зоологических исследованиях расчеты количества беспозвоночных на единицу площади земной поверхности (экз., мг, г/м²).

Сбор материала проводился в 2008–2009 гг. в Койбальской степи Южно-Минусинской котловины в районе оз. Бугаево (с. Новомихайловское Алтайского района), где расположена залежь на месте пашни, выведенной из севооборота в 2005 г., и на территориях, прилегающих к Новониколаевскому полигону-трансекту Института географии и Койбальскому магистральному каналу (урочище Загранок, Красноозерский и Новокурский участки, Бейский район). Кроме того, был произведен отбор проб в районе непосредственной близости от оросительного канала и на участке, удаленном от него на несколько километров, на четырех пробных площадях в лесополосе (основная порода – вяз мелколистный) и на сенокосном разнотравно-злаковом лугу.

Подобранные с использованием сравнительно-географического подхода пробные площади (залежи разного возраста) отражают длительный временной ряд восстановления исходных биогеоценозов. Сбор материала и его обработка осуществлялись по методикам, рекомендованным для эколого-фаунистических, почвенно-зоологических и биогеоценологических исследований [8].

Анализ изменения зооценозов в процессе восстановления залежи проведен по основным количественным характеристикам (численность и биомасса). Динамические тенденции качественных характеристик представлены в виде изменения таксономического разнообразия формирующихся сообществ. Для определения численности и биомассы обитателей почвы и подстилки на каждой площади с применением монолитореза размером 25×25 см брали 6–8 проб глубиной 25–40 см (в зависимости от предельной встречаемости беспозвоночных) по диагонали или в шахматном порядке.

Оценки таксономического разнообразия сообществ почвенных беспозвоночных постагрогенных сукцессий Южно-Минусинской котловины производились с помощью индекса разнообразия Маргалефа (D_{mg}), рассчитываемого на основе исходных данных и представляющего собой одно число, которое в дальнейшем можно сравнивать с аналогичными показателями. Индекс Маргалефа прост и удобен в использовании, хорошо улавливает различия между местообитаниями:

$$D_{mg} = (S - 1) / \ln N,$$

где S – число выявленных таксонов на пробной площади, N – общая численность особей почвенных беспозвоночных в исследуемом выделе [7]. С помощью индекса Маргалефа возможно связать две важнейшие характеристики мезонаселения: структуру и численность беспозвоночных. Структурно-количественные характеристики представлены графически по средним для каждой площади величинам с использованием пакетов программ Microsoft Excel.

Изменение мезонаселения почв в постагрогенных геосистемах

Специфика и скорость восстановительных сукцессий, инициированных как экзогенными факторами, так и эндогенными причинами, определяются ландшафтно-зональными особенностями и структурно-динамическими свойствами элементарных геосистем, степенью трансформации почв и биотических сообществ, а также их восстановительными способностями. Обособленное место занимают наиболее интенсивно используемые агробиоценозы с постоянно поддерживаемой человеком производной структурой сообществ. Участки бывших пашен, не обрабатываемые в настоящее время, представляют антропогенные модификации элементарных геосистем, соответствующие различным стадиям восстановительных сукцессий. В степной части юга Сибири основным лимитирующим фактором, ограничивающим разнообразие и активность животного населения почвы, выступает дефицит влаги в летний период при наличии относительно короткого сезона активных температур. В течение периода исследований отмечаются отличия по метеоусловиям. На основе этих данных можно определить зависимость структуры мезонаселения почв, а также численности и биомассы беспозвоночных в том или ином биогеоценозе от этих параметров. Количество осадков и средняя температура представлены для метеопоста Бея, ближайшего к исследуемым площадкам. В 2008 г. наблюдалась влажная и теплая погода: июнь ($t_{cp.} +18,4$ °С при 104 мм осадков), июль ($t_{cp.} +19,7$ °С при 79 мм осадков). Более сухим оказался летний сезон в 2009 г.: июнь ($t_{cp.} +14,4$ °С при 45 мм осадков), июль ($t_{cp.} +18,9$ °С при 48 мм осадков).

