

АНТРОПОГЕННОЕ НАКОПЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПЕДОЛИТОСЕДИМЕНТАХ ДРЕВНИХ ГОРОДОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ¹

А.В. Долгих

*Институт географии РАН
Россия, 119017, г. Москва,
Старомонетный пер., 27*

E-mail: dolgikh@igras.ru

В процессе антропогенной седиментации в городских педолитоседиментах накапливаются многие химические элементы (*Ca, P, Mn, Cu, Zn, Pb, As*). Из этого ряда следует выделить 4 элемента (кальций, фосфор, цинк и медь), концентрация которых максимальна для всех культурных отложений в городах лесной и степной зоны. Максимальные их концентрации, в несколько раз превышающие фоновые значения, отмечаются в переувлажненных органических слоях почвы городов лесной зоны, насыщенных остатками древесины и растительным детритом.

Ключевые слова: древние города, городские почвы, педолитоседименты, культурный слой, макроэлементы, микроэлементы, загрязнение почв.

Последние несколько столетий характеризуются резким увеличением техногенных процессов эволюции географической среды. Интенсивно происходит трансформация химического состава почв, особенно урбанизированных территорий.

Мощные почвенно-литогенные образования древних городов (до 10 м), представленные культурным слоем и включающие признаки почвообразования и диагенеза, предлагается называть *городскими педолитоседиментами* (ПЛС). Они формируются под воздействием последовательно и/или совместно протекающих процессов *антропогенной седиментации* и *педолитогенной трансформации* [1]. Данные образования являются аккумуляторами и хранителями огромного количества веществ, привнесенных человеком с внегородских территорий.

Важнейшим фактором формирования городской среды является поступление в почвы и отложения разнообразных химических элементов. Человек с давних пор активно вовлекал и вовлекает в среду своего обитания новые элементы, изменяя ее химический состав [2–5].

Первые работы по изучению геохимии городских культурных слоев проводились на примере древних сильно измененных культурных отложений Москвы [6], Великого Новгорода [2], Пскова [7], Гнездово [8], Ростова Великого [9], ряда городов Средней Азии [10], Курской области [3], Фанагории [11].

В культурных слоях древних городов отмечается значительное накопление тяжелых металлов (медь, цинк, свинец), мышьяка, связанное с интенсивной хозяйственной деятельностью человека. В слоях, содержащих остатки производств, концентрации тяжелых металлов могут достигать очень высоких значений. При этом состав элементов несет в себе информацию о характере антропогенной деятельности, об отличиях разных частей городов, о существовании различных функциональных зон: производственных, селитебных [2, 5, 8].

Поведение микроэлементов и других антропогенных загрязнителей в городских почвах и отложениях изучено недостаточно. Представления о большой подвиж-

¹ Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, государственный контракт № 14.740.11.0956 от 29.04.2011 г.



ности многих химических элементов в естественных условиях [12] могут быть перенесены и на педолитоседименты городов.

Однако имеются факты, подтверждающие отсутствие существенной миграции не только тяжелых металлов вниз по профилю культурного слоя городов и четкую их локализацию около источника поступления [13]. Установлено, что содержание загрязнителей в ПЛС городов повышено начиная с самых ранних слоев, но в погребенной почве резко снижается и обычно не превышает фоновых значений. Этому во многом способствует щелочная и слабощелочная среда характерная для городских педоседиментов и почв. Вместе с тем, отмечаются случаи миграции соединений фосфора и их проникновения в погребенную почву [5]. Также высокой сорбционной способностью обладают органические слои, в которых образуются устойчивые металлорганические комплексы [2].

Данные факты позволяют сделать предположение о том, что валовой химический состав каждого слоя ПЛС, особенно органического слоя, достаточно определенно характеризует накопление ряда химических элементов во время формирования этих отложений. Однако возможность миграции некоторых элементов не исключается.

Объекты и методы исследования

В основу работы положен материал, собранный на археологических раскопках, проводившихся в древних городах лесной зоны Европейской России, функционирующие и сейчас: Старая Ладога (с VIII в.), Великий Новгород (с IX в.), Москва (с XII в.); и древних городах степной зоны Причерноморья: Фанагория (VI в. до н.э.–IX в.), Гермонасса-Тамань (VI в. до н.э.–современность) (рис. 1).



Рис. 1. Географическое положение исследованных древних городов, по [14] с дополнениями

Педолитоседименты древних городов можно разделить на три основные группы: 1. ПЛС древних средневековых городов лесной зоны с плоским рельефом и ослабленным дренажом (Великий Новгород, Старая Ладога, а также ранее изученные Ростов Великий, Старая Русса). 2. ПЛС древних средневековых городов лесной зоны с расчлененным рельефом и свободным дренажом (Москва, Ярославль). 3. ПЛС древних античных и средневековых городов степной зоны, располагающихся в Причерноморье и Приазовье (Фанагория, Гермонасса, Танаис).

