

УДК 574.9:577.4 (571.5)

Е. П. БЕССОЛИЦЫНА, И. В. БАЛЯЗИН

Институт географии СО РАН, г. Иркутск

**СТРУКТУРНО-ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ БИОТЫ ПОЧВ  
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ГЕОСИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА САЯНОГОРСКА)**

*Представлены результаты исследования экологического состояния урбанизированных геосистем г. Саяногорска. Дан сравнительный анализ структуры зооценозов, преобладающих в регионе природных и антропогенно нарушенных почв. Рассмотрены условия преобразования почвенного покрова и экологически значимые факторы, влияющие на состояние почвенно-биотических сообществ. Выявлено негативное влияние урбанистического пресса на численность и биомассу беспозвоночных животных, показаны возможности использования структуры и количественных характеристик зооценозов для биодиагностики изменения степных геосистем под воздействием антропогенных факторов.*

Ключевые слова: урбанизированные геосистемы, численность и биомасса беспозвоночных, состояние почвенно-биотических сообществ.

*We report the results from investigating the ecological state of the urbanized geosystems in the city of Sayanogorsk. A comparative analysis is made of the structure of zoocenoses against the natural and anthropogenically disturbed soils predominating in the region. We examine the transformation conditions for soil cover and the ecologically important factors influencing the state of soil-biotic communities. The study revealed a negative influence of urban pressure on the population and biomass of invertebrate animals and demonstrated the possibilities of using the structure and quantitative characteristics of zoocenoses in biodiagnosics of changes of steppe geosystems under the influence of anthropogenic factors.*

Keywords: urbanized geosystems, population and biomass of invertebrates, state of soil-biotic communities.

**ВВЕДЕНИЕ**

В связи с обострением экологической ситуации проблема разработки научных основ оценки состояния нарушенных геосистем и среды обитания человека в различных природно-климатических условиях приобрела огромное значение и новый социально-экономический статус. Преобразование природной среды, связанное как с традиционным использованием земель, так и с экспансией урбанизации, делает необходимым всесторонний анализ экологических последствий различных форм антропогенного влияния.

Градостроительное освоение территорий сопровождается изъятием почв под застройку, «запечатыванием» их под искусственными покрытиями, загрязнением материалами урбаногенного происхождения, засыпкой привозными грунтами, перемешиванием генетических горизонтов, изоляцией отдельных участков, прокладкой подземных коммуникаций и т. д.

Оставаясь базовым компонентом формирующихся в условиях урбанизации городских экосистем, почва испытывает наиболее сильное влияние антропогенного пресса, в результате которого происходят значительные изменения горизонтальной и вертикальной структуры, нарушения морфологического строения, физических и химических свойств исходного почвенного покрова.

Почва, обладая сорбционными и санитарными свойствами, выполняя важнейшие биогеоцено-тические и биосферные функции, обеспечивает сохранение основных свойств и механизмов буферности городской геотехносистемы [1]. Состояние почвы имеет большое значение для устойчивого функционирования растительного покрова и урбэкосистемы в целом. Трансформация геосистем и процессов, свойственных ненарушенным почвам, приводит к ослаблению, а нередко — и к полной утрате ими экологических функций. Именно поэтому состояние почвы — один из основных индикаторов устойчивости природного комплекса в урбанизированной среде и остроты экологической ситуации в геотехносистеме [2].

В мировой науке и практике уделяется всестороннее внимание исследованию урбанизированной среды как среды обитания человека [3–13], детально изучаются процессы формирования природно-антропогенных комплексов животных в урбэкосистемах: синантропных организмов [14–17], вредителей городских насаждений [18–20]. В литературе также имеются сведения о беспозвоночных, обитаю-

ших в почве или на ее поверхности [21–27]. Однако в системе ландшафтно-экологических взаимосвязей зооценозы почв урбоэкосистем, интегрирующие воздействие целого комплекса абиотических и биотических факторов, до настоящего времени представляют собой наименее изученный объект.

Одна из задач современной геоэкологии — изучение происходящих в биосфере процессов и закономерностей влияния урботехногенеза на природные сообщества, совершенствование системы мониторинга и диагностики состояния нарушенных геосистем.

