

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Н. Ф. Басыров, Э. И. Валеева, Д. В. Московченко

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЛОЯРСКОГО РАЙОНА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Проведен анализ химического загрязнения почв г. Белоярского и прилегающей территории. Содержание тяжелых металлов в городе превышает фоновый уровень в 2–5 раз, важнейшими загрязнителями являются цинк и свинец. На ряде участков зафиксировано высокое содержание нефтепродуктов. Загрязнение имеет в целом умеренную интенсивность.

Введение

Исследование техногенного загрязнения окружающей среды является одним из основных направлений экологических работ. Практически любой вид техногенеза связан с поступлением в окружающую среду разнообразных отходов, меняющих ее химические характеристики. Известное высказывание В. И. Вернадского о том, что человечество становится реальной геологической силой, во многом подтверждается фактом поступления в окружающую среду большого количества химических веществ. Техногенное загрязнение проявляется на различных уровнях — от локального до глобального — и представляет опасность для живых организмов, включая человека.

Анализ химического состава почв имеет большое значение в разработке программ оптимизации природопользования. Общеизвестна биологическая значимость микроэлементов, которые играют важную роль в процессах роста и развития растений. Микроэлементы участвуют в синтезе хлорофилла, в построении ферментов, оказывают влияние на ассимиляцию растениями азота. С этой точки зрения необходим контроль за содержанием микроэлементов в почвах и обеспечение их оптимального содержания на тех участках, где проходит биологическая рекультивация. С другой стороны, некоторые микроэлементы являются одними из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Среди них следует выделить тяжелые металлы Pb, Hg, Cd, а также Cu, Ni, Co, Mo, Cr, Zn, V. Анализ микроэлементного состава почв на фоновых и техногенотрансформированных участках позволяет оценить интенсивность загрязнения окружающей среды [Методические рекомендации..., 1982а, б]. Характеристика территориальных и внутривидовых закономерностей распределения микроэлементов в почвах и определение особенностей их миграции и аккумуляции являются основой для оценки фоновой геохимической структуры и устойчивости ландшафтов к загрязнению. Кроме того, химический состав почв отражает характер литологического строения территории и особенности техногенного и биологического круговорота веществ. Все это определяет большое научное и практическое значение изучения химического состава почв как индикатора процессов загрязнения.

Геохимическая оценка состояния природной среды базируется на данных специализированных эколого-геохимических исследований, направленных на выявление источников загрязнения, путей миграции загрязняющих веществ и территорий, на которых концентрации становятся опасными для живых организмов [Геохимия..., 1990]. При этом важнейшую роль играет эколого-геохимическое картографирование. Серии тематических карт, отображающих геохимические параметры окружающей среды, в настоящее время созданы для многих территорий, главным образом для населенных пунктов. В 1994–1996 гг. эколого-геохимические исследования проведены в Белоярском районе.

Материалы и методика

Образцы почв отбирались на территории г. Белоярского и прилегающей территории, с учетом типа природопользования и интенсивности техногенного воздействия. Литогеохимическое (почвенное) опробование проводилось для установления закономерностей распределения элементов и их соединений в ландшафтах. При описании точек наблюдений отмечались основные ландшафтно-геохимические и фитоценоотические особенности, определяющие характер геохимической структуры ландшафта и устойчивость его к загрязнению, в том числе: географическая привязка точки отбора пробы, положение в мезорельефе, режим и характер увлажнения и особенности стока, тип растительного сообщества и почв. Исходя из того, что техногенные выбросы,

загрязняющие почвенный покров через атмосферу, большей частью сосредоточиваются в верхних поверхностных слоях почвы, отбор проб производится из поверхностного поддернового горизонта [Методические рекомендации... 1982б].

При отборе проб на участках, подверженных техногенному воздействию, указывался тип возможного источника загрязнения, расстояние до него, отмечалось расположение в рельефе относительно источника загрязнения и направление от него (север, северо-восток и т. п.). Пробы для анализа на содержание фенолов и нефтепродуктов сохранялись в естественно-влажном состоянии; если предусматривалось только определение тяжелых металлов, пробы высушивались в полевых условиях.

В ходе исследований было проведено опробование почв селитебной зоны, ряда промышленных предприятий, трасс газопроводов, а также участков, на которых в недавнее время велись буровые работы. Помимо этого опробовались грунты из отстойников городских очистных сооружений.