В ПЛС городов первой группы нижняя, часто основная, часть городских отложений представлена органическим слоем, содержащим до 95% остатков древесины и «торфообразного» органического вещества. В них много фосфора, встречается карбонатный материал, но при этом прослеживаются процессы подкисления; с гидроморфизмом (подтоплением) связана миграция соединений фосфора. Верхняя часть отложений представлена органо-минеральным слоем, преимущественно легко суглинистым, богатым карбонатами и фосфором (рис. 2).

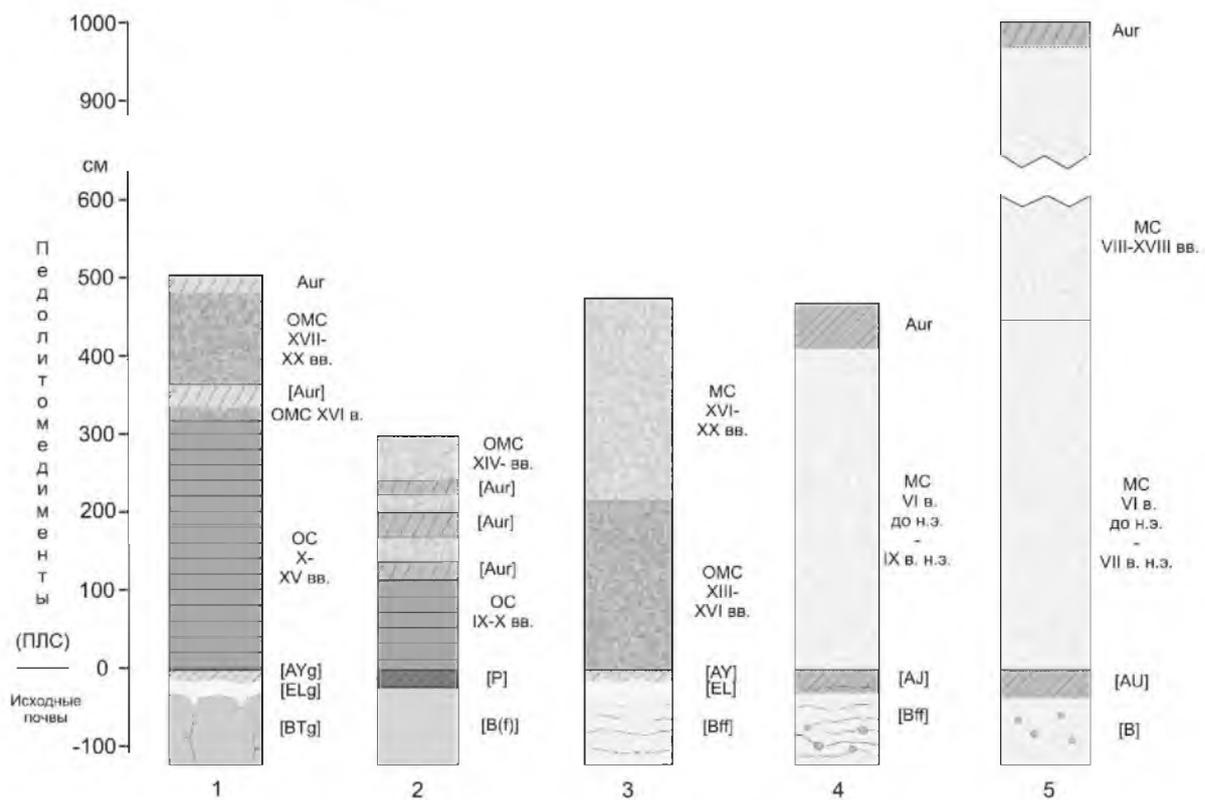


Рис. 2. Строение педолитоседиментов древних городов Европейской России: **Aur**, **ELg**, **P** и др. – индексы почвенных горизонтов по [15]; **MC** – минеральный слой; **OC** – органический слой; **OMC** – органо-минеральный слой; **[Aug]**, **[AY]**, **[P]** – погребенные почвы

В ПЛС городов второй группы идет минерализация органического вещества, частичная его гумификация и существенное снижение мощности. Основную часть толщи составляет органо-минеральный слой. В ПЛС городов третьей группы развиты минеральные слои с признаками лессовидности, в максимальной степени выражены процессы деструкции органического вещества и ощелачивания.

Образцы отбирались послойно и погоризонтно в профилях раскопа по общепринятой методике [16]. Химический состав культурных отложений, современных и погребенных почв определялся с помощью рентген-флуоресцентного анализа на спектрометре «Спектроскан Макс GV» в Белгородском государственном национальном исследовательском университете (г. Белгород). Величина накопления элементов в изученных культурных отложениях определялась по отношению к погребенным исходным и фоновым почвам.

Результаты и их обсуждение

На протяжении всей истории развития человеческого общества происходили изменения в технологиях ремесленной деятельности и бытовой жизни человека, что подтверждается обширными данными, полученными в результате археологических исследований. В культурных отложениях городов обнаруживаются многочисленные артефакты, свидетельствующие о широком использовании человеком различных химических элементов и их соединений.