Оценка экологической ситуации городской среды должна проводиться с учетом ответных реакций биотических сообществ на процессы урботехногенеза комплексом методов, включающим биоиндикацию и геохимический анализ. Один из наиболее чувствительных компонентов геосистем по отношению к антропогенным воздействиям — почвенная биота. 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 [28]. Будучи сорбентами природных и синтезируемых или привнесенных человеком токсических соединений, почвообитающие животные выполняют активную роль в трансформации и перераспределении поступающих в почву веществ.

Исследование механизмов трансформации зооценозов на разных уровнях их организации (ценоотическом, популяционном и др.) в условиях антропогенного воздействия особенно актуально, поскольку полученные результаты могут служить основой для проведения комплексной диагностики состояния геосистем и прогноза их изменения.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основная часть фактических данных, рассматриваемых в статье, получена в результате экспедиционных исследований в 2009 и 2011 гг. на полигоне-трансекте и пробных площадях Новониколаевского степного стационара Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, расположенного в Койбальской степи (Республика Хакасия). Объекты исследований — основные типы городских почв, наиболее часто встречающиеся на территории Саяногорска, и беспозвоночные животные, обитающие в них. Структура почвенной биоты изучалась на специально выбранных в разных районах города тестовых площадях, включающих селитебные, промышленные и лесопарковые зоны, различающиеся по форме и степени антропогенного воздействия.

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

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.

На территории города естественный почвенный покров большей частью уничтожен, небольшими участками встречаются неокультуренные малоразвитые черноземовидные галечниковые почвы. Специфические почвы селитебных территорий различаются по характеру формирования, мощности, свойствам почвообразующего материала и органогенного слоя, 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 [29].

Маломощные урбаноземы, неокультуренные и, как правило, в различной степени загрязненные, относятся к одному из основных типов нарушенных почв Саяногорска.

Реплантоземы (почвоподобные тела) состоят из реплантированного маломощного поверхностного горизонта (мощность около 10 см), созданного путем нанесения плодородного слоя на оставшийся после строительства грунт или специально сделанную отсыпку. Они распространены на озелененных рекультивированных участках междворовых пространств, в районах городских новостроек, на газонах около детских и спортивных площадок, автовокзала, вдоль городских магистралей и т. д.

Культуроземы — природно-антропогенные почвы с гумусовым горизонтом мощностью более 40–50 см, сформированным в процессе длительной рекультивации. Это почвы городских скверов и парков со значительным содержанием слабо разложившихся растительных остатков, умеренно загрязненные антропогенными включениями.

Сбор материала и его обработка осуществлялись по методикам, рекомендованным для эколого-фаунистических, почвенно-зоологических и биогеоценологических исследований [30]. 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 глубиной 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/м<sup>2</sup>). Количественные характеристики (численность и биомасса педобионтов) представлены графически по средним (суммарным) для каждой площади величинам с использованием методов математической статистики [31] и пакета программ Excel.

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННО-БИОТИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ

Городские почвы развиваются под влиянием тех же факторов почвообразования, что и естественно-исторические (климат, рельеф, материнские породы, биота), но при ведущем значении урбанистического пресса, который воздействует на почву как прямо, так и косвенно, преобладая над природными средообразующими факторами. Особенность трансформации компонентов ландшафта состоит в том, что в городе на относительно небольшой площади сосредоточено значительное количество источников загрязнения, определяющих неоднородность и различную интенсивность контаминации и рекреационной нагрузки.

Основными факторами, влияющими на экологическую обстановку в городе, являются выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросы в водоемы, загрязнение территорий всеми видами твердых отходов. Источники поступления контаминантов в почвы Саяногорска — предприятия жилищно-коммунального хозяйства (выбросы угольной золы, оксида углерода и других вредных веществ от котельных и печного отопления), ТЭЦ и очистные сооружения.

Дополнительный фактор техногенного воздействия на почвы — атмосферный перенос продуктов техногенеза промышленных предприятий — Саяногорского и Хакасского алюминиевых заводов. Алюминиевое производство, как известно, сопровождается выбросами в твердой и газообразной форме большого количества фтористых и сернистых соединений, оксида углерода, бенз(а)пирена и ряда других веществ, поступающих в различные компоненты геосистем. Характерными поллютантами выступают также никель, ванадий, цинк и медь [32].

Значительный вклад в ухудшение химических свойств почв вносят не только стационарные, но и мобильные источники, особенно автотранспорт, количество которого 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 [33].

