

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКИХ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

М.Г.Ясовеев, А.И.Андрухович, (Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка, кафедра экономической географии и охраны природы, ул. Советская, 18, г. Минск, Беларусь, 220050, annaand@tut.by)

Природные факторы накопления загрязняющих веществ в городских ландшафтах

Совокупность природных и техногенных факторов определяет накопление и перераспределение загрязняющих веществ в ландшафтах городов, но выявить вклад природных факторов достаточно трудно, так как к настоящему времени даже для фоновых районов систематизация факторов перераспределения химических веществ не проведена.

В большинстве случаев основное внимание уделяется техногенным факторам, обуславливающим величину техногенных химических нагрузок на местные ландшафты и значительно меньше - природным факторам, контролирующим перераспределение загрязняющих веществ в ландшафтах. Имеющиеся оценки природных факторов накопления и перераспределения загрязняющих веществ, выполнены с использованием методологии геохимии ландшафтов, одним из основных положений которой является признание закономерного перераспределения химических веществ в каскадных ландшафтно-геохимических системах и, следовательно, неоднородности территории по ответной реакции на равное техногенное воздействие.

Перераспределение загрязняющих веществ с водными потоками и их накоплению в почвах супераквальных ландшафтов изучали Е. П. Сорокина (Сорокина, 1991) и Н.С. Касимов (Касимов, 1990). В последней работе приведены результаты изучения распределения тяжелых металлов в каскадных ландшафтно-геохимических системах низменного Заволжья и Приволжской возвышенности и показаны основные факторы, определяющие геохимическую контрастность ландшафтов: литогенный, связанный с дифференцирующей ролью почвообразующих пород; биогенный; латеральная дифференциация элементов за счет боковой водной и механической миграции их валовых форм.

Тип структуры ландшафтно-геохимических систем определяет распространение техногенных потоков. Наибольшую опасность в связи с возможным накоплением загрязняющих веществ представляют закрытые системы, которые распространены в западных местностях холмисто-моренных озерных возвышенностей. Основными характеристиками, определяющими интенсивность выноса техногенных веществ, являются следующие: литологический состав четвертичных отложений, механический состав почв, данные о фильтрационных свойствах почв, ионный сток (*Паулюквичюс, 1986*).

При изучении факторов формирования геохимических аномалий, имеется много неопределенностей. В ряде случаев различия в накоплении тяжелых металлов в ряду сопряженных ландшафтов не удается проследить по той причине, что исходный геохимический фон тяжелых металлов в значительной степени определяется литологией и генезисом почвообразующих пород и почвы элювиальных ландшафтов могут быть предрасположены к аккумуляции загрязнителей, а почвы подчиненных ландшафтов - трансэлювиальных - к выносу. Схема работает всегда лишь в отношении перемещения водных потоков (водорастворимых веществ), а также взвешенного материала. Причиной аккумуляции загрязняющих веществ в элювиальных и трансэлювиальных условиях может быть импермацидный водный режим. При прочих равных условиях уровень накопления химических элементов самый высокий в районах с повышенным природным фоном как макро-, так и микроэлементов. Составляющие поверхностного и грунтового стока зависят также от механического состава почв. Величина поверхностного стока на суглинистых почвах лесной зоны в 2,5-20 раз больше, чем на песчаных (максимальные различия отмечены в лесу, минимальные - на лугу) (*Добровольский, 1990*). По данным Г. Паулюквичюса (*Паулюквичюс, 1978*), в лесных бассейнах наибольший вынос химических веществ глубже корнеобитаемого слоя (глубже 1,5 м) наблюдается в супесчаных почвах (более 300 кг/га растворенных веществ), далее в песчаных и гравийных (230-260), суглинистых (около 200) и глинистых (около 110 кг/га). Но в любом случае вынос химических веществ внутрпочвенным стоком не превышает привноса с выпавшим снегом.

На территории Беларуси деятельность текучих поверхностных вод, которая проявляется в виде плоскостного смыва, эрозии временных и постоянных русловых потоков, является весьма существенным фактором преобразования рельефа и одним из наиболее значимых

факторов перераспределения химических веществ в ландшафтах. Плоскостной смыв выражен в той или иной мере на 70 % территории республики.