Химический анализ почв осуществлялся в АООТ "Центральная Тюменская лаборатория". В отобранных образцах почв были определены: валовое содержание микроэлементов, содержания подвижных форм тяжелых металлов, содержание нефтепродуктов, фенолов и синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ). Определение микроэлементного состава образцов почв выполнено методом приближенно-количественного эмиссионного спектрального анализа на малогабаритном спектрографе СТЭ-1 по методике спектрального анализа методом просыпки. Подвижные формы тяжелых металлов определялись методом атомно-адсорбционного спектрального анализа. Достоинствами данного метода являются его высокая точность (по сравнению с эмиссионным спектральным анализом) и возможность определения различных форм тяжелых металлов (сильноподвижных воднорастворимых, подвижных кислотнорастворимых и т. д.). При анализе подвижных форм была проведена экстракция тяжелых металлов из почвы в водном растворе. Воднорастворимые формы тяжелых металлов наиболее подвижны, поэтому потенциально наиболее опасны. Они переносятся поверхностными и грунтовыми водами и легко вовлекаются в биогеохимическую миграцию; тем самым создается возможность проникновения их в организм человека. Кроме этого, полученные данные о содержании воднорастворимых форм микроэлементов можно сопоставить с широко используемыми утвержденными предельно допустимыми концентрациями (ПДК) тяжелых металлов для природных вод [Критерии..., 1992]. Содержание мышьяка определялось в кислотной вытяжке (1.0н НС1), поскольку в водной вытяжке его содержания крайне малы, значительно ниже предела чувствительности метода анализа. Содержание нефтепродуктов в почвах и донных отложениях определялось методом ультрафиолетовой спектроскопии. Извлечение нефтепродуктов из почв осуществлялось последовательной хлороформенно-гексановой экстракцией.

Математическая обработка результатов включала вычисление статистических параметров содержания микроэлементов в почвах (среднее арифметическое \bar{X} , среднеквадратичное отклонение S , коэффициент вариации V) и расчет суммарного показателя загрязнения и коэффициента концентрации по формулам:

$$Z_c = \sum K_c - (n - 1),$$

$$K_c = K_x : K_{\phi},$$

где Z_c — суммарный показатель загрязнения; K_c — коэффициент концентрации, т. е. отношение содержания элемента в исследуемом объекте (K_x) к его фоновому содержанию (K_{ϕ}); n — число определяемых элементов [Геохимия..., 1990].

Сущность показателя Z_c в том, что он служит для обобщенной оценки воздействия металлов-загрязнителей и характеризует степень химического загрязнения почв обследуемых территорий с выделением различных классов опасности [Критерии..., 1992].

Для фоновых почв были рассчитаны кларки концентрации (КК) — отношение среднего содержания микроэлементов в почве к условному мировому кларку почв. Данный показатель характеризует местные геохимические особенности почвенного покрова.

Построение карт, отражающих пространственную структуру распределения загрязнителей, проводилось с использованием ГИС-технологии. Карты строились с применением программного продукта MapInfo версии 5.0. Достоинством подобного подхода является возможность объединения картографического изображения с атрибутивной базой данных, которая в данном случае представлена результатами химических анализов. При выделении градаций содержания отдельных химических элементов в почвах использовались существующие ПДК для почв и шкала нормирования концентраций микроэлементов в почвах [Покатилов, 1993]. Загрязненными считались почвы, в которых установлено превышение ПДК при условии техногенного поступления химического элемента. При определении степени загрязненности почв нефтепродуктами учитывалась градация, разработанная Ю. И. Пиковским [1993]. Согласно данной шкале нормирования, концентрации от 100 до 500 мг/кг можно считать повышенным фоном. Нефтепродукты в таких количествах активно утилизируются микроорганизмами или вымываются дождевыми потоками без вмешательства человека. Загрязненными можно считать почвы, содержащие более 500 мг/кг нефтепродуктов. При этом содержания от 500 до 1000 мг/кг относятся к умеренному загрязнению, от 1000 до 2000 — к умеренно опасному загрязнению, от 2000 до 5000 мг/кг — к сильному, опасному загрязнению и свыше 5000 мг/кг — к очень сильному загрязнению, подлежащему санации.

Результаты и обсуждение

Содержание тяжелых металлов в почвах. Почвенный покров в районе г. Белоярского представлен сочетанием иллювиально-железистых и иллювиально-гумусовых подзолов под сосновыми и лиственнично-сосновыми лесами, подзолисто-иллювиально-глеевых почв под лесами с преобладанием темнохвойных пород и торфяно-болотных почв под болотной растительностью. На значительной части территории (селитебная зона, трассы газопроводов) распространены техногенные грунты с нарушенной структурой почвенного профиля. Механический состав почв и грунтов преимущественно песчаный и супесчаный.

