



УДК 574.9: 577.4 (571.5)

Изменение почвенно-биотических компонентов степных геосистем в процессе урбанизации

Е. П. Бессолицына (bessol@irigs.irk.ru)

Е. В. Напрасникова (napev@irigs.irk.ru)

Аннотация. Представлены результаты исследования экологического состояния геосистем г. Саяногорска. Дан сравнительный анализ структуры зооценозов преобладающих в регионе природных и антропогенно нарушенных почв. Рассмотрены экологические факторы, влияющие на состояние почвенно-биотических сообществ. Дана эколого-микробиологическая характеристика почвенного покрова урбоэкосистем. Выявлено негативное влияние урбанистического пресса на численность и биомассу мезопедобионтов и уровень биохимической активности почв.

Ключевые слова: урбанизированные экосистемы, численность и биомасса беспозвоночных, структура почвенно-биотических сообществ, микробоценозы, биохимическая активность почв.

Введение

Преобразование природной среды, связанное как с традиционным использованием земель, так и с усилением техногенного воздействия и процессов урбанизации, делает необходимым всесторонний анализ последствий различных форм антропогенного влияния. В связи с обострением экологической ситуации на территории приенисейских островных степей проблема разработки научных основ оценки состояния нарушенных геосистем и среды обитания человека приобрела огромное значение и новый социально-экономический статус.

Одной из задач современной геоэкологии является изучение закономерностей влияния урботехногенеза на биотические сообщества, совершенствование системы мониторинга и диагностики состояния нарушенных геосистем. Оставаясь базовым компонентом формирующихся в условиях урбанизации экосистем, почва испытывает наиболее сильное влияние антропогенного пресса, в результате которого происходят значительные изменения горизонтальной и вертикальной структуры, нарушения морфологического строения, физических, химических и биологических свойств.

Состояние почвенного покрова имеет большое значение для устойчивого функционирования фитоценоза и урбоэкосистемы в целом. Трансформация почв и процессов, свойственных ненарушенным геосистемам, приводит к ослаблению, а нередко – и к полной утрате экологических функций биоты, что в конечном итоге сказывается на качестве жизни и

уровне заболеваемости населения. Именно поэтому состояние почвы является одним из основных индикаторов устойчивости природного комплекса в урбанизированной среде и остроты экологической ситуации.

С исследованием урбанизированной среды как среды обитания человека связан широкий круг теоретических и прикладных вопросов экологии [4; 17]. Достаточно детально изучаются процессы формирования природно-антропогенных комплексов животных в урбоэкосистемах: синантропных организмов, вредителей продуктов запаса и посевного материала, насекомых и клещей, повреждающих городские насаждения [13; 15; 21]. В литературе имеются также сведения о беспозвоночных, обитающих в почве или на ее поверхности [3; 19; 22], а также микрофлоре и ее ферментативной активности [14]. Однако в системе ландшафтно-экологических взаимосвязей почвенно-биотические компоненты урбоэкосистем, интегрирующие воздействие целого комплекса абиотических и биотических факторов, до настоящего времени представляют наименее изученный объект.

Оценка экологической ситуации городской среды должна проводиться с учетом ответных реакций биотических сообществ на процессы урботехногенеза, объединяя метод биоиндикации с геохимическими и биохимическими методами. Сообщества почвенных беспозвоночных являются носителями эколого-географической информации о процессах, протекающих в почвах, чувствительны к изменению эдафических условий и могут использоваться в качестве индикаторов для оценки состояния геосистем и экологического контроля [2; 5; 6; 11; 18; 20]. Являясь сорбентами природных и синтезируемых или привнесенных человеком токсических соединений, почвообитающие животные играют активную роль в трансформации и перераспределении поступающих в почву веществ.

Исследование механизмов трансформации биотических комплексов на разных уровнях их организации (ценотическом, популяционном и др.) в условиях антропогенного воздействия является актуальной задачей. Кроме этого, к высокоинформативным показателям при исследованиях почв в условиях урбанизации следует отнести биохимическую активность почв (БАП). В работе сделан акцент на БАП во взаимосвязи с рН, что является показателем функциональных возможностей почвы на текущий момент времени.

Объекты и методы исследований

Основная часть фактических данных, рассматриваемых в статье, получена в результате экспедиционных исследований в 2009 и 2011 гг. на полигоне-трансекте Новониколаевского степного стационара Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, расположенного в Койбальской степи (Республика Хакасия) и пробных площадях г. Саяногорска. Объекты детальных исследований – основные типы городских почв, наиболее часто встречающиеся на территории города: урбаноземы, реплантоземы, культуроземы и беспозвоночные животные (мезопедобионты), обитающие в них. Структура почвенной биоты изучалась на специально выбранных пробных

площадях (пр. пл.), расположенных в разных районах города, охватывающих селитебные, повышенного техногенного влияния (автозаправочные станции, автомобильные стоянки) и лесопарковую (городской парк, скверы) зоны, различающиеся по форме и степени антропогенного воздействия. Всего обследовано 24 пробных площади, которые были объединены в группы по зонам города, имеющим близкое подобие по экологическим параметрам – состоянию растительности и почвы, а также формам и степени антропогенной нагрузки.