В условиях интенсивных техногенных нагрузок накопление загрязняющих веществ определяется типом источника и его местоположением, особенностями поступления загрязняющих веществ в окружающую среду и другими факторами. Геосистема, будучи элювиальной по направленности современных основных ландшафтно-геохимических процессов, что подтверждается и иллюстрируется модулями стока и балансом макроэлементов в ландшафте, является аккумулятивной по отношению к аэральному потоку тяжелых металлов. Расчет для условий стока 200-300 мм показал, что в элювиальной геосистеме почти полностью закрепляется свинец и кадмий: со стоком выносятся лишь 1,3-2,1 % свинца и 4,3-5,7 % кадмия от суммарного поступления. Показано также, что буферные возможности геосистемы по отношению к аэротехногенному воздействию наиболее полно проявляются только при сохранении ее структурной целостности, прежде всего биотических компонентов, обеспечивающих активное «живое» функционирование геосистемы, аналогичное природным условиям. При резко нарушенном структурно-функциональном состоянии (угнетение или отсутствие биоты, эрозия почвы, жесткое, не смягчаемое органическим веществом аэротехногенное воздействие) заметно снижаются возможности аккумуляции тяжелых металлов в геосистеме и усиливаются элювиальные процессы, приводящие к диспергации почвы и выносу не только техногенных, но и литофильных элементов (Хомич, 2004). Почвы нижних частей склонов и хорошо дренируемых сухих распадков характеризуются меньшим содержанием элементов. Относительное обогащение характерно для супераквальных ландшафтов, развитых на тяжелых суглинках и глинах. Таким образом, по условиям накопления элементов техногенного происхождения в сопряженном геохимическом ряду ландшафтов выделяются элювиальные и супераквальные: элювиальные обогащены за счет первичного распределения вещества, супераквальные (слабопроточные) - за счет вторичного перераспределения (Волкова, 1987).

Особый характер распределения техногенного вещества отмечен на пашнях. Вследствие интенсивного перемешивания пахотного слоя химические элементы не концентрируются в верхнем слое, а рассеиваются на глубину пахотного слоя. Поэтому почвы пашен кажутся обедненными по сравнению с почвами под лугом или лесом, хотя по запасам техногенного вещества практически не различаются (Волкова, 1987).

При закономерном перераспределении загрязняющих веществ в каскадных ландшафтных геосистемах от автономных к подчиненным при равных аэральном техногенных химических нагрузках содержание тяжелых металлов в почвах элювиальных ландшафтов выше, чем в сопряженных трансэлювиальных ландшафтах. Это обусловлено субгоризонтальной поверхностью элювиальных (автоморфных) ландшафтов, следовательно, - незначительным латеральным выносом химических веществ в сопряженные трансэлювиальные ландшафты. Последние, в свою очередь, характеризуются интенсивным латеральным выносом загрязняющих веществ, что обеспечивает более низкие концентрации загрязняющих веществ в их пределах по сравнению с почвами автономных ландшафтов.

Закономерности перераспределения загрязняющих веществ характеризуют зоны влияния промышленных предприятий, отличающиеся однонаправленным видом воздействий и более простой структурой полей загрязнения. Значительно сложнее проследить закономерности формирования аномалий и выявить факторы, их обуславливающие, в условиях городов, в пределах которых, с одной стороны, есть сложное сочетание и наложение техногенных химических нагрузок, с другой - исходные ландшафты сильно трансформированы. Неравномерность загрязнения почвенного покрова городов на фоне нивелирования рельефа при градостроительстве, ослабляющего латеральные связи между элементарными ландшафтами, ведет к появлению случайных соотношений химических элементов между почвами автономных и подчиненных ландшафтов. По этой причине различия в накоплении загрязняющих веществ (между средними содержаниями) для почв различных элементарных ландшафтов в городах не так очевидны (Хомич, 2004).

Специальных работ по систематизации факторов перераспределения загрязняющих веществ для ландшафтов городов не имеется. В определенной мере данной задаче соответствует систематизация факторов, отвечающих за направленность геохимических процессов, предложенная М. А. Глазговской (Глазговская, 1979):

1) определяющие возможную интенсивность выноса и рассеяния продуктов техногенеза - показатели интенсивности самоочищения среды: осадки, сток, скорость ветра и т.д.;

2) определяющие возможную интенсивность трансформации продуктов техногенеза - перевод их в иные формы или полную утилизацию - показатели энергии и условий разложения: общее количество солнечной радиации, интенсивность фотохимических реакций и т.д.;

3) определяющие исходную емкость, возможную интенсивность и прочность закрепления продуктов техногенеза и их метаболитов в природных системах: щелочно-кислотные условия, геохимические барьеры, сорбционная емкость и т.д.

Однако данная систематизация разработана для целей анализа устойчивости ландшафтов к химическим нагрузкам и не охватывает большинства факторов, влияющих на накопление и перераспределение загрязняющих веществ в ландшафтах городов. Анализ факторов, изложенных в тексте выше, а также полученные ранее фактические материалы по эколого-геохимическому картографированию городов Беларуси (Хомич, 1986; Какарека и др., 1997.) позволили предложить следующую схему систематизации природных факторов накопления и перераспределения загрязняющих веществ в ландшафтах городов (табл. 1).

Таблица 1.