Учитывая комплексный характер почвенного покрова, для установления фоновых геохимических характеристик были отобраны пробы из различных типов почв, находящихся в условиях ненарушенных ландшафтов на расстоянии не менее 1,5 км от города. Затем были подсчитаны усредненные параметры содержания микроэлементов в почвах (табл. 1).

Таблица 1

Содержание микроэлементов в фоновых почвах Белоярского района (валовое содержание, мг/кг)

Элемент	Фоновое содержание	Условный мировой кларк почв [Малюга, 1963]	КК
Mn	4540	850	5,34
V	61,5	100	0,62
Ti	8550	4600	1,86
Cr	51	200	0,26
Zr	260	300	0,87
Be	0,45	6	0,08
Y	23	40	0,57
Yb	1,59	—	—

Sc	21	–	–
Ba	230	500	0,46
Sr	60	300	0,2
Nb	12,6	1,2	10,5
Li	17,4	30	0,58
Ni	19,7	40	0,49
Co	6,5	10	0,65
Mo	0,54	2	0,27
Cu	15	20	0,75
Zn	32	50	0,64
Pb	10,6	10	1,06
Sn	1,2	10	0,12
Ag	0,03	0,01	3,0
As	–	5	–
P	640	800	0,80
Ge	0,4	0,8	0,50
Ga	19,4	12	1,62

По сравнению с условным мировым кларком почв (среднее содержание для всех типов почв Земли) химические элементы в фоновой выборке образуют три группы.

Для элементов 1-й группы (Mn, Nb, Ag, Ti, Ga) характерно повышенное содержание в почве относительно кларка. КК составляет от 10,6 (Nb) до 1,62 (Ga). Повышенное содержание данных элементов обусловлено геохимическими особенностями почвообразующих пород. Исключение составляет марганец, который является одним из типоморфных элементов таежной зоны и активно накапливается в поверхностном горизонте почв вследствие процессов биологического поглощения. Марганец интенсивно поглощается таежной растительностью и затем концентрируется в опаде, лесной подстилке и гумусовом горизонте почв. Более обширная, 2-я группа элементов (Cr, Be, Sr, Ba, Sn, V, Mo, Ni, Li, Zn, Ge) обнаруживает недостаточность по отношению к кларку. Наконец, 3-я группа элементов (P, Zr, Cu) содержится в фоновых почвах в концентрациях, близких к кларку. В целом анализ свидетельствует об обедненности химического состава почв.

Затем были вычислены усредненные параметры для микроэлементного состава почв и грунтов на территории города и проведено сопоставление их с фоновыми почвами (табл. 2).

Таблица 2

**Содержание микроэлементов в почвах г. Белоярского
(валовые формы, мг/кг)**

Элемент	г. Белоярский			Фоновые участки			K _c
	X	S	V, %	X	S	V, %	
Mn	2010	995	49,3	4540	3210	70,8	0,44

V	24,8	21,4	86,0	61,5	33,9	55,3	0,40
Ti	4810	2930	61,0	8550	2810	32,9	0,56
Cr	68,0	32,3	47,6	51	24,6	48,4	1,33
Zr	218	121	55,3	260	133	51,1	0,84
Be	0,6	0,7	123,2	0,45	0,7	161,0	1,33
Y	25,0	10,0	40,7	23	6,7	29,3	1,08
Yb	1,2	0,34	27,5	1,59	0,9	56,8	0,76
Sc	23,5	13,6	58,1	21,0	14,4	69,0	1,12
Ba	265	111	42,1	230	48,2	21,0	1,15
Sr	59	93,9	159,7	60,0	96,6	161,0	0,98
Nb	12,4	1,9	15,3	12,6	0,5	17,6	0,98
Li	10,4	6,2	59,1	17,4	11,2	63,7	0,59
Ni	17,4	6,6	37,9	19,7	7,7	39,2	0,88
Co	3,7	1,4	39,0	6,5	1,4	58,6	0,57
Mo	0,45	0,5	109,7	0,54	0,31	106,3	0,92
Cu	13,5	4,3	32,2	15,0	1,3	24,3	0,90
Zn	101	187	184,8	32,0	19,3	60,4	3,15
Pb	21,1	11,4	54,3	10,6	0,7	25,6	1,99
Sn	1,2	0,46	73,0	1,2	0,05	59,2	1,0
Ag	0,02	0,027	110,0	0,03	0,02	69,8	0,66
As	2,06	2,5	123,0	–	–	–	?
P	517	63,5	12,3	640	117	18,3	0,81
Ga	1,24	5,0	40,5	19,4	9,8	50,8	0,64
Число образцов	42			25			