Загрязнение почв также связано с применением в зимнее время противогололедных реагентов 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 структуры сообществ. Одним из интегральных показателей загрязнения почв является ее токсичность, т. е. способность отрицательно влиять на структурно-функциональное состояние почвенной биоты.

Незначительная глубина залегания галечников определяет неустойчивое обеспечение 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 почве. Температура почвы утрачивает свои свойства индикатора состояния биогеоценоза. Происходит определенное выравнивание контрастов гидротермического режима почв, который в значительной степени зависит от функционирования самой урбэкоисотемы. Экологические функции городских почв в экстремаль-

ных зонах ослаблены также из-за сильного уплотнения поверхностного слоя, затрудняющего газообмен в системе почва–атмосфера.

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

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Район исследований характеризуется напряженным гидротермическим режимом, что, несомненно, отражается на структуре биотических сообществ. В составе населения почв доминируют ксерофилы и мезоксерофилы. По сравнению с зооценозами степей других регионов в более сухих в летний период почвах равнинной части Минусинской котловины повышена численность ксерорезистентных видов насекомых. Структура сообществ беспозвоночных здесь довольно однообразна. Это особенно выражено в почвах настоящих сухих степей, где 95–98 % общего количества — насекомые. Геобионтные сапрофаги, как и все остальные группы беспозвоночных, составляют лишь незначительную часть мезонаселения. Степной элемент фауны, для которого характерно наличие антицид, чернотелок, формид, прямокрылых и мезоксерофильных видов элатерид, долгоносиков и пластинчатоусых, хорошо выражен в структуре зооценозов ненарушенных почв — обыкновенных и южных черноземов.

В процессе урбанизации формируются природно-техногенные геосистемы, состоящие из фрагментов трансформированных биогеоценозов, селитебных, промышленных и лесопарковых зон и транспортных магистралей. Изменения биотических сообществ происходят с самого начала освоения территории, усиливаясь в последующие годы, что обусловлено трансформацией среды обитания животных.

В городских почвах изменяются показатели суммарного обилия видов беспозвоночных в сообществе, которые связаны с нагрузкой отрицательной зависимостью. Численность и биомасса педобионтов в урбанизированных почвах значительно ниже, чем в степных биогеоценозах, слабо затронутых антропогенным воздействием (рис. 1). По сравнению с урбанизированными почвами биомасса беспозвоночных в реплантоземах и культуроземах значительно выше.

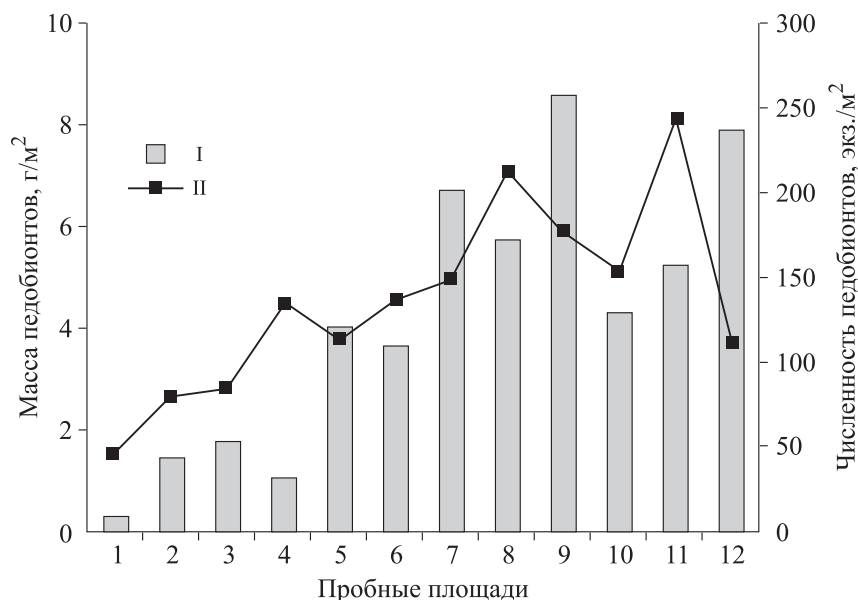


Рис. 1. Численность (экз./м<sup>2</sup>) и биомасса (г/м<sup>2</sup>) беспозвоночных в природных и городских почвах.