Систематизация природных факторов накопления и перераспределения загрязняющих веществ в ландшафтах городов

Группа факторов	Процессы (явления), обуславливающие перераспределение загрязняющих веществ в ландшафтах	Свойства (характеристика) природных компонентов (условий), контролирующей перераспределение загрязняющих веществ в ландшафтах	Вероятность рассеяния/накопления загрязняющих веществ и формирования геохимических аномалий
Гидролого-климатические	Осадки. Поверхностный сток. Ветер. Дефляция и ветровой перенос.	Количество и интенсивность осадков. Скорость ветра.	Латеральное перераспределение от повышенных элементов рельефа к пониженным. Накопление на механических барьерах.
Литолого-геоморфологические	Плоскостной смыв. Линейная эрозия.	Крутизна и длина склона. Относительное превышение. Расчлененность рельефа. Литологическое строение. Механический состав пород.	Латеральное перераспределение от повышенных элементов рельефа к пониженным. Накопление на механических барьерах.
Гидрогеологические	Инфильтрация. Движение вод по водоупору	Мощность зоны аэрации. Наличие и выдержанность водоупоров. Скважность пород. Связь между водоносными горизонтами. Уклоны кровли водоупоров.	Радиальный вынос. Аккумуляция в зоне аэрации и подземной гидросфере на механических, сорбционных, щелочных и других барьерах.
Почвенно-геохимические	Сорбция.	Тип почвообразовательного процесса. Механический состав почвы. Содержание гумуса. Почвенный поглощающий комплекс. Кислотность почвы. Окислительно-восстановительный потенциал.	Аккумуляция в почвенном покрове на сорбционном, механическом, биогеохимическом и других барьерах.
Биогеохимические	Поглощение химических веществ растениями.	Тип растительности. Характер использования биомассы.	Аккумуляция на биогеохимическом барьере (за счет поглощения из почв, поверхностных, грунтовых вод и атмосферного воздуха). Механическое осаждение растительным покровом. Вынос с убираемыми опавшими листьями и урожаем, скашиваемой газонной травой.

Все факторы, в той или иной степени влияющие на перераспределение загрязняющих веществ, были разделены на две категории: 1) процессы, обуславливающие перераспределение загрязняющих веществ в ландшафтах; 2) свойства природных

компонентов, контролирующие перераспределение загрязняющих веществ в ландшафтах. В свою очередь, все факторы по принадлежности к ландшафтным компонентам были отнесены к одной из пяти групп: гидролого-климатические, литолого-геоморфологические, гидрогеологические, почвенно-геохимические, биогеохимические.

Методы эколого-геохимических исследований городских ландшафтов

Методические приемы исследования городов определяются, в первую очередь, масштабными уровнями объекта исследования, стоящими целями и задачами. Объектами могут служить город в целом; отдельные компоненты городской среды (почвы, поверхностные и подземные воды, воздушная среда, растительность); ландшафты городов (агроселитебные, промышленные, saniрующие, природные и т.д.); зоны воздействия локальных источников загрязнения (полигоны твердых и жидких отходов, заводы по производству свинцового хрустального стекла, автозаправочные станции и др.).

Геохимические аномалии в городской среде чаще всего характеризуются полиэлементностью и комплексностью, распространяясь на несколько компонентов ландшафтов: воздух, почвы, воды, биоту (Мырлян, 1992). Поэтому для изучения геохимических аномалий в городских ландшафтах наиболее приемлем сопряженный геохимический анализ, дающий возможность одновременно изучать химический состав большинства компонентов ландшафта. Используя данный подход, можно выявить характерные для элементарных ландшафтов химические элементы и проследить их миграцию внутриландшафтную (радиальную) и межландшафтную (латеральную). С его помощью можно получить различные коэффициенты, в том числе наиболее важные - водной миграции и биологического поглощения. При эколого-геохимических исследованиях городов Беларуси, в зависимости от целей и задач, можно применить такие виды полевых работ, как ландшафтно-геохимическая съемка, ландшафтно-геохимическое профилирование, гидрохимическая съемка, опробование снежного покрова.

Ландшафтно-геохимическая съемка

Ландшафтно-геохимическая съемка выполняется в границах городов обычно по равномерной сети с шагом 500 м. В районах интенсивных техногенных нагрузок (на промплощадках, в зонах влияния очистных сооружений и свалок) закладываются дополнительные точки. При ландшафтно-геохимической съемке, как правило, отбирается смешанный образец почв (почвогрунтов) с глубины 0-10 см. Отбор проб производился методом «конверта», т.е. формируется смешанная проба из 5 проб, удаленных друг от друга на 10-15 м. В ряде случаев радиус отбора проб сокращается до 5 м, при этом формируется смешанная почвенная проба из 7-10 точечных проб. Для выявления особенностей накопления и перераспределения загрязняющих веществ проводится также отбор почвенных проб с глубины 0-2 см. Параллельно отбирается растительный материал - листья и молодые побеги наиболее распространенных в данном районе видов растений, подстилка (опад), при наличии - мох. Для оценки уровня накопления загрязняющих веществ отбираются пробы растениеводческой продукции на огородах, садово-огородных участках, сельскохозяйственных угодьях. Во время работы на точках отмечается ландшафтная принадлежность и хозяйственное использование территории, уточняются источники поступления загрязняющих веществ и вероятные потоки их перераспределения, описывается состояние почвенного покрова, рельеф, даются визуальные характеристики поверхностным водам.