Источниками их поступления могут быть такие виды деятельности человека, как строительство, металлургическое производство, металлообработка, производство лаков и красок, гончарное ремесло, кожевенное производство и многие другие виды деятельности. Также отмечается широкое использование различных веществ, в том числе и токсичных, в быту [5].



Свидетельства поступления в городскую среду разнообразных химических элементов и их соединений на протяжении всего времени существования исследованных в данной работе городов отражаются в химическом составе педолитоседиментов.

Содержание кальция в культурных отложениях всех исследованных городов, от Великого Новгорода до Гермонассы (Тамани) существенно выше кларковых значений (табл. 1-5). Это связано с поступлением большого количества карбонатного материала (известь, обломки известняка, зола). Отмечается некоторое снижение карбонатности в органических слоях Великого Новгорода и Старой Ладogi, однако, не сопровождаемое снижением содержания кальция.

Таблица 1

Валовое содержание макро- и микроэлементов, Великий Новгород, Троицкий-ХIII раскоп (раскопки В.Л. Янина, Е.А. Рыбиной, А.М. Степанова, Л.В. Покровской), колонка 4

Горизонт, глубина, см	CaO	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SiO ₂	Mn	Cu	Zn	Pb	Ni	As
	(1.5*)	(1.7)	(5)			(1000)	(30)	(76)	(13)	(80)	(2)
	%					мг/кг					
Aur 5**	5.1	2.2	5.2	1.5	-	2361	83	517	284	-	10
Aur 15	5.8	2.2	4.8	1.7	60.1	2308	67	394	152	28	6
ОМС XIX в. 35	6.3	1.9	5.2	2.5	59.7	2995	63	508	316	29	11
ОМС XIX в. 75	8.3	2.1	4.3	2.0	55.6	-	66	394	86	28	4
ОМС XVIII в. 110	0.7	3.3	7.1	0.5	60.0	611	69	104	52	49	4
[Aur] 160	4.4	2.5	5.5	2.3	-	3405	88	386	44	-	3
ОМС XV в. 200	5.5	1.4	4.7	1.5	-	2748	73	501	48	-	2
ОС XV в. 235	7.3	2.2	5.6	4.4	-	3773	36	288	3	-	1
ОС XIV в. 270	2.9	2.1	3.6	1.1	-	495	100	181	34	-	2
ОС XIV в. 290	4.2	1.9	4.5	1.3	52.7	1074	167	665	25	55	1
ОС XIV в. 320	5.5	2.0	3.4	0.7	54.7	1781	114	478	18	32	1
ОС XIII в. 350	2.6	3.1	6.0	2.0	-	2690	110	201	76	-	4
ОС XIII в. 370	7.9	1.5	4.0	1.5	46.5	2531	155	1545	52	40	2
зола XII в. 385	54.9	0.8	2.6	4.6	-	2893	103	356	8	-	2
ОС XII в. 395	8.4	3.5	4.7	3.2	-	2746	65	736	40	-	3
ОС XII в. 410	6.0	2.9	5.8	2.8	58.8	3141	97	491	18	44	2
ОС XII в. 430	6.8	1.0	4.3	1.1	51.5	2853	115	580	56	26	3
ОС XI в. 450	19.6	1.1	5.7	8.4	33.0	4913	87	801	25	23	1
ОС XI в. 465	7.0	1.3	4.3	1.9	50.1	2557	110	642	68	23	3
ОС XI в. 475	6.9	1.0	3.7	1.4	54.1	2630	121	654	22	29	1
ОС X в. 500	1.2	2.9	4.3	0.7	-	1223	62	152	40	-	3
[AYg] 510	0.8	3.1	3.7	0.4	74.7	713	43	114	25	32	3
[ELg] 520	0.9	2.9	6.9	1.0	72.2	2863	27	99	16	24	2
[BTg] 530	0.6	3.3	7.5	0.5	61.3	989	36	104	20	46	3

Примечание:

* кларк – среднее содержание химического элемента в земной коре, ** – отметки даны от дневной поверхности, жирным шрифтом выделены повышенные концентрации

Среднее содержание железа, титана в культурном слое не отличается от кларковых значений. Накопление марганца, особенно в слоях пожаров (до 6500 мг/кг), обусловлено повышенным содержанием данного элемента в древесине, и особенно характерно для деревьев, выросших во влажных условиях (береза, ольха, ива) [5].

Среди микроэлементов выделяются медь, цинк, свинец и мышьяк, отчетливо накапливающиеся в ПЛС всех городов. Нахождение в городских слоях меди и свинца, вполне закономерно – они использовались человеком в различных производствах и в быту с давних времен. Цинк поступал в отложения городов, в основном при металлур-

гии, являясь примесью в руде или сырье, но также мог поступать с остатками рыбы, в которых этот элемент накапливается в чешуе и жабрах [17].