I — общая масса; II — общая численность почвообитающих беспозвоночных. Пробные площадки: 1–4 — урбанизированные почвы, 5, 6 — реплантоземы, 7–9 — культуроземы, 10–12 — естественно-исторические почвы (контрольные площадки): 10 — чернозем обыкновенный (3 км от Саяногорска), 11 — чернозем южный (12,5 км от Саяногорска), 12 — серая лесная почва (13 км от Саяногорска).

Наибольшая численность педобионтов составила 177–212 экз./м<sup>2</sup> в культуроземах (см. рис. 1, пл. 8, 9), на контрольной площади (чернозем южный, пл. 11) она достигала 244 экз./м<sup>2</sup>. По мере усиления антропогенного пресса в урбанизированных почвах численность снижается до 80–47 экз./м<sup>2</sup>, биомасса — до 1,1–0,3 г/м<sup>2</sup>. Количество беспозвоночных в городских почвах иногда превышает их содержание в природных степных почвах. Это прежде всего связано с генезисом и 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 урбанизированных экстремальных зонах. Здесь минимальная из всех почв города биомасса и самое низкое таксономическое разнообразие (рис. 2). Несмотря на то что некоторые участки совершенно не заселены беспозвоночными, урбанизированные почвы в настоящее время не относятся к категории чрезвычайно опасных: средняя масса педобионтов составляет 1,2 г/м<sup>2</sup>. Экологическая обстановка в реплантоземах селитебной зоны несколько лучше: величина биомассы составляет 3,8 г/м<sup>2</sup> (см. рис. 1, пл. 5, 6). В культуроземах диапазон значений массы беспозвоночных 5,7–8,6 г/м<sup>2</sup> (см. рис. 1, пл. 7–9). 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. При исследовании экологического состояния урбозем можно говорить о меньшем антропогенном стрессе в условиях скверов и городского парка, зооценозы которых имеют максимальное сходство с населением серой лесной почвы соснового бора загородной зоны. Это отражено как в относительно более высоких значениях показателей численности и биомассы, так и в таксономическом разнообразии (см. рис. 2, 3), что в свою очередь свидетельствует о более высокой почвенно-биотической активности и устойчивости урбозем этого класса.

Формирование мезофауны членистоногих приземных ярусов биоценозов в урбанизированных и естественных ландшафтах происходит преимущественно за счет наиболее многочисленных представителей герпетобия: карабид, муравьев, стафилинид, пауков, губоногих многоножек. В условиях города по сравнению с естественными ценозами в целом наблюдается снижение плотности мезонаселения, в основном представителей герпетобионтного комплекса (126 экз./м<sup>2</sup> — в городе и 170 экз./м<sup>2</sup> — на контрольных площадях).

