

УДК 631.48

**Специфика элементного состава черноземов миграционно-
сегрегационных Ростовской области на фоновом уровне и в условиях
антропогенеза**

Сальник Н.В.¹, Горбов С.Н.¹, Захарихина Л.В.²

¹Южный федеральный университет

²Субтропический Научный Центр Российской Академии Наук

Аннотация

Изучение элементного состава (методом ICP на 70 элементов) черноземов миграционно-сегрегационных Ростовской области на широкий спектр, в том числе редких и рассеянных химических элементов, содержания большинства из которых устанавливались для этих почв впервые, позволили выявить геохимические особенности данных почв. Последние отличаются богатым элементным составом. Большинство изученных химических элементов имеют содержания, превышающие кларки для почв (кларк - средние содержания для почв континентов). К группе стабильно избыточных элементов относятся: As, Ni, Co, Tl, Sc, Th, а также редкоземельные элементы (РЗЭ). Для территории характерно повсеместное распространение карбонатных пород, наиболее бедных элементным составом среди всех осадочных пород. В этой связи богатство почв следует связывать с общими благоприятными для процессов почвообразования природно-климатическими условиями и богатством почв гуматным гумусом, способствующим хорошей аккумуляции химических элементов. Поведение в почвах РЗЭ отражает геохимическую специализацию региональных горных пород. Выполненное традиционное нормирование этих элементов относительно североамериканских сланцев позволило показать специфику их регионального фракционирования, проявляющуюся в преобладании в них подгруппы средних и легких РЗЭ. Известно, что РЗЭ с аналогичными химическими свойствами являются признанными индикаторами изменений условий, включая техногенную активность. Такую закономерность можно рассматривать как фоновый исходный показатель, что делает возможным при изменении распределения РЗЭ выявлять техногенные источники, обусловившие эти изменения.

Ключевые слова: РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ, ПОЧВЫ, АНТРОПОГЕНЕЗ,
ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ

Введение

В последние десятилетия значительное внимание уделяется исследованиям в области геохимии почв как на международном, так и на национальном уровнях. Иностранные исследования играют важную роль, предоставляя ценную информацию о геохимических характеристиках почв, что позволяет ученым проводить сравнительный анализ и расширять понимание о геологических процессах и экосистемах [1-3]. В то же время, исследования, проводимые в России, играют свою роль, внося вклад в понимание геохимических особенностей почв на территории страны, учитывая при этом ее уникальные природные и антропогенные особенности [4-6].

Региональные геохимические особенности почв представляют собой ключевой аспект в изучении и понимании экосистем. Локальные и региональные параметры геохимических фонов играют значительную роль в осуществлении эколого-геохимических исследований, мониторинга почв и литохимических исследований для поиска месторождений полезных ископаемых. Они служат исходной точкой для выявления геохимических аномалий, определения наличия, масштабов и степени техногенного загрязнения почв. Для каждого региона также важно определить фоновое содержание химических элементов в почвах. Эти данные существенны для эколого-биогеохимического картирования, оценки обеспеченности биоты необходимыми элементами, анализа степени загрязнения и прогнозирования изменений в ландшафтах с целью разработки природоохранных мероприятий.

Однако на сегодняшний день исследований в области региональных особенностей поведения химических элементов в почвах Ростовской области недостаточно. В связи с этим существует необходимость в проведении более глубоких и систематических исследований, направленных на анализ геохимических свойств почв данного региона.

Целью работы являлась оценка геохимических особенностей содержания элементов в черноземах миграционно-сегрегационных и выявление особенностей поведения изученных элементов на фоновом уровне и в условиях антропогенного преобразования почв.

Объекты и методы

В данной статье были изучены почвы города Ростов-на-Дону, сформированные в разнообразных условиях. Диагностика почв выполнялась в соответствии с Классификацией почв России [7] и World Reference Base for Soil Resources [8]. Химические свойства разрезов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные химические свойства исследуемых почвенных разрезов