Ландшафтно-геохимическое профилирование

Ландшафтно-геохимическое профилирование используется при исследовании особенностей трансформации ландшафтов в зонах воздействия интенсивных источников (санирующих ландшафтов, промышленных предприятий). Выбор линий профилей производится с таким расчетом, чтобы, с одной стороны, проследить изменение концентраций загрязняющих веществ в компонентах ландшафтов с удалением от источников, с другой - зафиксировать межландшафтные различия в накоплении (рассеянии) загрязняющих веществ. На линиях профилей в наиболее типичных для местных ландшафтов условиях закладываются точки комплексных исследований, почвенные шурфы. При этом описывается функциональное назначение территории, возможные источники загрязнения, рельеф, нарушенность почвенного покрова, растительность. В шурфах вскрываются все генетические горизонты почв и 20-30 см почвообразующей породы, в супераквальных ландшафтах шурф проходит до уровня грунтовых вод. Отбор проб производится по горизонтам, усредненный для каждого почвенного горизонта. В шурфах, где вскрывается уровень грунтовых вод, отбирается вода и фиксируется глубина их залегания. Кроме того, по профилю почв отбираются техногенные новообразования: корки солей, конкреции и другие.

Гидрохимическая съемка

Опробируются различные типы вод: подземные, поверхностные, атмосферные осадки, сточные воды.

Для характеристики трансформации поверхностных вод отбираются пробы речных вод в створах выше и ниже города, из естественных и искусственных водотоков и водоемов. Для оценки состояния подземных вод закладываются почвенные шурфы, проводится опробование вод из скважин режимной сети, из водозаборных скважин, из шахтных колодцев. Изучение состояния подземных вод осуществляется в соответствии с общепринятыми методическими подходами (*Методические рекомендации...*, 1991). Откачка вод из скважин режимной сети производится ручными насосами. Отбор водных проб из высокодебитных скважин производится сразу после прокачки, из низкодебитных - на следующий день после прокачки. Параллельно с отбором проб измеряются уровни подземных вод. С целью выявления влияния накопителей сточных вод на окружающую среду отбираются фильтраты и пробы сточных вод из шламохранилищ, отстойников, полей фильтрации. Отбор водных проб производится отдельно на общий гидрохимический анализ, на содержание тяжелых металлов, соединений азота, нефтепродуктов, величины ХПК, железа. Пробы для определения содержания форм азота консервируются хлороформом сразу после отбора. Пробы на содержание тяжелых металлов отфильтровываются в полевой лаборатории и подкисляются. Пробы на содержание нефтепродуктов и железа консервируются во время отбора.

Опробование снежного покрова

Весьма важным при опробовании снежного покрова является оптимальное размещение сети, чтобы при минимальном числе проб (оно ограничено в первую очередь сложностью отбора и хранения) получить наиболее представительную выборку для характеристики загрязнения города в целом, основных элементов структуры загрязнения. Рекомендуется размещение площадок опробования в местах, в наименьшей степени подверженных развеиванию покрова или наметанию сугробов снега. В городских условиях, особенно в промышленных районах и центре, практически невозможно выбрать место для отбора, удовлетворяющее всем требованиям. В таких случаях необходимо исходить из принципа минимизации возможных погрешностей.

На каждой учетной площадке величиной от 25х25 до 100х100 м (в зависимости от местных условий), плотномером отбираются единичные пробы снега (керны) в произвольных точках по всей площади выбранной площадки на полную глубину снежного покрова - не менее 6 кернов на учетную площадку.

Химико-аналитические методы изучения вод

Перечень показателей, определяемых в отобранных образцах поверхностных, подземных и сточных вод, достаточно традиционный: pH, карбонаты, гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, нитраты, нитриты, аммонийный азот, кальций, магний, натрий, калий, фосфаты, кадмий, цинк, медь, свинец, никель, хром. В поверхностных и грунтовых водах из шурфов определяются содержание железа, в отдельных пробах - величины ХПК и БПК₅. Определение содержания химических веществ в водах проводится в соответствии с «Перечнем методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь». Определение содержания карбонатов, гидрокарбонатов, кальция, магния и хлоридов в водах осуществляется титрометрическим методом. Содержание сульфатов определяется гравиметрическим методом, калия, натрия - методом пламенной фотометрии. Определение содержания нитритов, нитратов, аммонийного азота, железа, фосфатов осуществляется фотометрическим. Определение содержания тяжелых металлов (кадмия, цинка, свинца, меди, никеля и хрома) выполняется методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре (Хомич, 2004).