На юге Красноярского края степи не имеют сплошного ареала, их небольшие массивы встречаются по долинам рек, в межгорных котловинах и предгорных впадинах, на крутых склонах с повышенной инсоляцией. Встречаемость биогеоценозов степного типа, их территориальные размеры увеличиваются с севера на юг Минусинской котловины. Район исследований характеризуется напряженным гидротермическим режимом, что естественно отражается на структуре биотических сообществ.

С целью сравнения различных форм антропогенного влияния были продолжены многолетние наблюдения за состоянием зооценозов почв на базовых ключевых участках, расположенных в зоне воздействия Саянского (СаАЗа) и Хакасского (ХАЗа) алюминиевых заводов. Для получения более надежной характеристики изменений структуры зооценозов в процессе урбанизации были проведены специальные обследования фоновых почв за пределами города, в минимальной степени подверженных антропогенному воздействию (контрольные пробные площади).

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 части распространены темно-каштановые почвы в комплексе с солончаками, солонцами и солонцеватыми почвами. Степи Минусинской котловины относятся к енисейским настоящим тырсовым степям.

На территории города естественный почвенный покров большей частью уничтожен, небольшими участками встречаются неокультурные малоразвитые черноземовидные галечниковые почвы. Специфические почвы селитебных территорий различаются по характеру формирования, мощности, свойствам почвообразующего материала и органогенного слоя, по количеству и составу включений (строительный и бытовой мусор, промышленные отходы) и т. д. Для большинства городских почв характерно отсутствие генетических горизонтов и наличие различных по окраске и мощности слоев искусственного происхождения. Почвы, рассматриваемые нами в пределах урбанизированных геосистем, представлены урбаноземами, реплантоземами и культуроземами [8; 16].

Биохимическая активность почв является одним из информативных показателей ее функциональных возможностей на текущий момент времени и контролируется экологическими факторами почвы, особенно щелоч-

но-кислотными условиями. В этой связи нами был применен экспресс-метод, который получил широкую апробацию и оправдал себя особенно в исследованиях урбанизированных территорий.

Санитарно-микробиологическую оценку проводили по общепринятым методикам [12]. Определение биохимической активности изучаемых почв выполнялось экспресс-методом по Т. В. Аристовской и М. В. Чугуновой [1]. Сущность данного метода состоит в определении скорости (в часах) изменения рН от выделяемого аммиака при разложении карбамида (мочевины) как суммарный результат биохимической деятельности почвенной микрофлоры (чем меньше количество часов, регистрирующих скорость реакции, тем выше считается активность почв). Отметим, что методика весьма чувствительна и позволяет не только выявить различия между контрастными в тех или иных отношениях объектами, но и дифференцировать почвы по биопотенциалу как индикатору их современного экологического состояния и самоочищающей способности. На каждой пробной площади выбиралось 5 точек, где отбиралось 15 отдельно взятых образцов, из которых составлялся один смешанный.

Сбор материала по беспозвоночным и его обработка осуществлялись по методикам, рекомендованным для эколого-фаунистических, почвенно-зоологических и биогеоценологических исследований [10]. Для определения численности и биомассы обитателей почвы и подстилки на каждой площади с применением монолитореза размером 25×25 см в шахматном порядке брали 6–8 проб до глубины 25–40 см (в зависимости от предельной встречаемости беспозвоночных).

Для сравнительного анализа использовались широко распространенные в почвенно-зоологических исследованиях расчеты количества беспозвоночных на единицу площади земной поверхности (экз., мг, г/м²). Собранные животные помещались в фиксатор (смесь 70 % этилового спирта и 4 % формалина 1:1) для последующей камеральной обработки. Характеристики геобия в таблицах и графиках приводятся по средним (суммарным) для каждой площади величинам. Численность и биомасса педобионтов представлены графически по средним (суммарным) для каждой площади величинам с использованием методов математической статистики и пакета программ Excel.

Экологические факторы, оказывающие влияние на состояние почвенно-биотических сообществ

В процессе урбанизации формируются природно-техногенные геосистемы, состоящие из фрагментов трансформированных биогеоценозов, сельских, промышленных и лесопарковых зон. Изменения биотических сообществ наблюдаются с самого начала освоения территории, усиливаясь в последующие годы, и связаны непосредственно с трансформацией среды обитания живых организмов.