Распределение выпавших осадков и средней температуры по месяцам имеет важное значение, причем одним из ключевых моментов становится первый летний месяц, так как именно на этот период приходится развитие многих связанных с почвой беспозвоночных (основные онтогенетические стадии большинства насекомых) и в значительной степени зависящих от влажности почвы. Особенности климатических условий (в первую очередь увлажнения) определили изменение в структуре мезонаселения на залежи. Постагрогенное восстановление коренной степи происходит в несколько этапов, длительность которых главным образом определяется сменой растительных ассоциаций. По данным В. Г. Волковой и А. К. Черкашина [4], спонтанно развивающиеся залежи степного ландшафта из пашни превращаются в степи за 20–30 лет. При этом в процессе восстановления выделяется ряд стадий: нулевая, бурьянистая, корневищно-злаковая, рыхлодерновинно-злаковая и плотнoderновинно-злаковая, или коренная степь. Каждой из этих стадий соответствует определенный состав комплекса беспозвоночных и уровень зоомассы. На рисунке 1 представлено изменение структуры мезонаселения почв по пробным площадям в геосистемах, находящихся на разных стадиях восстановления: от современных агроценозов (0) до коренных степей (IV). Самое низкое таксономическое разнообразие почвенных беспозвоночных отмечается на обрабатываемых участках (0), немного выше разнообразие в почвах молодых залежей (I–II). Высокое разнообразие сообществ почвенных беспозвоночных отмечается не только в почвах коренных

ассоциаций степных геосистем, но и в почвах на залежах III стадии восстановления, где происходит смена господствующего типа растительности.

При изучении комплексов педобионтов залежей было установлено, что население почвы и подстилки складывается в значительной мере за счет видов, населяющих биогеоценозы, окружающие трансформированные участки. Однако между ненарушенными и производными сообществами имеются существенные различия. На молодых залежах встречаются виды, свойственные целинным участкам степей и обрабатываемым землям. Кроме того, соотношение отдельных групп и видов беспозвоночных на залежах иное, чем в ненарушенных ценозах в сходных местоположениях.

