Н.В. Каргаполов

Геохимические исследования в городских экосистемах

Геохимические исследования в городских экосистемах характеризуют результаты постоянного функционирования источников загрязнения, транзитных и депонирующих сред. Важным параметром характеристики экосистем является скорость наполнения депонирующих сред, которая меняется от десятков лет для почв, нескольких месяцев – для снега и нескольких часов или дней – для аэрозолей городского смога. Особый интерес для исследований представляют тяжелые металлы и вещества, способные совершать круговороты.

Ключевые слова: городская экосистема, источники загрязнения в городских экосистемах, депонирующие среды, транзитные среды, загрязняющие вещества, геохимический фон, тяжелые металлы, аэрозоли, смог, геохимические параметры городских экосистем, природный геохимический фон территории.

На природном уровне городские экосистемы выделяются как места концентрации и трансформации вещества и энергии, которые поступают с транспортными и другими потоками, из недр земли и окружающих природных ландшафтов. Отходы хозяйственной деятельности, образованные вследствие применения малоэффективных технологий, становятся мощным источником загрязнения, а интенсивность накопления веществ и техногенная геохимическая трансформация ландшафтов определяется комбинацией техногенных и ландшафтных факторов [1].

Геохимические исследования в городских экосистемах основываются на информации, полученной в результате инвентаризации источников загрязнения, расчета предельно допустимых выбросов и сбросов, мониторинга технологических процессов, накоплении загрязняющих веществ в почвах, донных отложениях и др. Геохимическая информация систематизируется по двум научным направлениям, изучающим транзитные и депонирующие (накапливающие) среды [2].

Транзитные среды представлены атмосферой и гидросферой. Атмосфера представляется главной транзитной средой, повсеместно переносящей опасные для человека загрязняющие вещества. в атмосфере изучается газовый состав, жидкие, твердые, газообразные загрязняющие вещества, аэрозоли и органические вещества. Рассматриваются

ресурсные, динамические, химические, физические экологические свойства атмосферы и влияющие на них технологические процессы. При исследовании используется отчетность предприятий, проводятся расчеты геохимических полей, отбор проб для анализа и непосредственные измерения концентраций загрязняющих веществ. Большое значение придается статистическому моделированию и расчету возможных изменений показателей загрязнения, данным гидрометеорологических и других служб по наблюдению за состоянием атмосферы.

Изучение гидросферы базируется на оценке гидроресурсов, характеристиках оборота воды, химических и физических свойствах вод. Производится исследование потребительского качества питьевых и хозяйственных вод, полноты очистки сброса сточных вод и др. Выявляются источники загрязнения, наиболее опасные загрязняющие вещества, рассчитываются предельно допустимые сбросы, определяется динамика загрязнения. Большое значение имеет расчет экстремальных ситуаций и показателей, приводящих к гибели речной фауны.

Депонирующие среды позволяют характеризовать накопленное геохимическое влияние загрязняющих веществ в городских экосистемах, дают понимание эволюции опасных процессов во времени и пространстве. Так, например, депонирующие среды почв и донных отложений дают характеристику накопления загрязняющих веществ за многие годы, депонирующая среда снега – за несколько месяцев, депонирующая среда аэрозолей, формирующих городской смог, – за несколько часов или дней.

Эколого-геохимическое направление исследований городов, которое развивается на основе геохимии ландшафтов, достигло в последнее время серьезных успехов. Оно базируется на изучении миграции и концентрации химических элементов в основных компонентах ландшафта. Это научное направление является, по сути, комплексным и ориентируется на анализ состояния основных депонирующих сред: почв, донных отложений, снега, растительности, тканей организмов животных и человека.

По современным представлениям, химическое состояние компонентов ландшафта достаточно точно характеризует антропогенную трансформацию экосистемы [3]. Экологическая характеристика состояния экосистем в этом случае базируется на особенностях эмиссии вещества и энергии, т.е. их реального распределения в депонирующих и транзитных средах в определенном временном интервале. Длительное накопление загрязняющих веществ характерно для депонирующих сред почв,

донных отложений, живого вещества, а кратковременное – для транзитных сред воды и воздуха. Важным блоком комплексных геохимических исследований является анализ техногенных потоков веществ в экосистеме, их трансформации и устойчивости.

В результате геохимических исследований в городских экосистемах предполагается решение нескольких взаимосвязанных задач, каждая из которых имеет свои методические принципы и технологические подходы.

