МЕТОД РЕКОНСТРУКЦИИ ГЕОХИМИЧЕСКОГО ФОНА ДЛЯ ГРУНТОВ НА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Селезнев А.А., Ярмошенко И.В.

Институт промышленной экологии УрО РАН, Екатеринбург, sandrian@rambler.ru

Формирование геохимических условий на урбанизированной территории начинается в момент закладки ландшафта при планировке. Исходное состояние содержания элементов в компонентах естественного и антропогенного происхождения определяет состояние компонентов ландшафта урбанизированной среды. Со временем геохимические условия трансформируются вследствие загрязнения и природно-антропогенных геологических процессов и явлений. Также в уже существующий ландшафт могут добавляться новые компоненты (при застройке территорий, обновлении тротуарных покрытий и проведении ремонтных работ), модифицируя геохимические условия.

Оценка экологического состояния урбанизированной территории осложняется постоянно происходящими современными процессами осадконакопления. Современные антропогенные отложения депонируют поверхностные миграционные потоки поллютантов за время существования ландшафта. Реконструкция геохимического фона на момент начала формирования ландшафта является важной задачей для оценки экологического состояния урбанизированной территории. В работе предлагается метод реконструкции начальных геохимических условий для грунтов на урбанизированной территории. Метод предлагается использовать для современных антропогенных отложений из локальных понижений микрорельефа.

В методе использована концепция геохимических базовых концентраций («geochemical baseline concept») [1-3]. Базовый уровень представляет содержание элемента в компоненте окружающей среды в определенное время, в том числе на момент формирования ландшафта. В методе для реконструкции геохимического фона используется связь между концентрацией поллютанта и типоморфного элемента.

Суть метода сводится к выделению антропогенного вклада в концентрацию поллютанта. На рис. 1 (а-в) проиллюстрирована концепция предложенного подхода. Проведено моделирование изменения геохимических условий на примере выборки из 100 сгенерированных пар концентраций элементов. Геохимическим условиям при загрязнении соответствует рис. 1-а. Связь между концентрациями поллютанта и типоморфного элемента аппроксимируется уравнением линейной регрессии $y = a \cdot x + b$, где y – концентрация потенциального поллютанта, x – концентрация типоморфного элемента. Содержание поллютанта в ландшафте на момент его формирования фоновое и характеризует начальные геохимические условия.

На рис. 1-б смоделировано загрязнение 20 % случайно выбранных проб. Частичное загрязнение выборки изменяет вид распределения концентраций поллютанта, в то время как распределение типоморфного элемента остается неизменным.

Высокое загрязнение соответствует рис. 1-в, смоделировано загрязнение всех проб. Вид распределения концентраций поллютанта при этом изменяется, распределение концентрации типоморфного элемента остается неизменным. Этот случай моделирует достаточно интенсивное загрязнение и также может соответствовать большему времени существования ландшафта и продолжительному периоду загрязнения.

Задача по восстановлению геохимического фона на урбанизированной территории сводится к реконструкции рис. 1-а на основе рис. 1-б и 1-в. Предлагается ввести функцию веса W , с которым концентрация поллютанта входит в уравнение регрессии $y = a \cdot x + b$. Вес обратно пропорционален концентрации поллютанта. Функция веса подобрана как: $W_i = 1/(y_i - 0,95 \cdot \min(y_{i-5}, \dots, y_{i+5}))^\delta$, где δ – показатель степени, i -индекс соответствующий номеру при ранжировании концентраций типоморфного элемента в выборке по возрастанию, y – концентрация потенциального поллютанта.

В случае отсутствия корреляции между поллютантом и типоморфным элементом в начальный момент формирования ландшафта, функция y упрощается до константы. Такой случай соответствует территории, представляющей комплекс из компонентов природно-антропогенного про-

Рис. 1. Моделирование загрязнения на урбанизированной территории: до загрязнения (1-а), частичное загрязнение (1-б), высокое загрязнение (1-в).

Рис. 2. Результаты оценки фонового содержания Pb на основе предложенного подхода и фоновой концентрации, рассчитанной из связи Pb с Cs-137 (включая СО).

Рис. 3. Результаты оценки фонового содержания Zn на основе предложенного подхода и фоновой концентрации, рассчитанной из связи Zn с Cs-137 (включая СО).

Рис. 4. Результаты оценки фонового содержания Cu на основе предложенного подхода и фоновой концентрации, рассчитанной из связи Cu с Cs-137 (включая СО).

исхождения, может также интерпретироваться как комплексный характер загрязнения компонента окружающей среды.

На территории г. Екатеринбурга в 2008-2012 была реализована программа опробования отложений локальных понижений микрорельефа [4]. В отложениях методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой определялись валовые концентрации металлов Pb, Zn, Cu, и Fe, методом гамма-спектрометрии определялась концентрация Cs-137. На основе исследования отложений проведена эколого-геохимическая оценка урбанизированной территории [5]. По связи концентраций металлов Pb, Zn и Cu с Cs-137 восстановлены фоновые концентрации металлов для грунтов в г. Екатеринбурге. Этот подход использован в качестве альтернативного к предложенному в настоящей работе, для верификации предлагаемого метода.

На основе предложенного подхода проведена оценка геохимического фона металлов Pb, Zn и Cu. Результаты представлены на рис. 2-4, показана средняя концентрация при известной средней концентрации Fe в выборке (с учетом стандартной ошибки (CO)).

Полученные фоновые концентрации для металлов Pb, Zn и Cu (с учетом стандартной ошибки) соответствуют оценкам геохимического фона, полученным на основе корреляции этих металлов с техногенным радиоактивным изотопом Cs-137 [6].

Содержание типоморфного элемента Fe обусловлено химическим (минеральным) составом почвенного субстрата, нежели антропогенным воздействием. Основная проблема предложенного подхода в выборе значения индекса δ . Чтобы найти подходящее значение δ , требуется альтернативный способ оценки геохимического фона. Для этого в работе использованы результаты оценок на основе датировки загрязнения грунтов по Cs-137.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-60044 мол_а_дк.

Литература

1. Reimann C. Geochemical background – concept and reality / C. Reimann, R. G. Garrett // *Science of the Total Environment*. V. 350. N (1-3). P. 12-27.
2. Salminen R. Considerations regarding the definition of a geochemical baseline of elements in the surficial materials in areas differing in basic geology / R. Salminen, V. Gregorauskiene // *Applied Geochemistry*. 2000. N 15(5). P. 647-653.
3. Matschullat J. Geochemical background – can we calculate it? / J. Matschullat, R. Ottenstein, C. Reimann // *Environmental Geology*. 2000. N 39(9). P. 990-1000.
4. Селезнев А.А. Оценка загрязнения тяжелыми металлами городской среды на основе исследования современных антропогенных отложений / А.А. Селезнев, И.В. Ярмошенко, А.П. Сергеев, А.С. Савастьянова, А.Ю. Рахматова // *Экологические системы и приборы*. 2016. № 10. С. 39-47.
5. Селезнев А.А. Эколого-геохимическая оценка состояния урбанизированной среды на основе исследования отложений пониженных участков микрорельефа (на примере г. Екатеринбурга). [Текст]: дисс. ... канд. геол.-мин. наук: 25.00.36: защищена 26.03.2015: утв. 01.07.2015 / Селезнев Андриан Анатольевич. Екатеринбург. 2015. 141 с.
6. Seleznev A.A. 137Cs in puddle sediments as timescale tracer in urban environment / A.A. Seleznev, I.V. Yarmoshenko, A.P. Sergeev // *Journal of Environmental Radioactivity*. 2015. N 142. P. 9-13.