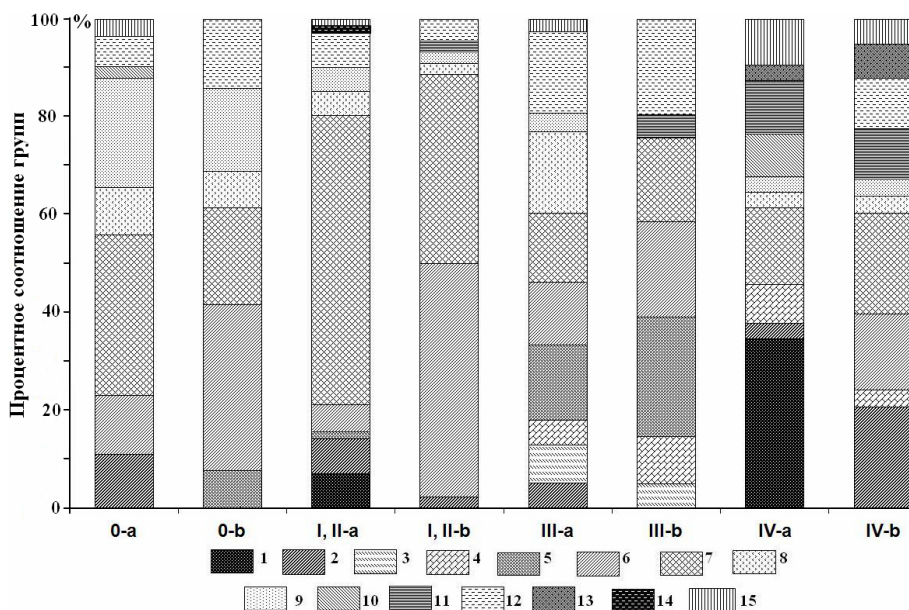


Рис. 1. Структура мезонаселения почв на разных стадиях восстановительных процессов: (0–IV); а – 2008, б – 2009. Систематические группы: 1 – *Enchytraeidae*, 2 – *Aranei*, 3 – *Lithobiidae*, 4 – *Anthicidae*, 5 – *Staphylinidae*, 6 – *Carabidae*, 7 – *Scarabeidae*, 8 – *Curculionidae*, 9 – *Elateridae*, 10 – *Cantharididae*, 11 – *Tenebrionidae*, 12 – *Formicinae*, 13 – *Myrmicinae*, 14 – *Lepidoptera*, 15 – *Diptera*

На начальных этапах восстановления численность гетеротрофных беспозвоночных минимальна, доминирующими группами мезонаселения почв в таких условиях становятся более индифферентные к изменению экологической обстановки эвритопные фитофаги. На третий год постагрогенного восстановления отмечено увеличение численности июньского нехруща (*Rhizotrogus solstitialis*) до 170 экз./м². Основной причиной такого изменения в структуре населения стали благоприятные метеоусловия: обилие осадков и снижение инсоляции за счет частой повторяемости облачной погоды. Это подтверждается наличием в составе мезонаселения почв малощетинковых червей – *Enchytraeidae*, предпочитающих увлажненные почвы.

Через год отмечается снижение средней численности почвенных беспозвоночных. Из структуры полностью выпадают малощетинковые черви и личинки двукрылых, сокращается численность *Aranei* и *Formicinae*, а также снижается численность пластинчатоусых. В то же время имеются группы беспозвоночных, для которых изменения экологических условий оказались благоприятными, например, более чем в пять раз увеличилось количество особей на 1 м² крупных жуужелиц – представителей родов *Carbus* и *Amara*. Однако при относительно высокой численности отдельных групп таксономическое разнообразие сообществ на этом этапе восстановительной сукцессии степи остается низким, примерно на уровне сообществ агроландшафтов.

При расчете индекса биоразнообразия Маргалефа для каждой пробной площади были получены следующие результаты (рис. 2). При этом следует отметить, что максимальные значения таксономического разнообразия приходятся на наиболее благоприятный, по гидротермическим условиям, сезон 2008 г., а минимальные – на 2009 г. Таким образом, среднее значение индекса (D_{mg} ср.) характеризует уровень таксономического разнообразия на разных этапах восстановления степи. Однако, кроме определения таксономического разнообразия, можно отметить и значение амплитуды индекса Маргалефа (ΔD_{mg}).