Особой задачей является определение природного геохимического фона территории, на основе которого могут рассчитываться геохимические параметры городских экосистем. Фон особенно важен для тех сред и химических элементов, для которых еще не разработаны санитарно-гигиенические нормы, предельно допустимые концентрации (ПДК), предельно допустимые выбросы (ПДВ), сбросы (ПДС) и другие показатели. Определение геохимического фона основывается на детальном исследовании региональной геохимической специализации незагрязненных экосистем, которые расположены вне зоны возможного загрязнения. При выборе фоновых участков важно учитывать радиус загрязнения вокруг городов, который для некоторых веществ может достигать нескольких десятков километров.

Геохимические исследования в городских экосистемах базируется на изучении функциональных блоков, между которыми формируются потоки загрязняющих веществ [6]. Условно выделяются три блока:

1) источники загрязнения, к которым относится промышленность, жилищно-коммунальное хозяйство и транспорт;

2) транзитные среды, где происходит транспортировка и частичная трансформация загрязняющих веществ: атмосфера, атмосферные осадки, поверхностные и грунтовые воды;

3) депонирующие среды, в которых накапливаются и преобразуются загрязняющие вещества: почвы, донные отложения, растения, микроорганизмы, хозяйственные и жилые сооружения и др.

Используемые в городских экосистемах геохимические методы в большей мере связаны с реальным распределением загрязняющих веществ по аномалиям, чем с их выбросом или сбросом от техногенных источников [5]. Геохимической особенностью городских экосистем является: наложение полей загрязнения различных производств и видов хозяйственной деятельности, а также формирование многоэлементных техногенных геохимических аномалий в различных экосистемах. Можно выделить следующие типы загрязняющих городские экосистемы

вещества: жидкие и твердые отходы, преднамеренно собираемые и депонируемые; стоки в виде жидких потоков, содержащих твердые частицы; выбросы в виде воздушных потоков с веществами в твердой, жидкой и газообразной формах.

Источники загрязнения могут быть организованными и неорганизованными. Организованные источники представлены трубами, факелами, очистными сооружениями, отвалами и т.д. Поступающие через них загрязняющие вещества поддаются контролю. Неорганизованные источники в виде утечек и выбросов в системах трубопроводов, канализации, при авариях, перевозке отходов, на транспорте и т.д., не поддаются постоянному контролю. Типы промышленного производства и хозяйственной деятельности отличаются количеством и составом загрязняющих веществ в отходах, стоках и выбросах.

По контрастности аномалий относительно фона первое место занимают выбросы промышленных предприятий в атмосферу. Немного меньше или сопоставима с ними нагрузка от твердых отходов, третье место занимают стоки. По абсолютной массе в поставки загрязняющих веществ в экосистему лидируют твердые отходы.

Источники загрязнения в сочетании с различными характеристиками транзитных сред создают сложную картину геохимических полей и аномальных зон в депонирующих средах, которые, в свою очередь, служат основанием для характеристики существующих и существовавших источников загрязнения. Идентификация техногенных источников по химическим аномалиям в почвах, донных отложениях и живых организмах является одной из главных задач геохимических исследований в городских экосистемах. Важно отметить, что в больших городах с разнообразными предприятиями это более сложная задача, чем в малых городах с отдельно стоящими специализированными предприятиями.

Особенно опасной для городских экосистем является транзитная среда атмосферы, которая переносит многие загрязняющие вещества, среди которых особое место занимают аэрозоли, часто образующие смог. Среди формирующих смог химических элементов важное место занимают тяжелые металлы, входящие в состав аэрозолей. Наиболее токсичные тяжелые металлы, такие, как кадмий, свинец, сурьма, мышьяк, ртуть, находятся преимущественно в субмикронной фракции (менее 0,05 мкм) или парогазовой фазе аэрозоля. в атмосферных осадках преобладают растворимые в воде формы тяжелых металлов.

Атмосфера городов сильно загрязнена оксидами азота и серы, а также пылью. Запыленность воздуха в городах в 5–10 раз превышает

природный фон, и это ведет к возрастанию роли твердых частиц как носителей химического загрязнения и усилению техногенных аномалий. Существование коррелятивных зависимостей между содержанием многих загрязняющих веществ в воздухе с их содержанием в снеге и почвах позволяет использовать эти компоненты экосистем для быстрой геохимической индикации загрязнения атмосферы.

Водная транзитная среда городов не только активно переносит загрязняющие вещества, но и активизирует экологические и геохимические процессы. Происходит подтопление, осушение, просадка и засоление грунтов, овражная эрозия, активизируются оползни, загрязняются водоемы и др. Изучение загрязнения вод проводится с определением химического состава канализационных, промышленных и муниципальных стоков, поступающих в жидком виде в экосистему, кроме того, ведется исследование поверхностных стоков, поступающих в коллекторные каналы, отстойники и т.д.