В ПЛС обнаруживается широкий спектр артефактов, свидетельствующих о существовании мастерских металлургов и ювелиров, производящих изделия из цветных и драгоценных металлов. К ним относятся многочисленные выплески цветных металлов, бракованные изделия, медные проволоки, различные инструменты, льячки и тигли. О существовании металлургического производства, а именно цветной металлургии, говорят не только археологические артефакты, но и высокие концентрации в слое свинца, меди, цинка.

Во всей толще культурных отложений *Великого Новгорода* и *Старой Ладogi* обнаруживается накопление цинка и меди (до 1545 и 167 мг/кг соответственно) (рис. 3, табл. 1-2). В отличие от них мышьяк и свинец, по историческим и археологическим данным также широко применявшиеся в прошлом, накапливаются в основном только в верхней части отложений, в органо-минеральном слое (до 10 и 290 мг/кг соответственно).

Таблица 2

Валовое содержание макро- и микроэлементов, Старая Ладога, раскоп 4 (раскопки А.Н. Кирпичникова), колонка 1

Горизонт, глубина, см	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SiO ₂	Mn	Cu	Zn	Pb	Ni
	(1.5)	(0.5)	(5)			(1000)	(30)	(76)	(13)	(80)
	%					мг/кг				
ОМС XV в. 50	2.6	0.5	2.6	1.3	67.1	1200	23	96	22	4
I Aur 80	3.5	0.6	3.2	1.7	60.8	2300	35	174	35	6
МС XIV в. (зола) 95	3.0	0.6	2.9	1.8	62.4	2200	21	141	27	4
IIa Aur 110	4.7	0.5	3.6	2.1	57.6	2600	51	222	37	4
IIb Aur 130	3.6	0.4	3.0	1.6	64.0	1800	37	187	22	3
ОМС XI в. 160	5.3	0.4	3.8	2.2	56.0	3400	75	378	27	12
III Aur 180	9.6	0.3	2.6	4.7	54.8	3500	79	707	44	5
ОС ₁ X в. 190	10.9	0.2	3.0	4.0	31.4	6500	155	763	32	9
ОМС 210	20.9	0.1	1.6	6.1	16.3	5400	92	562	25	2
ОС ₂ 220	7.5	0.0	0.6	2.2	33.8	3000	81	517	10	7
ОС ₃ 230	9.2	0.3	1.8	2.3	34.4	3000	60	351	23	4
ОС ₄ 245	8.4	0.2	1.5	2.5	22.6	2400	49	404	15	1
ОС ₅ 260	14.3	0.1	1.3	3.1	25.8	3200	57	386	10	1
ОМС 280	4.8	0.6	4.2	1.6	48.6	1900	27	190	15	12
ОС ₆ IX в. 295	7.2	0.5	3.5	2.1	43.6	2500	37	366	22	9
[PU] 305	5.0	0.9	5.2	1.2	46.7	1600	35	212	14	26
V(f) 320	2.0	1.0	6.5	1.2	52.6	1300	40	123	18	29

Отсутствие высоких концентраций свинца и мышьяка в органическом слое не означает меньшее их использование в средние века. Имеются многочисленные примеры широкого применения этих элементов и во время формирования органического слоя. Пониженное содержание свинца и мышьяка в нижней части профиля культурного отложения очевидно связано с их поведением, возможной их вертикальной или латеральной миграцией и выносом из слоя. Медь и цинк, напротив, в условиях высокого содержания кальция и фосфора прочно сорбируются.

Это подтверждается и данными проведенных исследований культурных отложений поселения бронзового века и неолита Песочное-I на оз. Неро (Ярославская область). Несмотря на небольшую глубину залегания культурного слоя, здесь были обнаружены повышенные концентрации меди и цинка на фоне очень высокого содержания кальция и фосфора. Свинец, олово и мышьяк, используемые при выплавке бронзы на месте поселения, обнаруженные при анализе металлических предметов, в мелкоземле культурного слоя не сохранились [18]. Следовательно, в отложениях города мышьяк и свинец не столь стабильны, как цинк и медь.