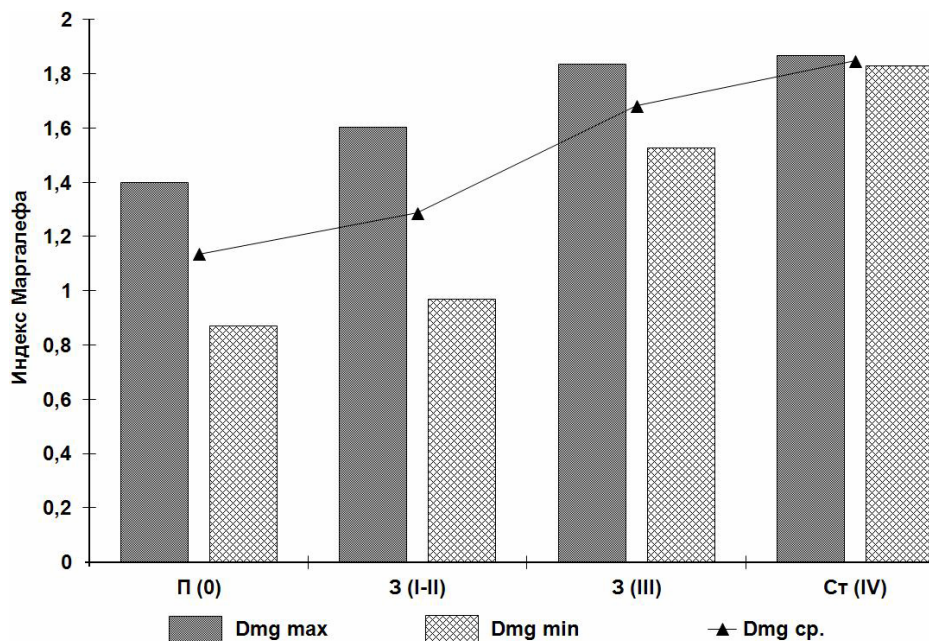


Рис. 2. Изменение таксономического разнообразия почвенного мезонаселения на разных этапах восстановления степи Южно-Минусинской котловины (по индексу Маргалефа D_{mg}): D_{mg} max – максимальное значение индекса; D_{mg} min – минимальное значение индекса; D_{mg} ср. – усредненное значение; остальные обозначения – по тексту

В антропогенно-техногенных биогеоценозах эта величина составляет $> 0,5$, для длительно производных фаций этот показатель находится в пределах $0,1 - 0,5$, тогда как в коренных сообществах эти колебания не превышают $0,1$. Значения ΔD_{mg} определяют уровень устойчивости сообществ к изменению внешних факторов. Наиболее уязвимыми являются зооценозы: пашен ($\Delta D_{mg} - 0,53$) и начальных стадий восстановления степи ($\Delta D_{mg} - 0,63$), что определяется упрощенной структурой мезонаселения почв и доминированием одной или нескольких таксономических групп беспозвоночных.

Показатели численности и биомассы педобионтов чрезвычайно вариабельны и подвержены влиянию многих экологических факторов. В ходе восстановительных сукцессий обилие и разнообразие форм, связанных с почвой, постепенно нарастает. Уже в первые три года существования залежи биомасса почвенных беспозвоночных увеличивается примерно в 9 раз (с $2,5$ до $22,0$ г/м²), что связано с увеличением численности крупных фитофагов. Однако на поздних стадиях восстановления степи происходит постепенное снижение средней биомассы за счет трансформации структурно-функциональной организации зооценозов и уменьшения численности доминантных таксонов. Постепенно средняя биомасса сообществ залежей приближается к характеристикам коренных (мелкодерновинных) степей и составляет около $10,0$ г/м².

Обособленное место занимают наиболее интенсивно используемые агробиоценозы с постоянно поддерживаемой человеком производной структурой сообществ. Участки бывших пашен, не обрабатываемые в настоящее время, представляют антропогенные модификации элементарных геосистем, соответствующие различным стадиям восстановительных сукцессий. Часть сельскохозяйственных земель, которые ранее использовались под пашни, в настоящее время заняты сенокосами, в основном они располагаются в районе оросительных каналов. В 30–50-х гг. прошлого столетия на территории Южно-Минусинской котловины проводились масштабные финансовые и энергоемкие проекты по мелиорации в зоне сухих степей с целью повышения эффективности использования земельных ресурсов. Один из таких проектов – постройка оросительной системы на территории сухих степей – Койбальский магистральный канал. Сеть оросительных каналов находится между крупными участками полей, разделенных между собой защитными лесополосами. Лесополосы должны были обеспечить улучшение микроклиматических условий на полях. В 90-х гг. оросительную систему перестали использовать в полном объеме, и часть ветвей канала была утрачена. Значительные площади «заброшенных» полей на этой части степи в настоящее время используются под сенокосы и пастбища. При этом основная древесная порода лесопосадок – вяз мелколистный, который вдоль оросительных каналов постепенно распространяется на большие территории. Формирование древесного полога (в результате естественного зарастания или лесопосадок) с более мягким по сравнению со степными участками микроклиматом способствует активному восстановлению почвенной фауны. Зоокомплексы таких участков представляют переходные варианты со структурными элементами исходных и производных типов биогеоценозов.