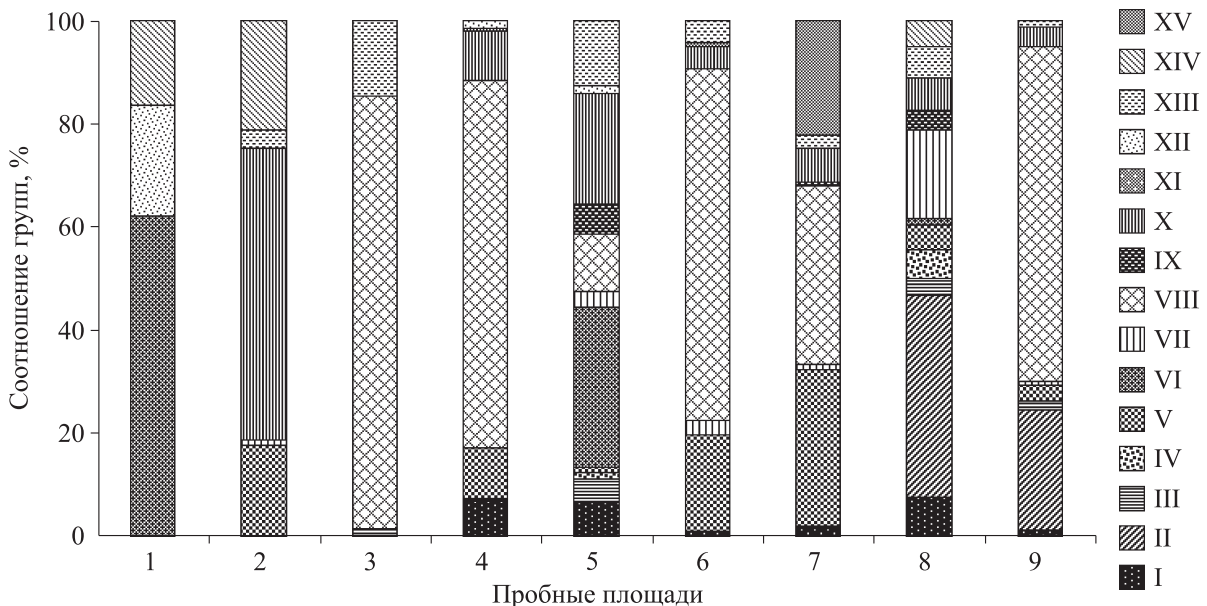
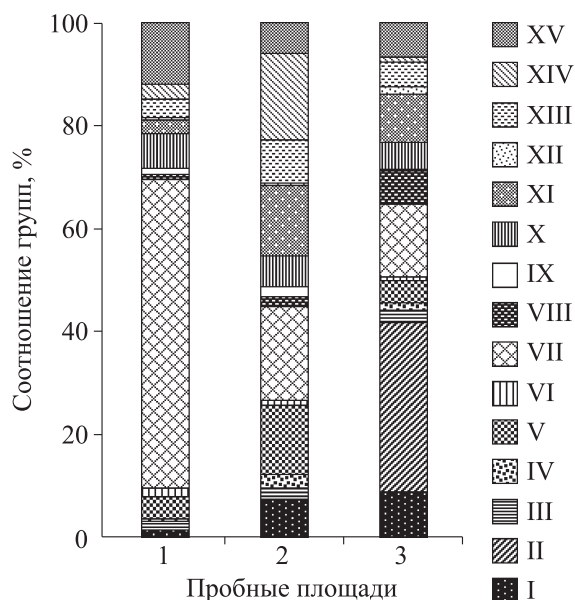


Рис. 2. Структура сообществ беспозвоночных в почвах Саяногорска.

Почвы: 1–4 — урбанизированные, 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 — Staphylinidae (i, l), VIII — Scarabeidae (l), IX — Elateridae (l), X — Tenebrionidae (i, l), XI — Curculionidae (i, l), XII — Myrmicinae, XIII — Formicidae, XIV — Diptera (l), XV — Lepidoptera (coc.).

Рис. 3. Структура сообществ беспозвоночных в почвах Минусинской котловины (контрольные площади).

1 — чернозем обыкновенный, 2 — чернозем южный, 3 — серая лесная почва. Систематические группы: I — Enchytraeiidae, II — Lumbricidae, III — Aranei, IV — Chilopoda, V — Carabidae (i, l), VI — Staphylinidae (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.).



Таким образом, сообщества беспозвоночных в условиях города подвергаются влиянию сложного комплекса различных факторов, определяющих формирование и трансформацию зооценозов на разных участках. Основные движущие факторы современного процесса динамики мезонаселения в условиях Саяногорска — происхождение почвы и ее влажность, урботехногенное загрязнение, степень рекреации и состояние растительного покрова.

Существующий уровень антропогенного воздействия на городскую мезофауну пока не является критическим, однако усиление антропогенного стресса приведет к дальнейшей деградации сообществ, особенно в экстремальной и селитебной зонах (стоянки автотранспорта, заправочные станции) и в почвах газонов. Наибольшие структурные изменения могут произойти в составе герпетобионтных комплексов, которые в условиях городской среды подвержены более значительным воздействиям.

Мозаичность ландшафтно-экологических условий города создает значительное разнообразие зооценозов, различающихся как соотношением структурно-функциональных групп, так и количественными характеристиками. При определенном сходстве с населением почв естественных ландшафтов зооценозы урбоэкосистем отличаются от них отсутствием антицидов, повышенной численностью мертвоедов, наличием видов, не свойственных ненарушенным почвам, — элатерид (*Agriotes obscurus* L.), лугового мотылька (*Logxostege sticticalis* L.) и др.