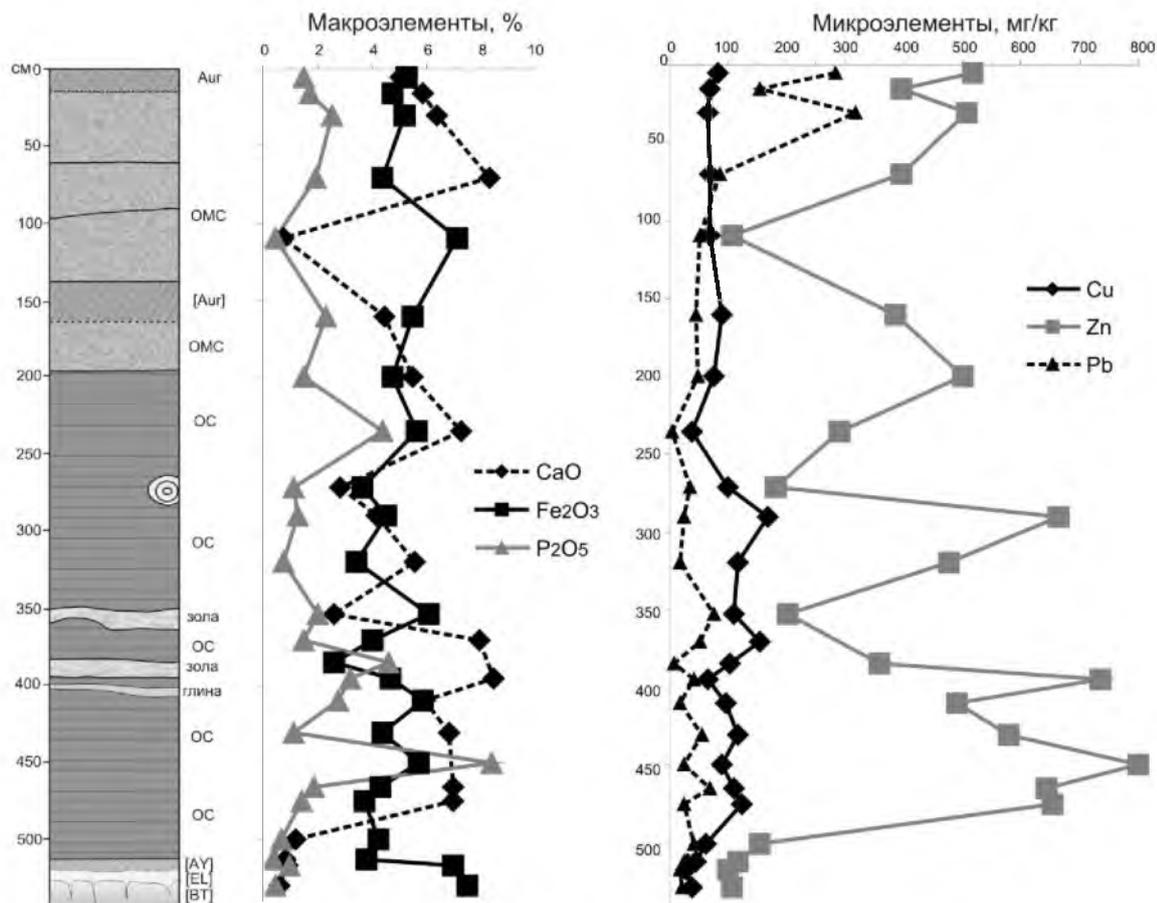


Рис. 3. Распределение макро- и микроэлементов по профилю ПЛС. Великий Новгород, Троицкий-XIII, колонка 4

В *педолитоседиментах Москвы* содержание кальция, фосфора и тяжелых металлов также заметно выше, чем в фоновых почвах, но несколько ниже, чем в отложениях Великого Новгорода и Старой Ладogi. Высокие концентрации в слое свинца, меди, цинка свидетельствуют о наличии здесь в прошлом металлургического производства. Это подтверждается широким спектром артефактов, связанных с металлургической деятельностью (выплески цветных металлов, льячки и тигли, со следами выплавки металлов на стенках, и др.).

Подвижность микроэлементов невелика. Вместе с тем, отмечаются признаки миграции меди и свинца из культурного слоя в погребенную почву (табл. 3). Подобные явления, характерные также для *Ca* и *P*, отмечаются в условиях переувлажнения, например, в *педолитоседиментах Великого Новгорода* и Старой Ладogi.

На исследованном объекте Теплые ряды выявлены высокие концентрации олова в слоях Нового времени (до 286 мг/кг). Данный элемент в ПЛС еще более подвижен, чем свинец, и в слоях ранее XVIII-XIX вв. никогда не встречается. Можно полагать, что характерное время нахождения свинца в слое, в который он поступил, редко превышает 300-500 лет, а олова – не более 200 лет. Медь и цинк могут сохраняться в слое более 1000 лет.

В изученных *педолитоседиментах городов степной зоны* (Фанагория, Тамань-Гермонасса) максимально выражено ощелачивание, очень мало органического вещества. В этих условиях накопление фосфора (среднее 1–1.5 %) и тяжелых металлов (медь до 80 мг/кг, цинк до 150 мг/кг, свинец до 40 мг/кг) не достигает величин, характерных для городов лесной зоны, и особенно городов первой группы (Великий Новгород и Старая Ладoga).