Химико-аналитические методы изучения почв и отходов

Анализ химического состава почв и отходов выполняется с использованием двух методов: эмиссионного спектрального метода и атомно-абсорбционной спектроскопии.

Эмиссионным спектральным методом определяются концентрации более 30 элементов (никеля, кобальта, марганца, титана, ванадия, хрома, свинца, циркония, меди, цинка, бериллия, ниобия, скандия, серебра, молибдена, галлия, вольфрама, иттрия, иттербия, германия, таллия, гафния, висмута, сурьмы, стронция, селена, олова, бора, мышьяка). С помощью атомно-абсорбционной спектроскопии выполняется определение содержания свинца, кадмия, цинка, меди, никеля, хрома и марганца. Этим же методом с использованием солянокислой и ацетатно-аммонийной вытяжек определяется содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах и других твердых субстратах. Определение нефтепродуктов в образцах почв производится методом ИК-спектроскопии, основанном на экстракции нефтепродуктов из почвы

четырёххлористым углеродом с одновременной очисткой элюатов на окиси алюминия в хроматографической колонке (Хомич, 2004).

Теоретические и методические аспекты оценки и картографирования устойчивости ландшафтов к химическому загрязнению

На природную среду в условиях возрастающих техногенных нагрузок особое значение имеет ответная реакция ландшафтов на воздействия. Разработка природоохранных мероприятий, определение допустимых антропогенных нагрузок и прогноз последствий техногенеза должны учитывать устойчивость ландшафтов и способность к самоочищению от загрязняющих веществ. В широком смысле устойчивость ландшафта - это его способность противостоять внешним воздействиям, т.е. сохранять структуру и характер функционирования в пространстве и во времени при изменяющихся условиях.

Часто в настоящее время общее понятие устойчивости ландшафта (геосистемы, геоэкоисистемы) разбивается на ряд частных, соответственно виду воздействия и отдельному компоненту. Устойчивость геоэкоисистемы достаточно полно и глубоко не может быть описана одним аспектом, а только через их множество. К важным составляющим относится устойчивость почв ландшафтов к химическим нагрузкам как центрального блока биогеоценологических природных и ландшафтно-геохимических систем. Именно от реакции почвы на техногенные воздействия, поведения в ней химических элементов зависит и устойчивость всей геосистемы. Способность противостоять антропогенным воздействиям - это устойчивость первого рода (устойчивость противостояния); способность к восстановлению нормального функционирования - это устойчивость второго рода (устойчивость нормализации) (Солнцева, 1982). В качестве методологической основы работ по оценке устойчивости ландшафтов используется геохимия ландшафта, основным положением которой является признание неоднородности территории по ответной реакции на равное техногенное воздействие. Оценка геохимической устойчивости природных ландшафтов и почв должна производиться по отношению к элементарным ландшафтно-геохимическим системам и их геохимически сопряженным рядам - каскадным ландшафтно-геохимическим системам.

Скорость самоочищения геохимически автономных и «транзитных» геохимически подчиненных звеньев каскадных систем по мнению М. А. Глазовской (Глазовская, 1979), за счет «сброса» загрязняющих веществ с поверхностным и грунтовым стоком зависит от величины последнего. На территории бывшего СССР годовой слой поверхностного стока варьирует от 800-1000 до 10 мм и менее, т.е. в крайних значениях более чем в 100 раз (для горных областей величина стока максимальная; на равнинах слой стока уменьшается от 500-300 мм в зоне тайги до 200-150 мм в лесостепной зоне и т.д.). Однако самоочищение ландшафтов путем рассеяния загрязняющих веществ или «сброса» их в геохимически подчиненные ландшафты приводит в определенных условиях к перераспределению загрязнителей, их вторичной аккумуляции. Истинное самоочищение происходит при разложении загрязнителей (прежде всего органических) до нетоксичных органических метаболитов или полной минерализации. В качестве показателя скорости разложения используется так называемый опадо-подстилочный коэффициент: отношение массы неразложившихся органических остатков, накопившихся в виде подстилки или торфа, к массе ежегодного наземного опада (на единице площади). Значения этого коэффициента уменьшаются от 75-90 в тундре до 0,3-0,7 во влажных субтропиках и пустынях. На заболоченных территориях южной тайги при перемещении от вершины к местной депрессии значения опадо-подстилочного коэффициента возрастают от 1,9 до 25,5 (Глазовская, 1979).

Отдельные свойства природных систем по представлениям М. А. Глазовской (Глазовская, 1981), как и общие факторы их функционирования (количество осадков, количество поступающей солнечной энергии, гипсометрическое положение территории и т.д.), отвечают за ту или иную сторону миграционных процессов, также могут рассматриваться в качестве прогнозных показателей, определяющих устойчивость функционирования природных систем в целом.