Анализ состава и количества элементов свидетельствует, что в городских условиях в процессе техногенеза происходит изменение химических параметров почв. К загрязнителям можно отнести три элемента, относящихся к 1-му классу опасности: цинк, свинец и мышьяк. Содержания этих элементов в почвах г. Белоярского находятся на уровне ПДК, составляющих для свинца 20 мг/кг, для цинка — 150 мг/кг. В 10 из проанализированных образцов содержание свинца превышает допустимый уровень. Пространственно загрязненные участки сосредоточены в районах автомагистралей с оживленным движением транспорта и в районе компрессорной станции. Сходный характер имеет распределение в почвах цинка. Это дает основания для вывода, что главным источником загрязнения является автотранспорт. Большинство сортов бензина содержат в качестве антидетонационной добавки тетраэтилсвинец (0,41–0,82 г/л). При сжигании 1 л бензина в воздух попадает 200–400 мг свинца, в течение года один автомобиль выбрасывает в среднем 1 кг этого элемента [Геохимия..., 1990]. Абсолютные показатели загрязнения этими элементами относительно невысоки, однако следует учитывать, что загрязнение происходило за относительно короткий промежуток времени (менее 20 лет). При сохранении существующей тенденции уровень загрязнения может существенно возрасти.

Следует отметить высокую концентрацию марганца в большинстве проанализированных образцов. Однако это объясняется главным образом естественными причинами, а именно высоким содержанием данного элемента в таежных ландшафтах как результатом биологического накопления. Характерно, что в городе, где почвы в значительной мере нарушены и поверхностный органогенный горизонт удален, содержание марганца ниже, чем в коренных почвах.

Концентрации меди, никеля, хрома в большинстве проанализированных образцов находятся в пределах экологической нормы. Можно даже отметить, что для никеля и хрома в основном характерен дефицит в почвах. Данный факт обусловлен преобладанием песчаных пород, в которых содержания этих элементов низки, а техногенное загрязнение выражено слабо. Обращает на себя внимание появление в пробах мышьяка, отсутствующего на фоне. При дальнейших исследованиях экологического состояния города необходим контроль в первую очередь трех элементов, имеющих максимальные коэффициенты концентрации: свинца, цинка, мышьяка.

Пространственный анализ загрязнения. Анализ химического состава почв проведен для участков с различным типом техногенного воздействия. На трассах газопроводов почвенный покров в

значительной мере нарушен, растительность представлена вторично-производными злаковыми группировками, часто с подростом березы. Механические нарушения органогенного горизонта почв обуславливают пониженные по сравнению с фоном содержания марганца. Удаление подстилки и гумусового горизонта приводит к изменению состава поверхностного горизонта почв, а именно к уменьшению концентраций элементов с высокими показателями биологического накопления. Также низки в насыпных почвогрунтах содержания фосфора. Его концентрации значительно ниже, чем на участках с сохранившимся почвенным покровом. Недостаток фосфора может негативно сказаться при фиторекультивации нарушенных участков. Для более эффективного и быстрого задержания трасс газопроводов с искусственными почвогрунтами необходимо предусмотреть внесение фосфоросодержащих удобрений. В отношении элементов-загрязнителей следует отметить только повышенные в 1,5–3 раза содержания валовых форм свинца, который поступает с выхлопами двигателей автотранспорта. При анализе воднорастворимых форм этого элемента его концентрации оказались ниже предела чувствительности прибора. Это свидетельствует о сорбировании свинца гумусовыми веществами почвы и закреплении в почвенном профиле. Обращает на себя внимание высокое содержание мышьяка в почвах трассы газопровода. Однако однозначного ответа на вопрос, что является этому причиной, дать нельзя из-за ограниченности числа проанализированных проб.

Для участков, на которых в недавнем времени проводились буровые работы, распределение микроэлементов в почвах в целом схожее. Также низки по сравнению с фоном содержания марганца и несколько повышены — свинца (который сорбируется гумусовыми веществами и не образует подвижных воднорастворимых форм). Содержание нефтепродуктов повышено, но ниже, чем в почвах на территории города. В одной пробе отмечено превышение ПДК по фенолу.

