

АТМОГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ КУРСКОЙ БИОСФЕРНОЙ СТАНЦИИ ИГ РАН¹

*Кудерина Т.М.¹, Сулова С.Б.², Замотаев И.В.³, Кайданова О.В.⁴,
Шилькрот Г.С.⁵, Лунин В.Н.⁶*

*Институт географии РАН, Москва, Россия, ¹kuderina@igras.ru, ²s.b.suslova@igras.ru,
³zamotaev@igras.ru, ⁴o.v.kaydanova@igras.ru, ⁵g.s.shilkrot@igras.ru, ⁶kursk@igras.ru*

ATMOGEOCHEMICAL STATE OF FOREST-STEPPE LANDSCAPES AT KURSK BIOSPHERE STATION OF THE IG RAS

*Kuderina T.M.¹, Suslova S.B.², Zamotaev I.V.³, Kaydanova O.V.⁴,
Shilkrot G.S.⁵, Lunin V.N.⁶*

*Institute of Geography RAS, Moscow, Russia, ¹kuderina@igras.ru, ²s.b.suslova@igras.ru,
³zamotaev@igras.ru, ⁴o.v.kaydanova@igras.ru, ⁵g.s.shilkrot@igras.ru, ⁶kursk@igras.ru*

Abstract: Forest-steppe landscapes of European territory of Russia receive moisture with atmospheric precipitation, when the river water is inaccessible. The key areas for atmogeochemical research were landscapes of grass steppe and broadleaf forests at Kursk Biosphere Station (KBS) of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences. Atmogeochemical research at KBS was carried out in winter (period of maximum snow accumulation) and summer. For comparative analysis sampling was carried out in the agricultural landscape as well. The qualitative composition of aerosols in winter and summer is different from each other. This is caused both by meteorological conditions and seasonal characteristics of the flow of geophysical processes. The obtained results show that heavy metals enter the landscapes with snow deposits. Atmospheric aerosol is enriched by many anthropogenic elements in the western transport of air masses. With stable anticyclones, the concentrations of atmospheric aerosol in forest-steppe landscapes are minimal. Elevated concentrations of Cd, Pb and S were detected in aerosols at all studied landscapes. The emissions of industrial enterprises of Kursk and vehicles are sources of high concentrations of these elements in aerosols. For the assessment of atmospheric pollution of the natural landscape and definition of air routes of migration of the elements of a permanent atmogeochemical monitoring is required.

Лесостепные ландшафты Курской области занимают юго-западные и южные склоны Среднерусской возвышенности, характеризующиеся сильно развитой овражно-балочной сетью. Почвообразующие породы представлены преимущественно лессовидными и покровными суглинками. Под степным травянистым покровом формируются черноземы, под широколиственными лесами — серые лесные почвы. Климат умеренно-континентальный со значительными колебаниями температуры в годовом цикле — теплым летом и умеренно холодной зимой. Среднегодовое количество осадков (по данным метеостанции Курск) составляет около 650 мм, среднегодовая температура воздуха — +5,6 °С [Архивные данные...]. Летом часты ливни. Увлажнение достаточное, но неустойчивое: влажные годы чередуются с сухими, бывают засухи и суховеи.

Основное направление миграционных потоков в ландшафтно-геохимических системах (ЛГС) лесостепной зоны вертикальное. Влага поступает преимущественно с атмосферными осадками. Почвы характеризуются периодически промывным водным режимом. При иссушении поверхности почвы возникают обратные потоки тонкодисперсного материала в приземную атмосферу.

Атмогеохимическая составляющая лесостепной ЛГС в целом недостаточно изучена. Для этой задачи был выбран ключевой участок (N 51°32' E 36°05') на территории Курской биосферной станции (КБС) Института географии РАН, расположенный в 15 км к югу от Курска.

¹ Работа выполнена в рамках государственного задания № 79.10. «Выявление закономерностей формирования пространственной структуры и развития ландшафтов под влиянием природных и антропогенных факторов как основы рационализации природопользования». Рег. № 01201352471 (0148-2014-0020).

В настоящее время в Курской области более 80% территории распаханно, природных фоновых территорий сохранилось мало (около 0,2%) [Доклад о состоянии..., 2016]. Наиболее значимой особо охраняемой территорией является Центрально-Черноземный государственный заповедник имени профессора В.В. Алехина (ЦЧГЗ). Однако он расположен довольно близко к Курску — крупному промышленному центру — который оказывает заметное геохимическое влияние на окружающие территории [Кайданова, 2015; Замотаев, 2013].

Для проведения геохимических исследований требуется участок с минимальным антропогенным влиянием, и территория КБС, на которой широко распространены природные степные и лесные ландшафты, вполне отвечает этим требованиям. Стоит отметить, что ЦЧГЗ является своеобразной барьерной зоной между Курском и КБС, что дает дополнительное преимущество для выбора КБС в качестве экспериментальной площадки.

Атмогеохимические исследования на КБС проводились в летний и зимний сезоны. Геохимическая снеговосемка территории осуществлялась в 2013 и 2017 гг. Исследования приземного аэрозоля проводились в двух типах ландшафтов — в типичной ковыльной степи в зимний и летний периоды и в староосвоенном агроландшафте на пахотных землях в мае-июне 2013 г.

В пробах снеговых вод определялись рН и минерализация всей толщи снега методом экспресс-анализа с помощью портативных рН-метра и кондуктометра фирмы Hanna. Определение содержания в пробах микроэлементов выполнено методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) на приборе Elan-6100 в лаборатории ЦНИГРИ.

Отбор проб аэрозолей выполнялся по методике определения массового содержания микроэлементов в атмосферных аэрозолях фоновых ландшафтов на фильтры АФА-ХА-20 полевым аспирационным пробоотборником, созданным в аэрозольной лаборатории НИФХИ им. Л.Я.Карпова.