Среди обитателей почвы и подстилки наиболее многочисленны и широко распространены как в урбоэкосистемах, так и в почвах, не подверженных значительному антропогенному воздействию, представители семейства Carabidae, которые проявляют чувствительность к изменению определенных факторов и могут быть использованы для оценки состояния городской среды и урбоэкологического мониторинга.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Антропогенное преобразование исторически сложившегося почвенного и растительного покрова в процессе урбанизации ведет к изменению соподчиненных компонентов и нарушению динамического равновесия в структуре зооценозов. Анализ экологического состояния почв Саяногорска показал, что наиболее сильное негативное влияние на качество почвенного покрова и его обитателей оказывают различные виды загрязнения урботехногенного происхождения, изменение микроклимата в сухостепных условиях в сторону большей ксероморфизации почв, трансформация растительного покрова, обусловленная переуплотнением обитаемого слоя и рекреацией, недостаточное содержание отмершей органики. Эти факторы во многом определяют значительное отличие почв урбосферы от их естественных аналогов.

Урбанизация приводит к снижению видового и популяционного разнообразия биоты (за счет элиминации некоторых таксономических групп и видов), изменению количественных показателей и структуры сообществ, угнетению способности экосистем к самовосстановлению. В результате урботехногенной аридизации городских почв мезофильные элементы сообществ постепенно вытесняются более устойчивыми к дефициту влаги и воздействию антропогенных факторов эврибионтными видами. В контрастных условиях города наиболее широко распространены малоспециализированные гемизадафические беспозвоночные, имеющие и более мелкие размеры. Крупные аузадафические пред-

ставители встречаются единично в привозных почвах (культурооземах), где поддерживается довольно стабильный режим увлажнения и относительно оптимальная структура растительности.

Менее всего в условиях города нарушены почвенно-биотические сообщества территорий рекреационного использования. В жилых зонах многоэтажной застройки структура и разнообразие биоты нарушены более существенно. В урбанооземах и реплантооземах практически нет крупных беспозвоночных, нередко встречаются совершенно безжизненные участки. Экологические функции урбанооземов ослаблены из-за низкой активности обитателей почвы, находящихся в угнетенном состоянии. Урбанооземы на этих территориях нуждаются в постоянном проведении реабилитационных мероприятий. Экологические функции почв промышленных зон практически полностью подавлены.

Почвенно-биотические сообщества городских почв можно условно разделить на две группы. Первая группа включает в себя зооценозы, состав которых характерен для степных почв. Это определяется спецификой почвообразующих пород, биоклиматическими условиями, историческими факторами. Вторая группа представлена сообществами, таксономическая и трофическая структура которых обусловлена интенсивностью антропогенного воздействия и его типом. При этом именно вторая группа во многом определяет отличия городских почв от их естественных аналогов.

Рост мозаичности городской среды и появление рудеральных видов в составе фитоценозов обуславливают некоторое увеличение таксономического разнообразия зооценозов при воздействии на них антропогенной нагрузки слабой или умеренной интенсивности, тогда как при усилении стресса видовое разнообразие данных сообществ, как правило, сокращается. Одним из негативных экологических последствий процесса урбанизации могут 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.

Ландшафтно-экологические исследования, проведенные в Саяногорске, позволяют сделать заключение о необходимости мониторинга состояния почвенно-растительного покрова и почвенной биоты как основных компонентов геосистемы. При этом мониторинг должен не только включать в себя наблюдение за состоянием почв с точки зрения их загрязнения, но и предусматривать систему контроля за изменением биотических сообществ, определяющих уровень устойчивости и функционирование урбозкосистем в условиях природно-техногенного комплекса.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (12–05–98063 p\_сибирь\_a).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. — М.: Наука, 1990. — 261 с.
2. Добровольский Г. В., Гришина Л. А. Охрана почв. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. — 224 с.
3. Почва, город, экология / Под ред. Г. В. Добровольского. — М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. — 320 с.
4. Напрасникова Е. В. Почвенно-биотический компонент геосистем и его функциональные особенности в условиях Сибири // География и природ. ресурсы. — 2008. — № 2. — С. 93–96.
5. Строганова М. Н., Мягкова А. Д., Прокофьева Т. В. Роль почв в городе // Почвоведение. — 1997. — № 1. — С. 96–101.
6. Структурно-функциональная роль почвы в биосфере / Под ред. Г. В. Добровольского. — М.: ГЕОС, 1999. — 278 с.
7. Герасимова М. И., Строганова М. Н., Можарова Н. В., Прокофьева Т. В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. — Смоленск: Ойкумена, 2003. — 268 с.
8. Blume H.-P. Classification of soils in urban agglomerations // Catena. — 1989. — Vol. 16. — P. 269–275.
9. Bridges E. M. Soils in the urban jungle // Geographical Magaz. — 1989. — N 61. — P. 1–4.
10. Mullis C. E. Physical properties of soils in urban areas // Soils in the Urban Environment. — Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1991. — P. 87–118.
11. Craul P. J. Urban soils in landscape design. — New York: John Wiley & Sons, 1992. — 396 p.
12. Burghardt W. The German double track concept of classifying soils by their substrate and their anthropo-natural genesis: The adaptation to urban areas // Proceedings of First International Conference SUITMA, Germany. — Essen, 2000. — Vol. 1. — P. 217–222.