Наибольшее количество загрязнителей обнаружено в пробе грунта из отстойника городских очистных сооружений. Среди валовых форм тяжелых металлов наиболее высокие концентрации отмечены для свинца (в 9 раз выше фоновых значений), меди (3,3 раза) серебра (более чем в 600 раз), цинка (2,7 раза). Также высоки содержания подвижных форм. По меди ПДК превышена в 7 раз, содержание мышьяка составляет 30 мг/л, что значительно выше результатов по другим пробам. Содержания органических загрязнителей чрезвычайно высоки. Концентрация фенола превышает ПДК в 120 раз, СПАВ — в 31,5 раза. Превышен допустимый уровень содержания нефтепродуктов. Таким образом, высокая загрязненность вод и грунтов котлована отстойника ставит вопрос о необходимости надежной его гидроизоляции и последующей утилизации отходов с целью не допустить вторичное загрязнение.

В проанализированных пробах из зоны жилой застройки содержания загрязнителей в целом находятся в пределах фоновых значений и ПДК, за исключением одной пробы, в которой отмечено 4-кратное превышение ПДК по фенолу. Также несколько повышено по сравнению с фоном содержание валовых форм хрома. Отсутствие загрязнителей в исследованных образцах почв объясняется удаленностью от главных автомагистралей города.

Среди промышленных объектов обращают на себя внимание прежде всего ремонтно-механические мастерские управления коммунального хозяйства, на территории которых в почвогрунтах выявлено очень высокое содержание нефтепродуктов. Также высоки валовые содержания свинца, цинка и бария. Высокие концентрации цинка (и валовых, и подвижных форм) отмечены в пробе, отобранной вблизи свалки бытовых отходов неподалеку от аэропорта. Здесь же повышено содержание нефтепродуктов. В почвах свалки отходов в районе БНГРЭ допустимый уровень нефтепродуктов превышен почти в 50 раз. Территория лодочной станции подвержена загрязнению нефтепродуктами (более чем 20-кратное превышение допустимого уровня), а также валовыми формами свинца (в 2,9 раза выше фона). Рассчитанные значения суммарного показателя загрязнения свидетельствуют, что большая часть территории города лежит в пределах допустимого уровня загрязненности ($Z_c < 16$). Наиболее загрязненными являются участки промышленной зоны, в особенности грунты отстойников очистных сооружений.

Заключение

Таким образом, анализ загрязнения почв г. Белоярского тяжелыми металлами показывает, что оно в целом носит умеренный характер. (Исключение составляют почвогрунты очистных сооружений, где концентрации во много раз выше фона.) Фоновые уровни содержания микроэлементов превышаются в отдельных точках в незначительных пределах (2–5 раз), важнейшими загрязнителями являются свинец и цинк. Это характерно и для валовых, и для подвижных форм

химических элементов. Анализ содержания в почвах города другого класса приоритетных загрязнителей — нефтепродуктов продемонстрировал, что на некоторых участках оно превышает допустимый уровень. Особенно сильно загрязнение почв нефтепродуктами на территории ремонтно-механических мастерских и в районах свалок промышленных и бытовых отходов. В ряде случаев наблюдается комплексное загрязнение различными веществами.

ЛИТЕРАТУРА

Геохимия окружающей среды / Саев Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. и др. М: Недра, 1990. 335 с.

Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия. М.: Мин-во охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ, 1992. 59 с.

Малюга Д. П. Биогеохимический метод поисков рудных месторождений. Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 264 с.

Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. М.: ИМГРЭ, 1982а. 112 с.

Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды. М.: ИМГРЭ, 1982б. 66 с.

Пиковский Ю. И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 1993. 208 с.

Покатилов Ю. Г. Биогеохимия биосферы и медико-биологические проблемы (экологические проблемы химии биосферы и здоровья населения). Новосибирск: ВО Наука. Сиб отд-е, 1993. 168 с.

Комитет по охране окружающей среды и природных ресурсов

Белоярского района ХМАО, г. Белоярский

ИПОС СО РАН, г. Тюмень.

N. F. Basyirov, E. I. Valeeva, D. V. Moskovchenko

ECOLOGICAL-AND-GEOCHEMICAL INVESTIGATIONS OF BELOYARSKY DISTRICT, TYUMEN OBLAST

Analysis of chemical soil pollution has been performed, with respect to the town of Beloyarsky and the surrounding territory. It is noted that in town heavy metals content 2–5 times as much exceeds the background level, the principal pollutants being zinc and lead. In a number of sampling sites, high contents of hydrocarbons have been registered. It is concluded that on the whole the pollution intensity is moderate.