Ген. горизонт, глубина, см	pH _{H2O}	Содержание Сорг., %	Ген. горизонт, глубина, см	pH _{H2O}	Содержание Сорг., %
Урбостатоземы (Urbic Technosol (Ekranic))					
Разрез 1401			Разрез 1604		
UR 20-45	7,5	1,36	UR 0-50	7,8	1,16
[AU] 45-72	7,0	1,46	[AU] 50-83	6,9	1,37
[AU hi] 72-92	7,6	1,04	[AU hi] 83-103	7,8	0,88
[BCA lc] 92-114	7,8	0,58	[BCA lc] 103-116	8,1	0,84
[BCA nc] 114-132	7,9	0,25	[BCA nc] 116-133	8,4	0,40
[C ca] 132-182	8,1	0,15	[C ca] 133-193	8,3	0,11
Черноземы миграционно-сегрегационные Calcic Chernozem (Pachic) под травянистой растительностью					
Разрез 1701			Разрез 2001		
AU rz 0-10	6,7	3,12	AU rz 0-10	7,0	3,12
AU 10-50	7,2	1,89	AU 10-35	7,1	1,89
AU hi 50-70	7,6	1,32	AU hi 35-60	7,4	1,32
BCA lc 70-95	7,9	0,93	BCA lc 60-75	7,7	0,93
BCA nc 95-120	7,8	0,86	BCA nc 75-95	7,7	0,86
C ca 120-150	8,0	0,53	C ca 95-135	7,6	0,53
Черноземы миграционно-сегрегационные Calcic Chernozem (Pachic) под древесной растительностью					
Разрез 2102			Разрез 2202		
AU rz 0-10	7,5	5,31	AU rz 0-10	7,3	3,33
AU 10-50	7,5	2,10	AU 10-35	7,1	2,36
AU hi 50-75	7,7	1,46	AU hi 35-60	7,3	1,19
AU lc/hi 75-90	8,0	0,89	AU lc/hi 60-75	7,7	0,47
BCA nc/lc 90-110	8,0	0,52	BCA nc/lc 75-95	8,0	0,47
C ca 110-130	7,8	0,32	C ca 95-135	7,9	0,36

1. Антропогенно-преобразованные почвы, находящиеся в селитебной части города Ростов-на-Дону. Урбостатоземы (Urbic Technosol (Ekranic)). Поверхностный горизонт урбик запечатан асфальтовым покрытием, растительный покров отсутствует (разрезы 1401, 1604).

2. Естественные почвы старой залежи, сформированные на карбонатных лессовидных суглинках в области, не подвергнутой техногенному воздействию. Черноземы

миграционно-сегрегационные Calcic Chernozem (Pachic) (разрез 1701, 2001).

3. Естественные почвы, находящиеся в лесопарковой зоне города. Черноземы миграционно-сегрегационные Calcic Chernozem (Pachic), где ориентировочный возраст древесных насаждений составляет 70–80 лет (разрезы 2102, 2202).

Содержание элементов в почвах определено по аттестованной методике НСАМ №499-АЭС/МС «Определение элементного состава горных пород, почв, грунтов и донных отложений атомно-эмиссионным с индуктивно связанной плазмой и масс-спектральным с индуктивно связанной плазмой методами» [9]. Данные элементного состава почв приведены в таблице 2.

Для анализа поведения редкоземельных элементов (РЗЭ) в почвах выполнено их традиционное разделение на легкие ЛРЗЭ (La, Ce, Pr, Nd), средние СРЗЭ (Sm, Eu, Gd, Tb, Dy) и тяжелые ТРЗЭ (Ho, Er, Tm, Yb, Lu) и произведено их традиционное нормирование по североамериканскому сланцу (NASC) [10, 11].

Описательная статистика и анализ данных с использованием пакетов статистических программ Statistica и пакета программ Microsoft Office 2010.

Результаты и обсуждения

Общий элементный состав почв

Изученный широкий спектр химических элементов, большинство из которых определялись для данных почв впервые, позволяет установить общие региональные геохимические особенности почв, обусловленные в первую очередь составом местных горных пород, а также региональными природно-климатическими условиями. В этом аспекте правильнее рассматривать почвы, не затронутые активным техногенезом, условно фоновые, формировавшиеся под воздействием естественных факторов и характеризующие местные природные условия.

Оценка элементного состава данных почв с показателями общей распространенности элементов в почвах континентов (табл. 2) позволила установить их следующие региональные геохимические особенности. Для изученных почв и всех их генетических горизонтов в целом характерен богатый элементный состав. Большинство изученных химических элементов (33 из 52) имеют кларки концентраций (Кк) выше единицы и близкие к единице. Спектр дефицитных химических элементов Кк которых ниже 0,5, существенно ниже и варьирует от 5 до 11 из 52 изученных.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Таблица 2. Геохимические формулы черноземов миграционно-сегрегационных Ростовской области по показателю Кк