Другими исследователями при оценке устойчивости ландшафтов к химическому загрязнению в той или иной степени используются подходы М. А. Глазовской. Обычно рассматривается широкий спектр природных условий, определяющих условия миграции загрязнителей, хотя за основу принимается, как правило, ограниченное их число.

При оценке устойчивости почв и ландшафтов Б. И. Кочуровым (1983) к загрязнению рассматривались следующие показатели: степень развитости почвенного профиля, крутизна склона, каменистость, плотность, структура (оструктуренность) почв, механический состав, тип водного режима, содержание гумуса, реакция среды (рН), емкость поглощения, покрытая

растительностью площадь, интенсивность биологического круговорота. Ранжирование отдельных показателей по их интенсивности или выраженности позволило создать шкалу балльной оценки почвенно-ландшафтных показателей. Шкала составлялась на основе изменчивости каждого показателя под прямым и косвенным воздействием промышленных предприятий, животноводческих комплексов и ферм, а также минеральных и органических удобрений. Сравнительная оценка устойчивости разных почв и экосистем проведена сотрудниками Института охраны природы и заповедного дела (Снакин, 1992) и Института почвоведения и фотосинтеза РАН (Башкин, 1993). Ими предложен набор необходимых показателей состояния почв для оценки их интегральной устойчивости к разным видам антропогенных воздействий: емкость катионного обмена, мощность гумусо-аккумулятивного горизонта, тип водного режима почв, положение почвы в катене, крутизна склона. Авторами на основании балльных оценок выделены три группы почв с различной устойчивостью. В группу наименее устойчивых отнесены почвы с неблагоприятным для очищения от продуктов загрязнения водным режимом (непромывной, мерзлотный); почвы, приуроченные к аккумулятивным ландшафтам и пр. Наиболее устойчивыми оказались серые лесные и дерново-карбонатные почвы, черноземы и другие.

В Беларуси в рамках работ по составлению территориальных комплексных схем охраны природы выполнены исследования по оценке устойчивости территории к химическому загрязнению (Капелыцков, 1994; Новиков, 1997). В основу работы положены морфологические, геохимические и водные свойства почв и грунтов, выведены коэффициенты приоритетности и предложена шкала устойчивости и восприимчивости почв к химическому загрязнению.

Методики оценки и картографирования устойчивости ландшафтов городов к техногенным химическим нагрузкам

В последние годы градостроительное проектирование, особенно разработка проектов детальной планировки районов, водоохранных зон в городах, размещения или реконструкции экологоопасных производств и объектов, размещения объектов нового строительства на загрязненных территориях требуют, кроме оценки техногенных химических нагрузок, разработки прогноза поведения загрязняющих веществ в окружающей среде. Составной частью таких работ является оценка устойчивости ландшафтов к химическим нагрузкам.

Под устойчивостью понимается способность ландшафта противостоять токсическому воздействию загрязнителей за счет механизмов самоочищения, к которым относятся, прежде всего, процессы выноса поверхностным, внутрпочвенным и грунтовым стоком. Цель составления подобных карт - обеспечение природоохранных мероприятий в условиях городов, в первую очередь, на территории водоохранных зон.

Исходные положения методики следующие: специфика информационного обеспечения картографирования устойчивости в условиях города, малая пригодность концептуальных положений и методов мелкомасштабного картографирования к крупному масштабу в целом, и к городским условиям в частности, и необходимость картографировать наиболее важные составляющие устойчивости (Хомич, 2004).

В большинстве случаев картографическая информация для городов ограничена топографическими и геологическими картами, на которые в основном приходится ориентироваться. При оценке устойчивости ландшафтов целесообразен ряд уровней приближения: на первом оценивается потенциальная устойчивость исходя из некоторых самых общих теоретических положений, на следующем уровне они детализируются, например, по типам загрязнителей, и проводится оценка устойчивости на основе натуральных исследований. Устойчивость ландшафтов зависит от целого комплекса факторов, контролирующего поведение химических веществ. В пределах одного ландшафта (ландшафтного района) с однородным климатическим фоном и сходным кислотно-щелочным режимом скорость химических реакций и вынос загрязняющих веществ определяются тремя основными группами факторов: геоморфологическим положением, уровнем и характером почвенно-грунтового увлажнения, механическим составом поверхностных отложений.

Для ранжирования ландшафтов по устойчивости факторы, ее определяющие, разделены на три основные группы (Хомич, 2004):

- факторы, обеспечивающие латеральный вынос загрязняющих веществ за пределы элементарного ландшафта;
- факторы, обеспечивающие радиальный вынос загрязняющих веществ за пределы элементарного ландшафта;
- факторы, обеспечивающие накопление загрязняющих веществ на геохимических барьерах в пределах элементарного ландшафта.