На рисунке 3 представлена структура мезонаселения почв ключевых участков, где: I – Красноозерский участок Койбальского магистрального канала, II – неорошаемая степь; а – сенокосные угодья, б – лесополосы, расположенные рядом с сенокосами. Структура и таксономическое разнообразие мезонаселения почв в лесополосах является уникальными, так как условия для обитания почвенных беспозвоночных не имеют аналогов в степях Южно-Минусинской котловины.

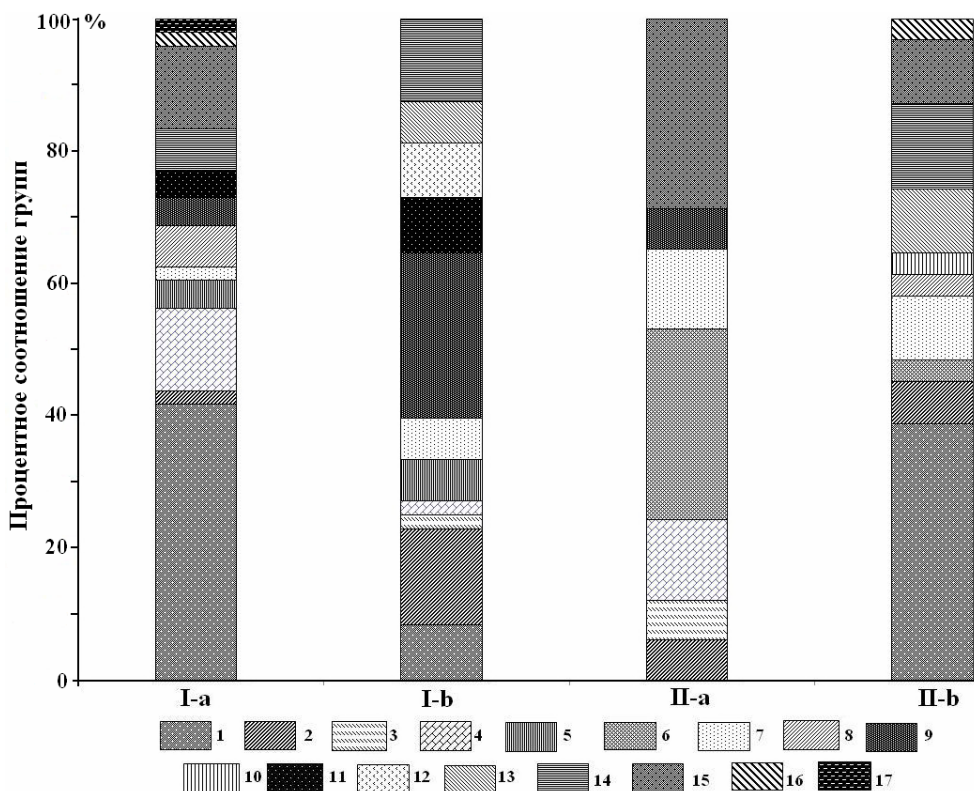


Рис. 3. Структура сообществ почвенных беспозвоночных по пробным площадкам в районе Койбальского магистрального канала (I) и урочища Загранок (II); где а – сенокосы, б – лесополосы. Систематические группы: 1 – *Enchytraeidae*, 2 – *Aranei*, 3 – *Lithobiidae*, 4 –, 5 – *Anthicidae*, 6 – *Staphylinidae*, 7 – *Carabidae*, 8 – *Scarabaeidae*, 9 – *Chrysomelidae*, 10 – *Curculionidae*, 11 – *Anthribidae*, 12 – *Elateridae*, 13 – *Lagriidae*, 14 – *Tenebrionidae*, 15 – *Formicinae*, 16 – *Myrmicinae*, 17 – *Lepidoptera*, 18 – *Diptera*

Особенности увлажнения почв орошаемых территорий благоприятно сказываются на состоянии почвенного мезонаселения и приводят к перестройке структуры комплексов почвенных беспозвоночных. Доминирующей группой здесь становятся *Enchytraeidae*, наличие которых определяется достаточным увлажнением в почве. В структуре почвенного мезонаселения лесополос присутствуют не только систематические группы, характерные для

степи, но и некоторые представители лесных сообществ, например *Lagriidae*, имаго которых предпочитают затененный травянистый покров, а личинки потребляют в качестве пищи разлагающиеся остатки листовенного опада вяза мелколистного. Из хищников в большом количестве встречаются пауки, в меньшем числе представлены *Lithobiidae* и *Staphylinidae*. Из муравьев в лесополосах предпочитают селиться представители подсемейства *Formicinae*, тогда как на открытых пространствах в основном распространены *Myrmicinae*.