Основными факторами, влияющими на экологическую обстановку в городе, являются выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух и за-

грязнение почв всеми видами твердых отходов. Источники поступления контаминантов в почвы г. Саяногорска – предприятия жилищно-коммунального хозяйства (выбросы угольной золы, оксида углерода и других вредных веществ от котельных и печного отопления), ТЭЦ и очистные сооружения.

Дополнительным фактором техногенного воздействия на почвы является атмосферный перенос продуктов техногенеза промышленных предприятий – Саяногорского и Хакасского алюминиевых заводов. Алюминиевое производство, как известно, сопровождается выбросами в твердой и газообразной формах значительных количеств фтористых и сернистых соединений, оксида углерода, бенз(а)пирена и ряда других веществ, поступающих в различные компоненты ландшафтов. Характерными поллютантами выступают также никель, ванадий, цинк и медь. Уровень содержания подвижного фтора в почвах зоны воздействия эмиссий находится в пределах 1–4 ПДК [8].

Значительный вклад в ухудшение химических свойств почв вносят не только стационарные, но и мобильные источники, особенно автотранспорт, количество которого с увеличением размеров города постоянно растет. В процессе эксплуатации легковых и грузовых автомобилей, пассажирских и служебных автобусов, строительных машин, тракторов и другой техники в атмосферный воздух поступает более 200 химических соединений и элементов [7].

Существенное значение в загрязнении почв имеет применение в зимнее время солей в целях быстрого освобождения дорожных покрытий от снега. Это ведет к искусственному засолению почвенного слоя вдоль автомагистралей на улицах и проспектах города.

Таким образом, систематическое поступление контаминантов, накопление их в почве, в надземных и подземных органах растений нарушает геохимическую обстановку, ухудшает условия существования биоты, вызывая изменение в тканях, дыхательных и обменных процессах живых организмов и структуры сообществ.

Незначительная глубина залегания галечников определяет неустойчивые условия обеспечения влагой растений и критические условия для почвенной биоты. Снижение содержания органического вещества в почвах обусловлено скашиванием газонов и регулярной уборкой растительных остатков. Экстремальная тепловая ситуация в обитаемом слое создается вблизи асфальтовых покрытий, которые, нагреваясь в летний период, отдают тепло не только приземному слою воздуха, но и в почву. Экологические функции городских почв ослаблены также из-за сильного уплотнения поверхностного слоя, затрудняющего газообмен в системе почва – атмосфера.

Изменение структуры городских фитоценозов, включающих сорно-рудеральные виды, способствующих образованию дернины на поверхности почвы, сопровождается снижением видового разнообразия биотических сообществ в целом и внедрением видов беспозвоночных, не свойственных природным почвам.

Эколого-микробиологическая и биохимическая характеристика почвенного покрова урбоэкосистем

Проведенные исследования показали, что в почвенном покрове г. Саяногорска и сопредельных территорий численность аммонифицирующих бактерий колеблется от 2,8 до 3,0 млн КОЕ/г почвы. При этом в контрольной почве она уступает лишь в 1,5 раза. Соответственно выше абсолютное и относительное содержание других систематических групп микроорганизмов (актиномицетов и микроскопических грибов). В промышленной зоне численность аммонифицирующих бактерий чрезвычайно мала и уступает в 40 раз селитебной и в 6 и 15 раз соответственно контрольной почве. Качественный состав бактерий представлен в основном бациллами и псевдомонадами.

Бактерий, усваивающих минеральные источники азота, несколько больше по численности в г. Саяногорске, что не противоречит особенностям почвенных условий степного биома для данной группы микроорганизмов. Содержание актиномицетов достаточно высокое, что соответствует общим закономерностям их эколого-географического распространения. Качественный состав этой группы разнообразен. Присутствуют представители секций *Albus*, *Cinereus* и *Roseus*. Разнообразен качественный состав микроскопических грибов. Доминируют *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, *Scopulariopsis* как толерантные к нейтральным и слабощелочным значениям рН. Содоминанты: *Spicaria*, *Rhizopus*.

Состав санитарно-показательных бактерий в почвах г. Саяногорска и сопредельных территорий представлен в таблице.