В городских поверхностных стоках содержание хлора, сульфат-, нитрит- и фосфатионов, натрия, калия, тяжелых металлов в десятки и сотни раз больше, чем в природных условиях. Для поверхностных вод характерно присутствие синтетических загрязняющих веществ – фенолов, нефтепродуктов, поверхностно активных веществ (ПАВ), полихлорбифенилов (ПХБ), которые в ряде случаев усиливают миграцию тяжелых металлов за счет образования с ними растворимых комплексных соединений. Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях и техногенных илах служат интегральным показателем техногенной нагрузки на водосборы изучаемой территории.

Сложный и неоднородный процесс накопления загрязняющих веществ в почвах и приповерхностных грунтах городов требует детальной характеристики объектов исследования. В городских экосистемах, наряду с слабоизмененными или естественными почвами парков, бульваров, садов, пустырей и т.д., широко представлены искусственные техногенные грунты промышленных зон, улиц, площадей, дворов и т.п. Загрязняющие вещества, накапливающиеся в верхних горизонтах почв и грунтов, изменяют их свойства и химический состав и как новые объекты вновь включаются в природные и техногенные циклы миграции. Существенное значение для формирования загрязнения городских почв и грунтов имеет длительность и характер промышленного развития территории в историческое время. Геохимические аномалии в почвах и грунтах обычно фиксируют загрязнение за 20–50 лет. Минимальное время, необходимое для формирования достаточно контрастных

геохимических аномалий, составляет 5–10 лет, хотя для мышьяка и цинка это может быть 1–2 года.

Ореолы в почвах более статичны в донных отложениях и снеге, т.к. они способны аккумулировать загрязняющие вещества в течение всего периода техногенного воздействия. Поэтому геохимическая индексация и картографирование по депонирующим горизонтам почв и грунтов являются одним из основных методов изучения и оценки экологического состояния экосистем.

Способность растений аккумулировать загрязняющие вещества вблизи источников загрязнения дает основания для биогеохимических исследований в городских экосистемах. Они включают в себя определение содержаний индикаторных элементов в растениях, выбор индикаторных видов и органов растений для опробования, выявление биогеохимических аномалий и источников загрязнения. Биогеохимическое изучение городских экосистем дает информацию по загрязнению территории в период вегетации растений и активной водной миграции загрязняющих веществ в почвах. Контрастность этих аномалий может составлять десятки единиц фона.

Эффективным индикатором загрязнения атмосферы городов является кора деревьев, особенно сосны, которая не имеет физиологических пределов поглощения для многих загрязняющих веществ и способна к их накоплению. Биогеохимические ореолы в коре деревьев гораздо протяженнее и контрастнее ореолов в снеге и почвах. Важное индикационное и медико-экологическое значение имеет изучение сельскохозяйственной продукции, выращиваемой в городах.

Как показывают исследования городских экосистем, наиболее опасными, активно растущими по массе и разнообразию, являются выбросы в атмосферу, связанные с автомобильным транспортом. Важно отметить высокую контрастность количества выбросов загрязняющих веществ в суточном и недельном циклах (до 10 и более раз), что, с одной стороны, усложняет количественную характеристику экосистем, а с другой – позволяет широко использовать расчетные и полуколичественные данные без ущерба точности оценки.

Библиографический список

1. Власов Д.В. Геохимия тяжелых металлов и металлоидов в ландшафтах Восточного округа Москвы: Дис. ... канд. геогр. наук. М., 2015.
2. Каргаполов Н.В. Геохимические функции городских экосистем // Проблемы географии и экологии: Сб. научных тр. Владимирского гос. гуманитарного ун-та. Владимир, 2009. С. 54–55.

3. Каргаполов Н.В. Пространственная организация антропогенных экосистем // Вестник Международной академии наук (Русская секция). Спецвыпуск. М., 2012. С. 261–263.
4. Каргополов Н.В. Организация природных и антропогенных экосистем // Вестник МГГУ им. М.А. Шолохова. Сер. «Социально-экологические технологии». 2012. № 2. С. 110–115.
5. Каргаполов Н.В. Вредные вещества городских экосистем // Тенденции формирования науки нового времени: Сб. ст. Международной научно-практической конференции 27–28 декабря 2013. Уфа, 2013. С. 239–242.
6. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М., 2000.