На открытых участках неорошаемой степи наблюдается снижение таксономического разнообразия, в составе зооценозов отсутствуют *Enchytraeidae* и *Formicinae*. Однако эти беспозвоночные встречаются в биогеоценозах лесополос, где они являются доминирующими группами. В лесополосах, расположенных вдали от оросительных каналов, увеличивается доля сухостоя, и нишу фитосапрофагов занимают не *Lagriidae*, а *Anthrribidae*, личинки которых обнаруживаются в почве только при наличии разлагающихся древесных остатков. Это связано с тем, что данная группа животных не относится к «типичным» педобионтам, а проникает в почву только с отмершей ветошью от погибших деревьев, количество которых значительно возрастает при удалении от каналов. Среди крупных хищников на этих участках обнаружены жуличицы, которые не встречались возле оросительного канала, что напрямую связано с обилием фитофагов – чернотелок и пластинчатых усов. Структурно-количественные характеристики зооценозов почв на небольших удалениях от канала значительно изменяются. Тем не менее таксономическое разнообразие таких сообществ выше, чем в почвах фоновых степных биогеоценозов.

Заключение

На скорости восстановления биотических сообществ в значительной степени сказываются местоположение в ландшафте, форма антропогенного воздействия и степень трансформации геосистем. Сравнительный анализ структуры и количественных характеристик производных биогеоценозов обрабатываемых участков и исходных степных ландшафтов позволил выявить основные изменения в зооценозах почв при восстановительных процессах на залежи. Структура населения в трансформированных биогеоценозах включает небольшое количество таксономических групп и в значительной степени зависит от внешних факторов. При благоприятных изменениях гидротермических условий возрастает вероятность повышения численности фитотрофных видов на начальных стадиях восстановления степи. При увеличении возраста залежи таксономическое богатство почвенных беспозвоночных возрастает и приближается к значениям индекса биоразнообразия сообществ беспозвоночных коренных степей. По мере восстановления исходных сообществ происходит повышение устойчивости к внешним факторам, вероятность резких колебаний численности отдельных групп беспозвоночных снижается. При снятии антропогенной нагрузки для естественно восстанавливающихся степных биогеоценозов характерны закономерные

смены животного населения почв, соответствующие конкретным абиотическим и биотическим условиям среды и сукцессионным стадиям – начальной, переходной и заключительной. Показатели количественных характеристик почвенных беспозвоночных от начальных стадий сукцессий к финальным меняется в широких пределах. Тем не менее существует ряд постагрогенных ландшафтов, у которых как такового восстановления до естественных степей не происходит. Такие участки расположены вдоль оросительного канала, рядом с которым находится система лесозащитных полос. На линейно вытянутых и сравнительно небольших по площади участках происходит формирование сообществ с элементами, не свойственными типичной степной мезофауне. Изменение гидротермического режима в зоне контакта степи и искусственных водотоков обуславливает соответствующие изменения в сообществах почвенных беспозвоночных. Здесь восстановление коренной степи протекает по другому типу – с формированием новых, несвойственных для типичных степей Южно-Минусинской котловины биогеоценозов почв.