Таблица

Санитарно-микробиологическая оценка почвенного покрова г. Саяногорска и сопредельных территорий

№ точки отбора проб	Колиформные бактерии		Содержание видов санитарно-показательных бактерий, %			Оценка санитарного состояния почвы
	Титр	Индекс	E.coli	Ent. aerogenes	S.freundii	
<i>Селитебная зона</i>						
1	0,001	135,0	10	30	60	Умеренно загрязненная
2	0,01	27,0	10	20	70	Слабо загрязненная
3*	0,0001	900	15	20	65	Сильно загрязненная
<i>Промышленная</i>						
4	0,1	38,0	0	20	80	Слабо загрязненная
5	0,1	24,0	0	20	80	Слабо загрязненная
<i>Рекреационная</i>						
6	0,001	140	15	30	55	Умеренно загрязненная
7	0,001	320	10	25	65	Умеренно загрязненная
<i>Контрольная (чернозем, выщелоченный на карбонатном аллювии)</i>						
8	н/о	н/о	0	0	0	Чистая

Примечание: * – частный сектор.

Все показатели свидетельствуют о загрязненности почв в санитарном отношении. Титр и индекс колиформных бактерий значительно колеблется в зависимости от места отбора проб. Кишечная палочка обнаружена в почвах всех функциональных зон города. Санитарное состояние исследуемых почв оценивается по степени загрязнения от слабой до умеренно загрязненной. Данный факт можно связать со спецификой почвенного покрова Минусинской степи, в том числе со значениями рН почв (нейтральными и щелочными) и трансформацией элементов выбросов СаАЗа в пределах 1–4 ПДК.

Характер изменения БАП исследуемых объектов представлен в форме графика. На рисунке 1 приведены результаты биохимической активности почв г. Саяногорска.

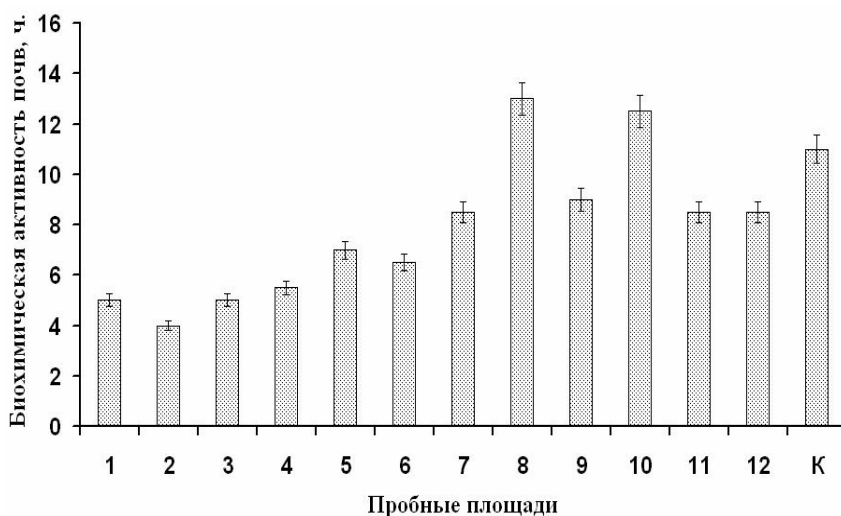


Рис. 1. Биохимическая активность почв различных функциональных зон г. Саяногорска и сопредельных территорий.

Пробные площади: 1–6 – жилые зоны; 7–11 – промышленная; 12 – рекреационная; К – контроль

По степени активности можно выделить две группы почв: I группа – от 4 до 7 ч; II – от 8 и более. Что касается промышленной зоны, то по сравнению с контрольной здесь биохимическая активность значительно меньше. В итоге БАП в условиях степных геосистем можно отнести к среднеактивным. При этом следует отметить, что если процесс урбанизации усилит данную функцию, то почва может терять азот при разложении азотосодержащих органических веществ. Данный факт будет расцениваться как экологический регресс.

Изменение мезонаселения почв в условиях городской среды

Дефицит влаги является основной экологической особенностью степных и степных биогеоценозов, что сказывается на структуре и количественных характеристиках мезонаселения. Суммарная биомасса невели-

ка, так как полностью отсутствуют крупные сапрофаги, она составляет 0,5–10,8 г/м². Общая зоомасса уменьшается от луговых степей к умеренно засушливым настоящим и сухим петрофитным степным ассоциациям.

В составе мезонаселения основная часть представлена артроподами, на долю насекомых приходится 62,4–97,7 % численности и 79,2–99,4 % веса обитателей почвы. Из многоножек встречаются только губоногие (*Chilopoda*). Численность геофилид (*Geophilidae*) варьирует здесь от 0 до 13, литобиид (*Lithobiidae*) – от 0 до 29 экз./м². Среди паукообразных преобладают пауки (*Aranei*). Не представлены в составе зооценозов сухих степей сенокосцы (*Opiliones*), моллюски (*Mollusca*), нематоды (*Nematoda*) и диплоподы (*Diplopoda*). Геобионтные сапрофаги, как и все остальные группы беспозвоночных, составляют лишь незначительную часть населения. Степной элемент фауны, для которого характерно наличие антицид (*Anthicidae*), чернотелок (*Tenebrionidae*), формицид (*Formicidae*), прямокрылых (*Orthoptera*) и мезоксерофильных видов элатерид (*Elateridae*), долгоносиков (*Curculionidae*) и пластинчатоусых (*Scarabaeidae*), хорошо выражен в структуре зооценозов ненарушенных почв – обыкновенных и южных черноземов.