Геохимические исследования талых вод проб снежного покрова фоновых ландшафтов КБС показывают, что поступающие в них зимние атмосферные осадки отличаются очень малой минерализацией и слабокислой реакцией (табл. 1). Пробы снежного покрова, отобранные в агроландшафте (пахотные земли), чуть более минерализованные, их величина рН изменяется от слабокислой до нейтральной.

Таблица 1

Показатели рН и минерализации снежного покрова ландшафтно-геохимической системы КБС

<i>Место отбора проб</i>	<i>рН</i>	<i>мкг/л</i>
Широколиственный лес	5,9-6,7	0,02-0,03
Ковыльная степь	5,2-6,1	0,01-0,02
Агроландшафт	5,6-7,3	0,02-0,05

Содержание всех химических элементов в снеге КБС ниже ПДК для речных и питьевых вод. В таблицах 2 и 3 представлены содержания значимых элементов в пробах талых вод снежного покрова, отобранных в разных типах ландшафтов. Как показывают результаты, в снежном покрове лесного ландшафта лесостепной зоны концентрации элементов выше, чем в степном.

Таблица 2

Содержание химических элементов глобального значения в снежном покрове ландшафтов КБС, мкг/л

<i>Место отбора</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>Al</i>	<i>Si</i>
Ковыльная степь	0,9	2387,9	15,0	117,1
Широколиственный лес	1,3	5374,9	16,9	109,2
ПДК РФ	500		500	10000

**Содержание химических элементов регионального и локального значения
в снежном покрове ландшафтов КБС, мкг/л)**

<i>Место отбора</i>	<i>Na</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Sr</i>	<i>Cs</i>	<i>Ni</i>	<i>Se</i>	<i>Sb</i>	<i>Pb</i>	<i>Mo</i>	<i>La</i>
Ковыльная степь	128	126	378	2	0,008	0,33	11,1	0,07	0,18	0,025	0,008
Широколиственный лес	377	326	773	4	0,021	0,78	0,4	0,48	0,34	0,008	0,013

Исследование аэрозолей в приземной атмосфере фонового степного ландшафта КБС проводились зимой в период максимального снегонакопления и летом. Расчет коэффициентов аэрозольной концентрации Ka [Добровольский, 1983], равных отношению содержания элемента в аэрозоле к кларку этого элемента в гранитном слое континентальной земной коры, позволил определить интенсивность накопления элементов в атмосферном аэрозоле ландшафтно-геохимической системы КБС (табл. 4).

Таблица 4

Интенсивность накопления элементов в атмосферном аэрозоле ландшафтов КБС (2013 г.)

<i>Место измерений</i>	<i>Ассоциации накапливающихся элементов ($Ka > 1$)</i>			
	<i>1-10n</i>	<i>10-50n</i>	<i>50-100n</i>	<i>>100n</i>
Ковыльная степь (февраль)	Ca, Cr, Ni, Cu, Sr, Sn, Cs, Hg	Zn, Sb, Pb,	S, Cd	
Ковыльная степь (июнь)	Ca, Zn, Cs	Pb	S, Cd	
Агроландшафт (май)	Ca, Cr, Ni, Zn, Sr, Cs	Cu, Sn, Sb, Pb	S	Cd

Рекогносцировочные исследования дают первичную аэрозольную характеристику фоновых ландшафтов. Качественный состав аэрозолей зимой и летом заметно отличается друг от друга, что обусловлено с одной стороны разными метеорологическими условиями, а с другой — особенностями протекания сезонных геофизических процессов. В зимний период в природных ЛГС при интенсивном западном переносе в приземном аэрозоле отмечались повышенные концентрации тяжелых металлов. Летом во время антициклона при стабильной атмосфере концентрации элементов в аэрозоле воздуха были минимальные. Максимальные концентрации элементов в приземной атмосфере наблюдались в агроландшафтах в период распашки черноземов.

В аэрозолях всех исследованных ландшафтах выявлены повышенные концентрации кадмия, свинца и серы. Источниками высоких концентраций этих элементов в аэрозолях являются выбросы промышленных предприятий г. Курска и автотранспорт.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что природные лесостепные ландшафты КБС испытывают антропогенное влияние, обусловленное аэралью миграцией от техногенных источников. Сравнение полученных данных по содержанию большинства химических элементов в аэрозолях с фоновыми концентрациями в атмосфере над ЕТР свидетельствуют об их сопоставимости: концентрации большинства химических элементов в аэрозолях ландшафтов КБС отражают природное состояние приземной атмосферы. Экспериментальные исследования химического состава приземного аэрозоля и атмосферных осадков носят рекогносцировочный характер. Для оценки атмосферного загрязнения природных ландшафтов, определения аэралью путей миграции элементов требуется постоянный атмогеохимический мониторинг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архивные данные по метеостанции Курск (Электронный ресурс). Режим доступа. URL: http://thermograph.ru/mon/st_34009.htm
2. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. М.: Мысль, 1983. 272 с.
3. Доклад о состоянии и использовании земель в Курской области за 2015 год. Курск, 2016. 96 с.
4. Замотаев И.В., Курбатова А.Н., Кудерина Т.М., Шилькрот Г.С. Тяжелые металлы в почвах и водах лесостепных ландшафтов в зоне влияния Курчатовского промышленного ареала // Проблемы региональной экологии. 2013. № 4. С. 76-82.
5. Кайданова О.В., Замотаев И.В., Кудерина Т.М., Курбатова А.Н., Сулова С.Б., Шилькрот Г.С. Современные тенденции распределения тяжелых металлов в городских ландшафтах Курской области // Проблемы региональной экологии. 2015. № 3. С. 180-185.