Дифференциация по первому фактору наиболее полно описывается на уровне рода ландшафта: наивысшей способностью к самоочищению (способностью пропускать транзитные латеральные потоки загрязняющих веществ) обладают элювиальные крутосклонные (> 8 град.) ландшафты, наименьшей - собственно супераквальные. Промежуточное положение занимают следующие: элювиальные пологосклонные (3-8 град.), элювиальные субгоризонтальные (до 3 град.), элювиально-аккумулятивные и трансупераквальные. Условия радиального выноса загрязняющих веществ определяются, главным образом, механическим составом почв и их гумусированностью. С учетом связанности этих признаков наиболее полно они учитываются на уровне вида ландшафта.

Элементарные ландшафты с учетом механического состава пород распределены на 5 групп устойчивости: наиболее устойчивые, устойчивые, относительно устойчивые, неустойчивые, наиболее неустойчивые (Хомич, 2004).

К группе наиболее устойчивых к химическим нагрузкам ландшафтов отнесены элювиальные крутосклонные на песках; к устойчивым - элювиальные крутосклонные на супесях и суглинках, элювиальные пологосклонные на песках и супесях, элювиальные субгоризонтальные на песках; к относительно устойчивым - элювиальные пологосклонные на суглинках, элювиальные субгоризонтальные на супесях и суглинках, элювиально-аккумулятивные на песках и супесях, трансупераквальные на песках; к неустойчивым - элювиально-аккумулятивные на суглинках, трансупераквальные на супесях и суглинках, собственно супераквальные на песках и супесях; к наиболее неустойчивым - трансупераквальные на торфах, собственно супераквальные на суглинках, собственно супераквальные на торфах.

Важным этапом работ по оценке устойчивости ландшафтов к химическому загрязнению является определение ландшафтной структуры изучаемой территории. Основой составления карт устойчивости ландшафтов к химическому загрязнению служат выделы элементарных ландшафтов (роды и виды), отражающие геоморфологические и литологические различия территории. Исходными материалами при картографировании являются топографические карты масштаба 1:10000, почвенно-эрозионные карты аналогичного масштаба, а также результаты натурных исследований. Построенные с использованием вышеизложенного подхода карты устойчивости ландшафтов к химическому загрязнению отражают потенциальную устойчивость ландшафтов к техногенным химическим нагрузкам. Используя карты можно прогнозировать поведение (рассеяние, аккумуляцию) загрязняющих веществ в ландшафтах, выделять территории с наиболее вероятным накоплением поллютантов в почвах, растительности и грунтовых водах при различных химических нагрузках. В данном аспекте карты устойчивости могут быть полезны при размещении объектов нового строительства и разработке территориально-планировочных проектов. Кроме того, карты устойчивости могут рассматриваться как начальный этап анализа геохимических аспектов природопользования на городских территориях.

Литература

1. **Башкин В. Н., Евстафьева Е. В., Снакин В. В.** Биогеохимические основы экологического нормирования. М., 1993. 296 с.
2. **Волкова В. Г., Давыдова Н. Д.** Техногенез и трансформация ландшафтов. Новосибирск: Наука, 1987. 254 с.
3. **Глазовская М. А.** Способность окружающей среды к самоочищению // Природа, №3. 1979. С. 71-79.
4. **Глазовская М. А.** Теория геохимии ландшафтов в приложении к изучению техногенных потоков рассеяния и анализу способности природных систем к самоочищению // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. М.: Наука, 1981. С. 7-41.
5. **Добровольский Г. В., Никитин Е. Д.** Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М.: Наука, 1990. 284 с.
6. **Какарека С. В., Кравчук Л. А.** К оценке состояния городских древесных насаждений (на примере г. Могилева) // Природопользование. Сб. научн. тр., Вып. 2. 1997. С. 30-33.
7. **Капельщиков Н. А., Капилевич Ж. А., Михунов А. М., Новиков Г. В., Высоченко А. В.** Почвенно-геологическая устойчивость территории: картографирование и значимость // Геоэкологическое картографирование Беларуси: состояние и перспективы. Тез. докл. научно-практич. конф. Мн, 1994. С. 24-25.
8. **Касимов Н. С., Батоян В. В., Геннадиев А. Н., Моисеенков О. В., Пиковский Ю. И., Проскураков Ю. В.** Проблемы и опыт регионального эколого-геохимического анализа

ландшафтов // Географическое прогнозирование и охрана природы / Под ред. Т. В. Звонковой, Н. С. Касимова. М.: Изд-во МГУ, 1990. С. 59-74.

9. **Кочуров Б. И.** Оценка устойчивости почв к загрязнению // География и природные ресурсы, 1983. С. 55-60.