В городских почвах изменяются показатели суммарного обилия видов беспозвоночных в сообществах. Численность и биомасса педобионтов в урбанизациях значительно ниже, чем в степных биогеоценозах, слабо затронутых антропогенным воздействием (рис. 2).

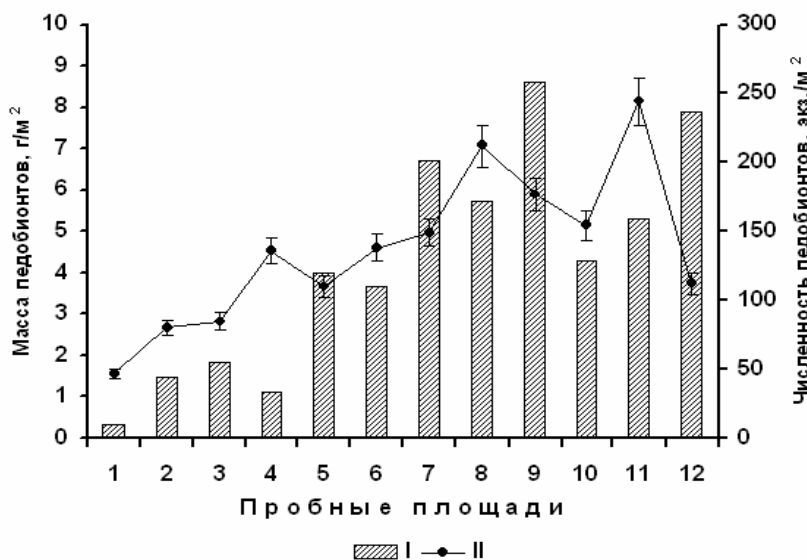


Рис. 2. Численность (экз./м²) и биомасса (г/м²) беспозвоночных в природных и городских почвах.

I – общая масса; II – общая численность почвообитающих беспозвоночных.

Пробные площади: 1–4 – урбанизация; 5, 6 – реплантация; 7–9 – культуроземы; 10–12 – естественно-исторические почвы (контрольные площади): 10 – чернозем обыкновенный (3 км от г. Саяногорска); 11 – чернозем южный (12,5 км от города); 12 – серая лесная почва (13,0 км от города)

По сравнению с урбаноземами, биомасса беспозвоночных в реплантоземах и культуроземах значительно выше. Наибольшая численность педобионтов составила 177–212 экз./м² в культуроземах (пр. пл. 8, 9), на контрольной площади (чернозем южный, пр. пл. 11) она достигала 244 экз./м². По мере усиления антропогенного пресса в урбаноземах численность снижается до 80–47 экз./м², биомасса – до 0,3–1,1 г/м² соответственно (пр. пл. 1–4). Количество беспозвоночных в городских почвах в некоторых случаях превышает их содержание в природных степных почвах. Это прежде всего связано с экологическими условиями биогеоценоза: в насыпных и периодически поливаемых почвах складывается более благоприятный для растений и педобионтов гидротермический режим.

Согласно полученным данным, наибольший антропогенный стресс почвенно-биотические сообщества испытывают в урбаноземах заправочных станций (пр. пл. 1, 2) и на стоянках автотранспорта (пр. пл. 3, 4). Здесь самые низкие из всех почв города биомасса и таксономическое разнообразие (рис. 3). Несмотря на то что некоторые участки совершенно не заселены беспозвоночными, урбаноземы в настоящее время не относятся к категории чрезвычайно опасных – средняя масса педобионтов составляет 1,2 г/м². Экологическая обстановка в реплантоземах селитебной зоны несколько лучше, здесь величина биомассы составляет 3,8 г/м² (пр. пл. 5, 6, см. рис. 2) по сравнению с условно ненарушенными почвами. В культуроземах диапазон значений массы беспозвоночных составляет 5,7–8,6 г/м², (пр. пл. 7–9).