Список литературы

1. *Бессолицына Е. П.* Ландшафтно-экологический анализ структуры зооценозов почв юга Сибири / Е. П. Бессолицына. – Иркутск : Изд-во ИГ СО РАН, 2001. – 166 с.
2. *Бессолицына Е. П.* Влияние металлургического предприятия на состояние мезонаселения почв степных геосистем / Е. П. Бессолицына, И. В. Балязин // География и природ. ресурсы. – 2009. – № 4. – С. 44–49.
3. *Бессолицына Е. П.* Структурно-динамический анализ состояния биоты почв урбанизированных геосистем (на примере г. Саяногорска) / Е. П. Бессолицына, И. В. Балязин // География и природ. ресурсы. – 2013. – № 2. – С. 50–57.
4. *Волкова В. Г.* Исследование производных фитоценозов на основе графо-аналитической модели / В. Г. Волкова, А. К. Черкашин // География и природ. ресурсы. – 1980. – № 3. – С. 139–143.
5. *Гиляров М. С.* Роль почвенных животных в разложении растительных остатков и круговороте веществ / М. С. Гиляров, Б. Р. Стриганова // Итоги науки и техники. Зоология беспозвоночных. – М. : ВИНТИ, 1978. – Т. 5. – С. 8–69.
6. *Дулепов В. И.* Системная экология. Биоинформационный анализ / В. И. Дулепов, О. А. Лескова, И. С. Майоров. – Владивосток : Изд-во ТГЭУ, 2010. – 307 с.
7. *Дунаев Е. А.* Методы эколого-энтомологических исследований / Е. А. Дунаев. – М. : МосгорСЮН, 1997. – 44 с.
8. Количественные методы в почвенной зоологии / Ю. Б. Бызова [и др.]. – М. : Наука, 1987. – 288 с.
9. *Крауклис А. А.* Сукцессионно-возрастные смены таежных биогеоценозов / А. А. Крауклис, Е. П. Бессолицына // Изучение состояний таежных геосистем. – Иркутск, 1980. – С. 37–71.
10. *Лебедева Н. В.* Биологическое разнообразие : учеб. пособие / Н. В. Лебедева, Н. Н. Дроздов, Д. А. Кривошукский. – М. : Владос, 2004. – 432 с.
11. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX в. и постагрогенное восстановление растительности и почв / Д. И. Люри [и др.]. – М. : ГЕОС, 2010. – 416 с.
12. *Одум Ю.* Экология : в 2 т. / Ю. Одум. – М. : Мир, 1986. – Т. 2. – 376 с.

13. Степановских А. С. Экология : учеб. для вузов / А. С. Степановских. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, – 2001. – 703 с.

14. Экологическая оптимизация агроландшафта / отв. ред. В. Е. Соколов – М. : Наука, 1987. – 240 с.

Changes in the Taxonomic Diversity of the Soil Mesopopulation under the Postagrogenic Rehabilitation of Steppe Geosystems in the Yuzhno-Minusinskaya Depression

I. V. Balyazin, E. P. Bessolitsyna

Abstract. The areas of long-fallow lands have increased noteworthy during the last two decades. Processes of indigenous steppes rehabilitation are accompanied by changes in biotic components. Complexes of soil invertebrates are the most responsive when removing the anthropogenic load. The dynamics of the structural and quantitative characteristics of the soil biota demonstrates the dependence of the rehabilitation processes on the features of the hydrothermal regime. With each new stage of regeneration of phytocenoses, the taxonomic diversity grows, the average number and biomass increase, and the soil mesopopulation becomes more resistant to the impact of external factors.

Keywords: steppe geosystems, soil mesopopulation, structure, taxonomic diversity, steppe rehabilitation.

Балязин Иван Валерьевич
ведущий инженер
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
664033 г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
тел.: (3952) 42-70-95

Balyazin Ivan Valerievich
Leading Engineer
V. B. Sochava Institute of Geography
SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-70-95

Бессолицына Екатерина Прокопьевна
доктор географических наук
ведущий научный сотрудник
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
664033 г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
тел.: (3952) 42-70-95

Bessolitsyna Ekaterina Prokopievna
Doctor of Sciences (Geography), Leading
Research Scientist
V. B. Sochava Institute of Geography
SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-70-95