10. Методические рекомендации по геохимическому изучению загрязнения подземных вод / Сост.: С. Р. Крайнов, В. П. Закутин, В. Н. Кладовщиков, С. Г. Мелькановицкая. М.: ВСЕГИНГЕО, 1991.

11. **Мырлян Н. Ф., Настас Г. С., Милкова Л. Н.** Геохимическая трансформация распределения и форм нахождения тяжелых металлов в городских почвах // Вестник МГУ. Сер. 5, География, 1992. № 6. С. 84-91.

12. **Новиков Г. В.** Концептуальная модель устойчивости почв к химическому загрязнению // Устойчивость природной среды в условиях техногенеза. Тез. докл. науч.-практ. конф. Мн, 1997. С. 42-43.

13. **Паулюквичюс Г.** Оценка роли леса в экологической оптимизации холмистых ландшафтов Литвы. Вильнюс, 1978. 282 с.

14. **Паулюквичюс Г., Грабаускаене И.** Ожидаемые антропогенные нагрузки и прогноз дальнейших изменений геохимических ландшафтов Литовской ССР // Географический прогноз. Теория, методы, региональный аспект. М.: Наука, 1986. С. 56-65.

15. **Снакин В. В., Мельченко В. Е., Бутовский Р. О.** Оценка состояния и устойчивости экосистем. М.: ВНИИ Препринт, 1992. 186 с.

16. **Солнцева Н. П.** Геохимическая устойчивость природных систем к техногенным нагрузкам (принципы и методы изучения, критерии прогноза) // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. М.: Наука, 1982. С. 181-216.

17. **Сорокина Е. П., Пронин А. П., Кулачкова О. Г.** Методы районирования и геохимической оценки техногенного загрязнения урбанизированных территорий // Экологическое районирование территории: Методы и разработки. Иркутск. 1991. С. 77-83.

18. **Хомич В. С.** Трансформация ландшафтно-геохимической обстановки в зоне воздействия развивающихся промышленных комплексов (на примере г. Светлогорска, БССР). Автореф. дис. канд. геогр. наук. Л., 1986.

19. **Хомич В. С., Какарека С. В., Кухарчик Т. И.** Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси – Мн.: РУП «Минсктиппроект», 2004. 260 с.

Аннотация

УДК 550.4 (476) **Ясовеев М.Г., Андрухович А.И.** Исследование загрязнения городских природно-антропогенных ландшафтов // Региональная физическая география в новом столетии, вып.5. Мн.:БГУ. 2012. С. Статья депонирована в БелИСА

В работе отражены основные аспекты загрязнения городских природно-антропогенных ландшафтов. Рассмотрены основные методы эколого-геохимических исследований городских ландшафтов. Также рассмотрены природные факторы накопления загрязняющих веществ в городских ландшафтах. В работе дается оценка устойчивости городских ландшафтов к техногенным химическим нагрузкам.

Библиогр.:19 названий

Анотацыя

УДК 550.4 (476) **Ясавеяў М.Г., Андруховіч Г.І.** Даследаванне забруджвання гарадскіх прыродна-антрапагенных ландшафтаў // Рэгіянальная фізічная геаграфія ў новым стагоддзі, вып.5. Мн.:БГУ. 2012. С. Артыкул дэпаніраваны ў БелІСА

У рабоце выяўлены асноўныя забруджванні гарадскіх прыродна-антрапагенных ландшафтаў. Разгледжаны асноўныя метады экалага-геахімічных даследаванняў гарадскіх ландшафтаў. Таксама разгледжаны прыродныя фактары назапашвання рэчываў, якія забруджваюць гарадскія ландшафты. У рабоце даецца ацэнка ўстойлівасці гарадскіх ландшафтаў да тэхнагенных хімічных нагрузак.

Бібліягр.:19 назваў

Summary

UDC 550.4 (476) **Yasoveev M. G, Andruhovich A.I.** Research of contamination of city natural-tehnogenic landscapes //Regional physical geography in new century, issue 5. Mn.:BSU. 2012. The article is deposited in BellISA

In work the basic aspects of contamination of city natural-tehnogenic landscapes are reflected. The basic methods of ekologo-geochemical researches of city landscapes are considered. Also connatural factors of accumulation of pollutants in city landscapes are considered. In work the assessment of stability of city landscapes to technogenic chemical loads is yielded.

Refs.: 19 titles

Сведения об авторах:

1. М.Г. Ясовеев профессор, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой экономической географии и охраны природы БГПУ; направление исследований – “Прикладная геоэкология”; общее количество работ 350 (из них 19 монографий, 108 статей, 12 учебников).
2. А.И. Андрухович магистр географических наук, аспирант кафедры экономической географии и охраны природы БГПУ, направление исследований – “Геоэкологическая оценка трансформации природно-территориальных комплексов под воздействием техногенеза”, общее количество работ – 7 (из них 7 статей).

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