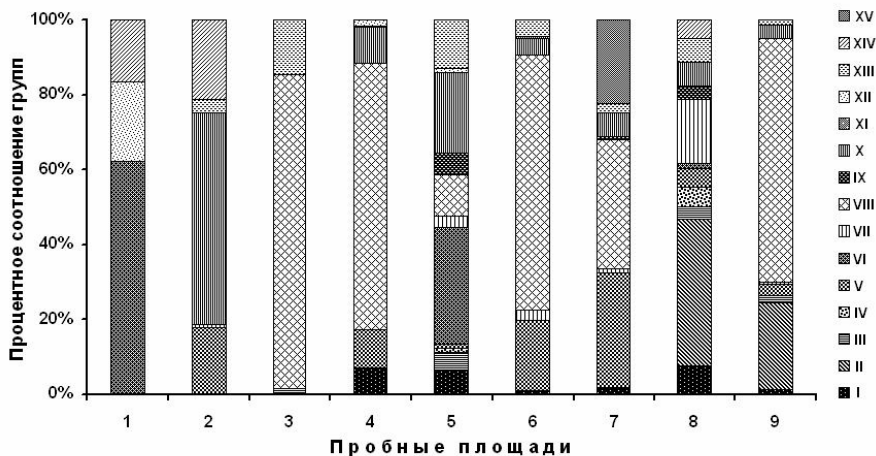


Рис. 3. Структура сообществ беспозвоночных в почвах г. Саяногорска.

Почвы: 1–4 – урбаноземы; 5, 6 – реплантоземы; 7–9 – культуроземы.

Систематические группы: I – *Enchytraeidae*; II – *Lumbricidae*; III – *Aranei*; IV – *Chilopoda*; V – *Carabidae* (i, l); VI – *Silphidae* (i, l); VII – *Staphilynidae* (i, l); VIII – *Scarabaeidae* (l); IX – *Elateridae* (l); X – *Tenebrionidae* (i, l); XI – *Curculionidae* (i, l); XII – *Myrmicinae*; XIII – *Formicinae*; XIV – *Diptera* (l); XV – *Lepidoptera* (coc.); i – имаго, l – личинки, coc. – коконы

Максимальная для городских почв масса отмечена в парке и сквере. Здесь в составе зооценозов присутствуют крупные сапрофаги – дождевые черви, что является показателем более стабильного режима увлажнения. Зооценозы почв скверов и городского парка имеют наибольшее сходство с населением серой лесной почвы соснового бора загородной зоны (рис. 4). Это отражено как в относительно более высоких значениях показателей численности и биомассы, так и в таксономическом разнообразии, что в свою очередь свидетельствует о более высокой почвенно-биотической активности и устойчивости урбоэкосистем этого класса.

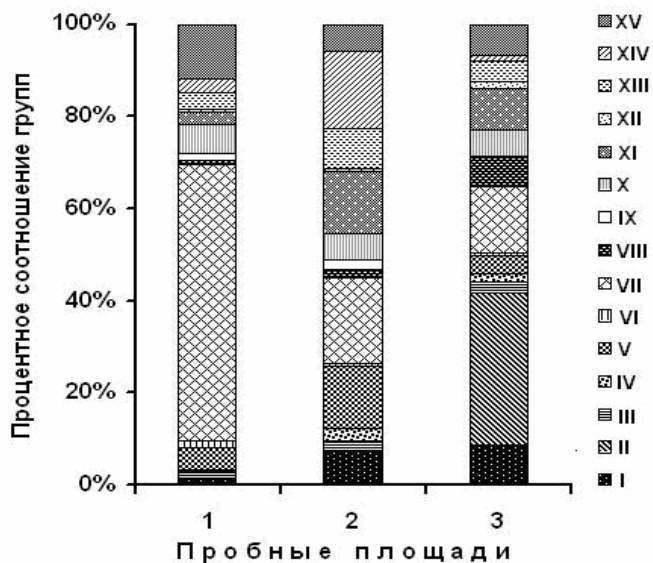


Рис. 4. Структура сообществ беспозвоночных в почвах Минусинской котловины (контрольные площади).

1 – чернозем обыкновенный; 2 – чернозем южный; 3 – серая лесная почва.

Систематические группы: I – *Enchytraeidae*; II – *Lumbricidae*; III – *Aranei*; IV – *Chilopoda*; V – *Carabidae* (i, l); VI – *Staphilynidae* (i, l); VII – *Scarabeidae* (i, l); VIII – *Elateridae* (l); IX – *Anthicidae* (l); X – *Tenebrionidae* (i, l); XI – *Curculionidae* (i, l); XII – *Myrmicinae*; XIII – *Formicinae*; XIV – *Diptera* (l); XV – *Lepidoptera* (coc.); i – имаго, l – личинки, coc. – коконы

В составе мезонаселения приземных ярусов биогеоценозов как урбанизированных, так и естественных ландшафтов наиболее многочисленны карабиды (*Carabidae*), муравьи (*Formicidae*), стафилиниды (*Staphilynidae*), пауки (*Aranei*), губоногие многоножки (*Chilopoda*). В условиях города наблюдается снижение численности в основном представителей герпетобионтного комплекса (126 экз./м² – в городе и 170 экз./м² – на контрольных площадях).