Таблица 3

Валовое содержание макро- и микроэлементов, Москва, раскоп Теплые Ряды (раскопки К.В. Воронина), колонка 1

Горизонт, глубина, см	CaO	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Mn	Cu	Zn	Pb	Ni	As
	(1.5*)	(1.7)	(5)		(1000)	(30)	(76)	(13)	(80)	(2)
	%					мг/кг				
МС XX в. 50	9.6	-	2.7	0.7	930	100	240	40	33	2
МС XIX в. 135	18.1	-	3.9	0.8	5200	507	850	937	39	1.5
МС XIX в. 150	12.1	-	3.4	0.8	1900	864	361	337	22	1.2
МС XIX в. 170	4.0	2.5	1.9	0.9	1320	160	220	34	20	1.5
МС XVIII в. 205	10.0	2.0	2.3	0.9	875	60	320	88	18	3.5
МС XVIII в. 230	6.5	2.5	2.1	0.7	1320	80	200	60	20	2.7
МС XVII в. 270	5.5	3.0	4.3	0.9	525	32	60	20	12	0.4
МС XVII в. 280	4.0	1.5	1.7	0.8	1000	240	180	24	40	1.2
МС XVI в. 305	7.0	3.0	3.7	1.1	2000	96	360	64	24	3
ОМС XVI в. 350	5.4	-	2.3	1.2	1830	206	206	37	30	1.5
ОМС XV в. 375	8.5	3.0	3.1	1.3	2560	48	320	20	24	1.2
ОМС XIV в. 400	2.5	5.0	4.3	0.6	4800	160	760	32	40	1.2
ОМС XIII в. 460	11.0	2.4	2.0	0.7	2000	64	360	24	24	1
[AY] 485	1.5	4.0	0.9	0.4	720	40	64	32	16	0.6
[Bff] 525	1.5	3.0	1.2	0.1	800	40	80	20	24	0.4

Исследования в античной Фанагории показали, что в мощных городских ПЛС содержание большинства элементов сходно или слабо повышено по сравнению с фоновыми суглинистыми почвами (черноземами). Для средней и верхней части ПЛС характерны повышенные и слабо повышенные содержания меди, цинка, свинца (табл. 4). Из трех перечисленных, два металла – медь и свинец, в эпоху античности были основными в цветной металлургии. При анализе отдельных археологических объектов и предметов (горны, печи, артефакты и др.), обнаруженных в процессе раскопок Фанагории и других античных городов, выявлены существенно более высокие концентрации многих элементов [11].

Таблица 4

Валовое содержание макро- и микроэлементов, города степной зоны Европейской России (группа 3)

Горизонт, глубина, см	CaO	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Mn	Cu	Zn	Pb	Ni	As
	(1.5*)	(1.7)	(5)		(1000)	(30)	(76)	(13)	(80)	(2)
	%					мг/кг				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Фанагория, раскоп Верхний Город (раскопки В.Д. Кузнецова), колонка 1										
Aur 10	7.3	2.5	4.4	1.2	1125	50	120	35	40	3
ABur 60	7.3	2.5	4	1.06	750	60	90	20	40	2
Bur 100	3.3	3	4.4	1.11	1125	63	90	20	80	2
МС IV-VI вв. 150	4.3	2.5	3.8	1.21	1000	52	90	20	80	1.6
МС III в. 185	6.7	3	5	0.19	1750	80	105	25	120	2.5
МС II в. 210	4.3	3	5.2	0.91	1250	50	90	20	80	2
МС I в. н.э. 240	3.3	1.5	3.6	0.6	1000	40	90	14	65	1.4
МС I в. до н.э. 280	3	2.5	5	0.31	1250	40	60	14	65	1.2
МС III в. до н.э. 330	5	2.7	5	0.14	1250	24	60	14	80	1.4
МС V в. до н.э. 360	4.7	2.5	4.8	0.15	750	48	50	15	105	1.6
МС V в. до н.э. 380	6.7	2.5	5.2	1.03	2500	65	120	13	130	1.2
МС VI в. до н.э. 400	2	3	5.2	0.31	1250	32	65	16	65	1.5



Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
МС VI в. до н.э. 420	0.7	2	4	0.18	625	33	47	14	65	1.5
[AJ] 430	0.4	1.5	1.4	0.05	300	20	30	8	40	0.6
[AB] 450	0.3	1.7	1.1	0.05	250	16	25	8	32	0.6
Гермонасса-Тамань (раскопки С.И. Финогеновой), колонка 1										
Aug 5	5.33	2.58	4.47	1.05	1018	42	93	9	-	-
Aug 40	6.45	2.48	3.96	1.23	899	36	88	1	-	-
МС XV-XVI вв. 150	4.21	3.11	3.21	0.67	738	24	67	-	-	-
МС XIII в. 250	3.68	2.58	3.49	0.78	722	31	80	-	-	-
МС VIII-X вв. 350	5.01	2.76	5.15	1.11	1434	51	155	2	-	-
МС IV-V вв. 450	7.92	2.69	4.31	1.12	1190	45	96	-	-	-
МС II в. н.э. 650	5.52	2.83	4.62	0.82	1023	45	90	-	-	-
МС зола I в. 680	8.66	3.59	3.29	2.36	884	41	118	-	-	-
МС I в.д.н.э. 700	4.4	2.63	4.63	0.63	996	47	79	-	-	-
МС II-III вв.д.н.э. 800	4.38	2.63	5.5	0.53	1524	52	88	13	-	-
МС III-IV вв.д.н.э. 850	3.67	2.66	4.89	0.52	928	52	88	19	-	-
МС IV-V вв. д.н.э. 950	4.13	2.61	4.63	0.8	869	42	92	-	-	-
МС VI вв. д.н.э. 975	2.82	2.44	4.64	0.41	891	42	71	23	-	-
[AU] 1008	2.17	2.6	4.78	0.51	917	34	77	24	-	-
[BA] 1075	1.25	2.68	5.2	0.25	753	21	81	46	-	-
[B] 1115	6.66	2.59	4.52	0.28	675	20	34	17	-	-