13. **Lehmann A., Stahr K.** Nature and significance of anthropogenic urban soils // *Soils & Sediments*. — 2007. — Vol. 7, N 4. — P. 247–260.
14. **Тарасов В. В.** Членистоногие переносчики возбудителей болезней человека. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. — 288 с.
15. **Клауснитцер Б.** Экология городской фауны. — М.: Мир, 1990. — 246 с.
16. **Мордкович Я. Б., Соколов Е. А.** Определитель карантинных и других опасных вредителей сырья, продуктов запаса и посевного материала. — М.: Колос, 1999. — 384 с.
17. **Плешанова Г. И., Плешанов А. С.** Практический определитель синантропных насекомых Восточной Сибири. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2006. — 72 с.
18. **Долгова Л. П.** Фауна тлей в декоративных насаждениях г. Барнаула // *Фауна и экология членистоногих Сибири*. — Новосибирск: Наука, 1972. — С. 25–34.
19. **Баранник А. П.** Эколого-фаунистическая характеристика дендрофильной энтомофауны зеленых насаждений промышленных городов Кемеровской области // *Экология*. — 1979. — № 1. — С. 76–79.
20. **Шербакова Л. Н.** Вредители городских и защитных насаждений. — Л.: ЛТА, 1980. — 96 с.
21. **Добровольский Г. В., Бабьева И. П., Богатырев Л. Г.** Структурно-функциональная роль почвы и почвенной биоты. — М.: Наука, 2003. — 364 с.
22. **Шарова И. Х., Киселёв И. Е.** Динамика структуры населения жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) урбанизированных ландшафтов города Саранска. — Саранск: Изд-во МордГПИ, 1999. — 213 с.
23. **Вершинина С. Д.** Структура почвенной мезофауны в градиенте урбанизации // *Вестн. Удм. ун-та*. — 2011. — Вып. 2. — С. 84–89.
24. **Rhee J. A.** Effect of soil pollution on earthworms // *Pedobiologia*. — 1977. — Vol. 17, N 3. — P. 201–208.
25. **Nowakowski E.** Influence of urbanization on the structure of wireworm communities (Coleoptera, Elateridae) // *Animals in urban environment: Proc. Symp.* — Warszawa: Institute of Zoology, 1982. — P. 79–90.
26. **Robinson W. N.** Urban entomology. Insect and mite pests in the human environment. — London: Chapman & Hall, 1996. — 430 p.
27. **Sustek Z.** Changes in body size structure of staphylinid communities (Coleoptera, Staphylinidae) along an urbanization gradient // *Biologia*. — 1993. — Vol. 48, N 5. — P. 523–533.
28. **Бессолицына Е. П.** Геоэкологические методы оценки состояния геосистем // *Новые географические знания и направления исследований: Сборник научных трудов*. — Киев, 2006. — С. 254–263.
29. **Классификация и диагностика почв России** / Под ред. Г. В. Добровольского. — Смоленск: Ойкумена, 2004. — 342 с.
30. **Количественные методы в почвенной зоологии** / Ю. Б. Бызова, М. С. Гиляров, В. Дунгер и др. — М.: Наука, 1987. — 288 с.
31. **Боровиков В. П., Боровиков И. П.** Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. — М.: Финлинь, 1997. — 608 с.
32. **Бессолицына Е. П., Зайченко О. А., Любцова Е. М., Семенова Л. Н.** Ландшафтно-экологический подход к прогнозированию состояния окружающей среды в зоне техногенного воздействия // *Цветная металлургия*. — 1995. — № 6. — С. 24–27.
33. **Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Хакасия в 2011 году»**. — <http://www.r-19.ru/goskom/reports/28112.htm>

*Поступила в редакцию 31 августа 2012 г.*