Мозаичность ландшафтно-экологических условий города создает значительное разнообразие зооценозов, отличающихся как соотношением структурно-функциональных групп, так и количественными характери-

ками. Несмотря на определенную общность с населением почв естественных ландшафтов, отличительной чертой зооценозов урбоэкосистем являются: отсутствие антицид в городских почвах, повышенная численность мертвоедов, наличие видов, не свойственных ненарушенным почвам (элатериды *Agriotes obscurus* L., луговой мотылек (*Logxostege sticticalis* L.) и др.).

Среди обитателей почвы и подстилки наиболее многочисленны и широко распространены как в урбоэкосистемах, так и в степных почвах, не подверженным значительному антропогенному воздействию, представители семейства жужелиц (*Carabidae*). Они проявляют достаточно высокую чувствительность к изменению экологических факторов. Сравнительный анализ изменения видового состава, численности и биомассы этой группы в условиях урбанизации могут быть использованы как один из индикаторов для оценки состояния городских почв и экологического мониторинга.

Заключение

Сообщества беспозвоночных в процессе урбанизации подвергаются влиянию сложного комплекса факторов, определяющих формирование и изменение зооценозов на различных участках. Основными движущими факторами динамики мезонаселения в условиях степных урбоэкосистем являются происхождение почвы и ее влажность, урботехногенное загрязнение, в лесопарковой зоне – рекреационная нагрузка и состояние растительного покрова.

Урбанизация приводит к снижению разнообразия почвенной биоты за счет элиминации некоторых таксономических групп и видов, изменению количественных показателей и структуры сообществ, угнетению способности экосистем к самовосстановлению. В результате урботехногенной трансформации почв мезофильные элементы сообществ постепенно вытесняются более устойчивыми к воздействию антропогенных факторов эврибионтными видами. В достаточно контрастных условиях города наиболее широко распространены малоспециализированные гемизадафические беспозвоночные, имеющие и более мелкие размеры. Крупные аузадафические представители встречаются единично в привозных почвах (культуроземах), где поддерживается достаточно стабильный режим увлажнения и относительно оптимальная структура растительности.

Менее всего в условиях города нарушены сообщества территорий рекреационного использования. В сельтебных зонах многоэтажной застройки структура биоты трансформирована более значительно. Нередко встречаются совершенно безжизненные участки.

По таксономическому составу почвенно-биотические сообщества городских почв можно условно разделить на две группы. Первая группа включает зооценозы, состав которых характерен для степных почв. Это определяется спецификой почвообразующих пород, биоклиматическими условиями, историческими факторами. Вторая группа включает сообщества, таксономическая и трофическая структура которых обусловлена интенсивностью антропогенного воздействия и его типом. При этом именно вто-

рая группа во многом определяет отличия почвенно-биотических сообществ городских почв от их естественных аналогов.

Существующий уровень антропогенного воздействия на почвенно-биотические компоненты экосистем г. Саяногорска пока не является критическим, однако усиление антропогенного пресса будет способствовать дальнейшей деградации биоты, особенно на участках повышенного техногенного влияния (крупные стоянки автотранспорта, заправочные станции) и прилегающих к ним территориях городской застройки. Наибольшие структурные изменения могут произойти в сообществах герпетобионтов, которые в условиях городской среды подвержены более значительным воздействиям.

Санитарное состояние городских почв оценивается по степени загрязнения от слабой до умеренно загрязненной. Уровень биохимической активности характеризуется как средний. Рост мозаичности городской среды и появление рудеральных видов в составе фитоценозов обуславливает некоторое увеличение таксономического разнообразия зооценозов при воздействии на них антропогенной нагрузки слабой или умеренной интенсивности, тогда как при усилении пресса видовое разнообразие данных сообществ, как правило, сокращается. Одним из негативных экологических последствий процесса урбанизации может стать перестройка и дестабилизация биоты, сопровождающиеся внедрением чужеродных для ненарушенных сообществ видов, экспансией традиционных вредителей городских насаждений (галлообразующих и минирующих насекомых), вредоносных для садовых и огородных культур видов, а также – синантропов, представляющих опасность продовольственным запасам и здоровью населению.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 12-05-00819-а.