Ген. гор., глубина, см	Кк 6 - >2	2 - >1,3	Ген. гор., глубина, см	Кк 6 - >2	2 - >1,3
Урбостатоземы (Urbic Technosol (Eckranic))					
Разрез 1401			Разрез 1604		
UR 20-45	Ca (2,2)	Zn,As (1,7)- Ni (1,6)	UR 0-50	Ca (2,8)- Sn (2,4)	Ni (2,0)- As (1,7)- Tl(1,4)- Pb,Co,Sc,Th (1,3)
[AU] 45-72	As (2,1)	Ni (1,8)	[AU] 50-83	Ni (2,4)	As (1,9)- Sc (1,7)- Th,Co (1,5)- Tl(1,4)- Mn,Cr,Ce,Cs (1,3)
[AU hi] 72-92	–	Ni (1,8)- As (1,5)- Tl,Co,Th (1,3)	[AU hi] 83-103	Ca (2,7)- Ni (2,2)	As (1,7)- Sc (1,5)- Co (1,4)- Cs,Th (1,3)
[BCA lc] 92-114	Ca (3,8)	Ni (1,7)- As (1,6)	[BCA lc] 103-116	Ca (3,9)- Ni (2,0)	As (1,7)- Sc (1,4)- Tl,Co,Th (1,3)
[BCA nc] 114-132	Ca (5,4)	Ni (1,6)- As (1,5)	[BCA nc] 116-133	Ca (4,4)	Ni (1,9)- As (1,6)- Co,Tl,Th,Sc (1,3)
[C ca] 132-182	Ca (4,8)	As, Ni (1,5)	[C ca] 133-193	Ca (4,4)	Ni (2,0)- As (1,7)- Sc (1,4)- U,Th,Co (1,3)
Черноземы миграционно-сегрегационные Calcic Chernozem (Pachic) под травянистой растительностью					
Разрез 1701			Разрез 2001		
AU rz 0-10	–	Ni (1,8)-As (1,7)- Tl (1,4)- Sc,Co,Zn (1,3)	AU rz 0-10	–	Ni (2,0)-As (1,7)- Sc,Th (1,4)- Tl,Co,Zn (1,3)
AU 10-50	Ni (2,2)	As (1,8)- Co,Tl (1,5)- Sc (1,4)- Cs,Cr,Th (1,3)	AU 10-35	Ni (2,1)	As (1,8)- Sn (1,7)- Sc,Ca (1,6)- Tl,Co, Th (1,4)- Cs (1,3)
AU hi 50-70	Ca (2,1)	Ni (2,0)- As (1,5)- Co,Sc,Tl (1,4)- Th (1,3)	AU hi lc 35-60	Ca (3,3)	Ni (1,9)- Sc (1,5)- Sn,Th,As (1,4)- U,Co,Tl (1,3)

Сальник Н.В., Горбов С.Н., Захарихина Л.В. Специфика элементного состава черноземов миграционно-сегрегационных Ростовской области на фоновом уровне и в условиях антропогенеза

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

Ген. гор., глубина, см	Кк 6 - >2	2 - >1,3	Ген. гор., глубина, см	Кк 6 - >2	2 - >1,3
BCA lc 70-95	Ca (4,3)	Ni (1,9)- As (1,6)- Th,Sc,Co,Tl (1,3)	BCA lc 60-75	Ca (4,8)	Ni (1,8)- Th,As (1,4)- Sn,Tl,U,Sc (1,3)
BCA nc 95-120	Ca (4,1)	Ni (1,7)- As (1,5)- Sc,Co,Tl (1,3)	BCA nc 75-95	Ca (4,7)	Ni (1,9)- As (1,6)- Sn (1,5)- U,Sc,Th (1,4)- Co,Tl (1,3)
С са 120-150	Ca (4,1)	Ni (1,9)- As (1,6)- Co,Tl,Sc (1,3)	С са 95-135	Ca (5,4)	Ni (1,7)- U,As,Th (1,4)- Sc (1,3)
Черноземы миграционно-сегрегационные Calcic Chernozem (Pachic) под древесной растительностью					
Разрез 2102			Разрез 2202		
AU rz 0-10	Ni (2,2)	As (2,0)- Co,Sc,Sn,Tl (1,6)- Cs(1,5)- Zn,Mn (1,4)- Cd,Bi,Rb,Th (1,3)	AU rz 0-10	Ni,Zn (2,1)	As (1,7)- Ag,Pb (1,5)- Co,Cd,W,Tl,Sc,Sn (1,4)- Cu,Mn (1,3)
AU 10-50	Ni (2,5)	As (2,0)- Co,Sc(1,7)- Cs (1,6)- Tl (1,5)- Rb,Th,Mn (1,4)- Be,K,Cr (1,3)	AU 10-35	Ni (2,4)	As (1,6)- Sn,Sc,Co (1,5)- Tl,Th (1,4)
AU hi 50-75	Ni (2,4)	As (2,0)- Ca (1,9)- Sc,Co,Tl (1,6)- Cs (1,5)- Th,Sn (1,4)- Mn,Rb,Cr (1,3)	AU hi 35-60	Ni (2,4)	As (1,7)- Sc (1,6)- Ca,Co (1,5)- Cs,Tl,Th (1,4)- Sn,Ce (1,3)
AU lc/hi 75-90	Ca (3,8)	Ni (2,0)- As (1,8)- Co,Sc (1,5)- Cs,Tl (1,4)- Th (1,3)	AU lc/hi 60-75	Ca (4,3)	Ni (2,0)- Sc,As (1,5)- Th (1,4)- Tl,Co (1,3)
BCA nc/lc 90- 110	Ca (4,6)- Ni (2,1)-	As (2,0) Sc,Co,Tl (1,5)- Cs,Sn (1,4)- Th (1,3)	BCA nc/lc 75- 95	Ca (4,8)	Ni (1,9)- As (1,5)- Sc,Th (1,4)- Cs,Co,Tl (1,3)
С са 110-130	Ca (4,2)- Ni (2,2)	As (1,7)- Sn (1,6)- Tl,Sc,Co (1,5)- Cs (1,4)- Th,Cr (1,3)	С са 95-135	Ca (4,9)	Ni (1,9)- As (1,5)- Th (1,4)- U,Co,Sc (1,3)