В отличие от Фанагории, завершившей свое функционирование в раннем средневековье, на месте Гермонассы поселение продолжало существовать. Оно известно под разными названиями: Таматарха – византийский город, Тмутаракань – городской центр древнерусского княжества, Матрега – генуэзский период, Хун-кала – турецкий город, Тамань – современная станица. Поэтому большой интерес представляет именно этот город в степной зоне, в котором кроме античных имеются 5-метровые средневековые культурные отложения. По данным анализов, средневековые городские отложения этого города не отличаются от античных. Для всех них характерны те же величины концентрации элементов. Здесь в средневековых слоях не отмечаются высокие показатели накопления фосфора, меди и цинка, как в ПЛС Великого Новгорода.

В целом, мощные городские педолитоседименты городов степной зоны отличаются от отложений городов лесной зоны меньшим антропогенным накоплением таких химических элементов, как фосфор, кальций, марганец, медь, цинк, свинец, мышьяк.

В целом отмечается следующие тренды накопления макро- и микроэлементов во времени в городах лесной зоны:

1) *Средневековый период X-XV вв.* характеризуется максимальным уровнем антропогенной нагрузки. Производственные зоны распространялись совместно с селитебными территориями. Отмечаются самые высокие концентрации *Cu, Zn, As, Ca, Mn, P*.

2) *Период Нового времени XVI-XVIII вв.* характеризуется более низким уровнем загрязнения территории по сравнению с современным этапом и средневековым. Это объясняется сменой технологии производства, ухудшением уровня жизни в связи с экономическими и социальными проблемами в этих городах.

3) *Новейшее время XIX-XXI вв.* Отмечаются экстремальные показатели содержания свинца, цинка и др., что связано с атмосферными выбросами автотранспорта, а также промышленных предприятий, расположенных вблизи городов [19].

В педолитоседиментах античных городов России в течение всего времени функционирования происходило постепенное накопление цинка, меди, фосфора, особенно кальция. Величины концентрации многих микроэлементов существенно ниже, чем в городских почвах и культурных слоях городов лесной зоны.

Для всех исследованных древних городов Европейской России характерно формирование с самых ранних этапов специфической геохимической среды, отличной от фоновых ландшафтов.

Выводы

В процессе антропогенной седиментации в городских педолитоседиментах накапливаются многие химические элементы (*Ca, P, Mn, Cu, Zn, Pb, As*). Максимальные их концентрации, в несколько раз превышающие фоновые значения, отмечаются в переувлажненных органических слоях городов лесной зоны, насыщенных остатками древесины и растительным детритом. Они выделяются большей сорбционной способностью (сорбционный геохимический барьер).

Из этого ряда следует выделить 4 элемента (кальций, фосфор, цинк и медь), концентрация которых максимальна для всех культурных отложений городов лесной и степной зоны. Данные элементы характеризуются не только активным поступлением, но и большой устойчивостью. Накопление фосфора в культурном слое в связи с интенсивным поступлением остатков органического вещества животного происхождения особенно велико. Никель и железо в целом показывают небольшие перепады в концентрации и рассеивании элементов.

Проведенные исследования процессов накопления элементов, связанных деятельностью человека, показывают существенные различия в их проявлениях между ПЛС городов, относящихся к трем выделенным нами группам, расположенным в разных географических условиях. Слабо увлажняемые или даже сухие педолитоседименты городов степной зоны (третья группа), малогумусные, карбонатные, щелочные, содержат меньше фосфора и тяжелых металлов, чем влажные, органические, слабощелочные и нейтральные отложения городов лесной зоны с ослабленным дренажем (первая группа). Понижено содержание данных элементов и в отложениях городов второй группы. Следовательно, важнейшим фактором накопления антропогенных элементов в городских ПЛС является наличие мощного органического слоя, состоящего из древесины и торфообразного органического вещества, обладающих высокой сорбционной способностью.

Полученные данные позволяют сделать вывод о контрастной эволюции элементного состава педолитоседиментов на протяжении средневековья, Нового и Новейшего времени, современности. Результаты исследования показали, что такой анализ является чувствительным методом диагностики палео- и современных геохимических аномалий городской среды.