Список литературы

1. Аристовская Т. В. Экспресс-метод определения биологической активности почв / Т. В. Аристовская, М. В. Чугунова // Почвоведение. – 1989. – № 11. – С. 142–147.
2. Бессолицына Е. П. Экологический контроль за изменением биотических компонентов степных геосистем в условиях техногенной геохимической аномалии // Аридные экосистемы. – 2009. – Т. 15. – № 2 (38). – С. 63–73.
3. Вершинина С. Д. Структура почвенной мезофауны в градиенте урбанизации // Вестн. Удм. ун-та. – 2011. – Вып. 2. – С. 84–89.
4. Герасимова М. И. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация / М. Н. Строганова, Н. В., Можарова, Т. В. Прокофьева. – Смоленск : Ойкумена, 2003. – 268 с.
5. Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв / М. С. Гиляров. – М. : Наука, 1965. – 278 с.
6. Гиляров М. С. Почвенные беспозвоночные как объект экологического мониторинга / М. С. Гиляров, А. Д. Покаржевский // Охраняемые природные территории Советского Союза, их задачи и некоторые итоги исследований. – М., 1983. – С. 108–115.

7. О состоянии окружающей среды Республики Хакасия в 2012 г. : гос. докл. – URL: ekolog.chernbib.ru/data/documents/Gosdoklad_2012.pdf.
8. Давыдова Н. Д. Техногенные потоки и дифференциация веществ в геосистемах / Н. Д. Давыдова // Географические исследования Сибири. Т. 2. Ландшафтообразующие процессы. – Новосибирск : Гео, 2007. – С. 261–276.
9. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск : Ойкумена, 2004. – 342 с.
10. Количественные методы в почвенной зоологии. – М. : Наука, 1987. – 288 с.
11. Кривоуцкий Д. А. Почвенная фауна в экологическом контроле / Д. А. Кривоуцкий. – М. : Наука, 1994. – 270 с.
12. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. – М. : МГУ, 1991. – 303 с.
13. Мордкович Я. Б. Определитель карантинных и других опасных вредителей сырья, продуктов запаса и посевного материала / Я. Б. Мордкович, Е. А. Соколов. – М. : Колос, 1991. – 384 с.
14. Напрасникова Е. В. Эколого-биохимическое моделирование состояния почвенной среды городов / Е. В. Напрасникова // Тренды ландшафтно-геохимических процессов в геосистемах юга Сибири. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 2004. – С. 145–159.
15. Плешанова Г. И. Практический определитель синантропных насекомых Восточной Сибири / Г. И. Плешанова, А. С. Плешанов. – Иркутск : Изд-во ИГ СО РАН, 2006. – 72 с.
16. Blume H.-P. Classification of soils in urban agglomerations // *Catena*. –1989. – Vol. 16. – P. 269–275.
17. Lehmann A. Nature and Significance of Anthropogenic Urban Soils / A. Lehmann, K. Stahr // *Soils & Sediments*. – 2007. – Vol. 7, N 4. – P. 247–260.
18. Munn R. Global environmental monitoring system (GEMS) / R. Munn. – Toronto : Scope rep., 1973. – 130 p.
19. Nowakowski E. Influence of urbanization on the structure of wireworm communities (Coleoptera, Elateridae) // *Animals in urban environment: Proc. Symp. Institute of Zoology*, 1979. – Warszawa, 1982. – P. 79–90.
20. Soil invertebrates as monitoring tools for agricultural sustainability / M. G. Paoletti [et al.] // *Polskie Pismo Entomologiczne*. – 1995. – Vol. 64, N 1–4. – P. 113–122.
21. Robinson W. N. Urban entomology. Insect and mite pests in the human environment / W. N. Robinson. – London : Chapman & Hall, 1996. – 430 p.
22. Sustek Z. Changes in body size structure of staphylinid communities (Coleoptera, Staphylinidae) along an urbanization gradient Z. Sustek // *Biologia, Bratislava*, 1993. – Vol. 48, N 5. – P. 523–533.

Changes of Soil-Biotic Components of Steppe Geosystems in the Process of Urbanization

E. P. Bessolitsyna, E. V. Naprasnikova

Abstract. The paper presents the results of studying the ecological state of urbanized ecosystems of the town of Sayanogorsk. A comparative analysis is made of the structure of zoocenoses, predominating in the region of natural and anthropogenically disturbed soils. An ecological-microbiological characteristic of the soil cover of urboecosystems is

considered. The study revealed a negative impact of the urban pressure on the abundance and biomass of mesopedobionts, and on the level of biochemical activity of soils. The possibilities of using soil-biotic indicators for environmental monitoring under the conditions of potentially dangerous technogenic pollution are showed.

Keywords: urbanized ecosystems, abundance and biomass of invertebrates, structure of soil-biotic communities, microbocenoses, biochemical activity of soils.

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

Напрасникова Елизавета Викторовна
кандидат биологических наук
старший научный сотрудник
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
тел.: (3952)42-70-89

Naprasnikova Elizaveta Viktorovna
Candidate of Sciences (Biology)
Senior Research Scientist
V. B. Sochava Institute of Geography
SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-70-89