В виду того, что для территории характерно повсеместное распространение карбонатных пород [12] (наиболее бедных элементным составом среди всех осадочных пород), данную особенность следует связывать с общими благоприятными для процессов почвообразования природно-климатическими условиями и богатством почв гуматным гумусом, способствующим хорошей аккумуляции химических элементов.

К группе стабильно избыточных элементов, обнаруживающих повышенные Кк во всех генетических горизонтах следует также отнести As, Ni, Co, Tl, Sc, Th. Объяснимы повышенные содержания перечисленной группы химических элементов в почвах также богатством горных пород этими элементами. Так Кк As для местных лессовидных суглинков составляет в среднем 1,6, для Ni – 1,9, Co – 1,3, Tl – 1,3, Sc – 1,3, Th – 1,2.

Поверхностные грубогумусовые горизонты отличаются от нижележащей части профиля повышенными содержаниями: As, Ni, Co, Zn, Tl, Sc для почв под травянистыми сообществами (разрезы 1701, 2001) и дополнительно Sn, Cs, Mn, Cd, Bi, Rb, Th, W для почв под лесным сообществом (разрез 2102, 2202). Для некоторых из перечисленных элементов (As, Cd, Rb, Zn,) это обусловлено преимущественно биогенным накоплением, о чем свидетельствуют коэффициенты концентраций этих элементов, характерные для поверхностных горизонтов. Расчет Кс в данном случае выполнялся относительно горизонтов Cca, который рассматривается в качестве породы, для установления изменений в процессе почвообразования, а также наблюдения за тем, какие именно химические элементы накапливаются или выносятся относительно данного горизонта.

Экранированный урбистратифицированный чернозем не обнаруживает тенденции загрязнения почвы потенциальными тяжелыми металлами. Геохимические особенности в целом схожи с описанными естественными почвами. Основной отличительной особенностью является характерное накопление в горизонтах урбик техногенного кальция. Известно, что условия городского техногенеза активно подщелачивают почвы. Трансформация кислотно-основных свойств почв и обогащение их обменным кальцием обусловлена попаданием в них с поверхностным стоком и дренажными водами солей металлов, связанных с техногенезом, имеющих, как известно, щелочную реакцию [13-15]. К примеру, недавними исследованиями установлено, что за последние 100 лет в аброземах структурнометаморфических (преобразованные желтоземы) Черноморского побережья России показатель pH_{H_2O} сместился от 5,8 до 7,5, степень насыщенности основаниями увеличилась в 1,5 раз [16].

Поведение в почвах редкоземельных элементов

Наиболее стабильно для изученных почв и всех их генетических горизонтов характерно вхождение в спектр избыточных элементов редкоземельной группы (РЗЭ), включающей лантан (La) и 14 лантаноидов: церий (Ce), празеодим (Pr), неодим (Nd), прометий (Pm), самарий (Sm), европий (Eu), гадолиний (Gd), тербий (Tb), диспрозий (Dy), гольмий (Ho), эрбий (Er), тулий (Tm), иттербий (Yb), лютеций (Lu). В состав избыточных из группы РЗЭ для изучаемых почв с той или иной степенью выраженности следует включить: Ce, Pr, Sm, Eu, Ho, Gd.