Автор выражает благодарность А.Л. и Е.И. Александровским за помощь на всех этапах проведения работ; руководителям археологических раскопов К.В. Воронину, А.Н. Кирпичникову, В.Д. Кузнецову, А.М. Степанову и С.И. Финогеновой за предоставленную возможность исследований на археологических раскопах.

Список литературы

1. Долгих А.В. Формирование педолитоседиментов и почвенно-геохимической среды древних городов Европейской России // Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – М., 2010. – 24 с.
2. Евдокимова А.К. Тяжелые металлы в культурном слое средневекового Новгорода // Вестн. Моск. Ун-та, Сер. 5, География. – 1986. – № 3. – С. 86–91.
3. Кайданова О.В. Геохимия культурных слоев древних городов // Эко-геохимический анализ техногенного загрязнения. – М.: ИМГРЭ, 1991. – С. 126–133.
4. Thornton I. Metal contamination of soils in urban areas // Soils in the urban environment. – Oxford: Blackwell, 1991. – P. 47–75.
5. Александровская Е.И., Александровский А.Л. Историко-географическая антропохимия. – М.: НИИ-Природа, 2003. – 204 с.



6. Александровский А.Л., Александровская Е.И. Результаты почвенно-геохимических исследований на раскопках Романова двора // Археология Романова двора: предыстория и история центра Москвы в XII–XIX веках. Материалы охранных археологических исследований. – М.: ИА РАН, 2009. – Т. 12. – С.176–195.
7. Евдокимова А.К. Сравнительная характеристика показателей содержания тяжелых металлов в антропогенных органических слоях Новгорода и Пскова // Археология и история Пскова и Псковской земли. – Псков, 1986. – С. 28–31.
8. Бронникова М.А., Мурашева В.В., Якушев А.И. Первые данные по пространственной неоднородности элементного состава культурного слоя Гнездовского поселения // Гнездово: Результаты комплексных исследований памятника. – М., 2008. – С. 145–149.
9. Александровский А.Л., Александровская Е.И. Результаты комплексного исследования почв и культурного слоя раскопа в Конюшенном дворе Ростова Великого // Конюшенный раскоп в Ростове Великом: материалы охранных археологических исследований. – М.: ООО "Таус", 2007. – Т. 9. – С. 38–45.
10. Евдокимова А.К., Становова Г.В. Геохимические особенности культурного слоя погребенных средневековых городищ Средней Азии // Вестн. Моск. Ун-та, Сер. 5, География. – 1987. – № 5. – С. 92–98.
11. Александровский А.Л., Александровская Е.И., Долгих А.В. Эволюция почв и палеосреды античных городов юга Европейской России // Известия РАН, Серия географическая. – 2010. – №4. – С. 73–86.
12. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1966. – 392 с.
13. Alexandrovskaya E.I., Alexandrovskiy A.L. History of cultural layer of Moscow and accumulation of anthropogenic substances in it // Catena. – 2000. – Vol. 41, № 1–3. – P. 249–259.
14. Исаченко А.Г. Ландшафты // Экологический атлас России. – М., 2002.
15. Классификация и диагностика почв России. – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2004. – 341 с.
16. Естественно-научные методы исследования культурных слоев древних поселений. – М: НИИ-Природа, 2004. – 107 с.
17. Александровская Е.И., Александровский А.Л. Антропохимия. Учебное пособие. – М.: Класс-М, 2007. – 246 с.
18. Александровский А.Л., Воронин К.В., Александровская Е.И., Мамонтова Д.А., Долгих А.В. Естественнонаучные методы изучения многослойных доисторических памятников с гомогенным культурным слоем (на примере поселения Песочное-1 на озере Неро) // Археология Подмосковья. М.: ИА РАН, 2011. – Вып. 7. – С. 11–25.
19. Касимов Н.С., Никифорова Е.М. Геохимия городов и городских ландшафтов // География, общество, окружающая среда. Т. IV: Природно-антропогенные процессы и экологический риск. – М.:Издательский Дом «Городец», 2004. – С.474–508.

ANTHROPOGENIC ACCUMULATION OF CHEMICAL ELEMENTS IN URBOSEDIMENTS OF THE ANCIENT CITIES OF EUROPEAN RUSSIA

A.V. Dolgikh

*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences
Staromonetny 27, Moscow,
119017, Russia
E-mail: dolgikh@igras.ru*

Many chemical elements (Ca, P, Mn, Cu, Zn, Pb, As,) accumulate in urbosediments in anthropogenic sedimentation. Four elements (calcium, phosphorus, zinc and copper), the concentration of which is highest possible for all the cultural deposits of old cities in forest and steppe zones, should be singled out. Their maximum concentrations several times higher than background values are observed in wetland organic layers of old cities of the forest zone, full of refuse wood and phytodetritus.

Key words: ancient cities, urban soil, urbosediments, natural layer, macroelements, microelements, soil pollution.