Обогащенность почв РЗЭ объяснима богатством горных пород этой группой элементов. Если рассматривать в целом кларки горных пород, карбонатные породы крайне обеднены большинством химических элементов, не исключением является и группа РЗЭ. Однако Кк местных горных пород, рассчитанные по лессовидным суглинкам (горизонт Сса) относительно кларков для карбонатных пород, имеют весьма высокие значения, составляющие в среднем для La – 3,7, Ce – 4,6, Pr – 2,4, Nd – 3,7, Sm – 2,6, Eu – 1,9, Gd – 2,6, Tb – 1,5, Dy – 1,1, Ho – 1,8, Er – 2,4, Tm – 1,9, Yb – 2,1, Lu – 2,5 (табл. 3).

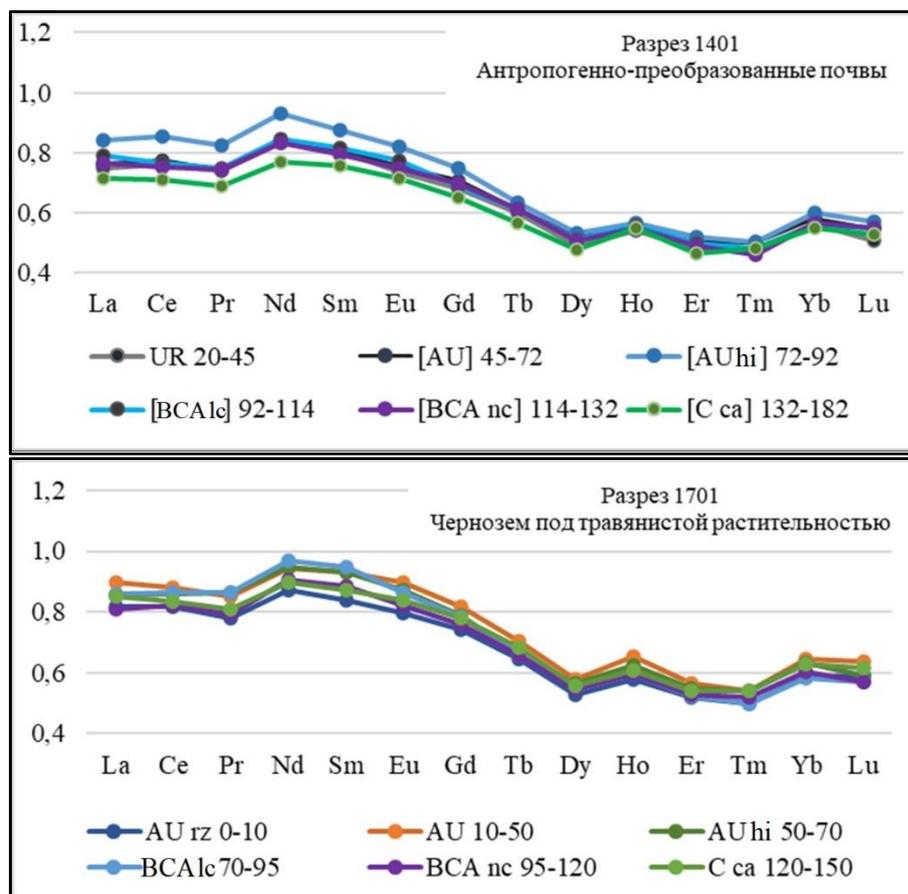
Таблица 3. Коэффициенты концентрации, рассчитанные относительно кларков карбонатных пород

Элемент	Среднее содержание в карбонатных породах, % [17]	Кк, рассчитанные относительно кларков по карбонатным породам						Среднее значение
		Антропогенно-преобразованные почвы		Естественные почвы под травянистой растительностью		Естественные почвы под древесной растительностью		
		Разрез 1401	Разрез 1604	Разрез 1701	Разрез 2001	Разрез 2102	Разрез 2202	
La	7,00	3,2	3,7	3,8	3,9	3,8	4,0	3,7
Ce	12,00	4,0	4,5	4,6	4,8	4,7	4,9	4,6
Pr	2,60	2,1	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,4
Nd	6,60	3,2	3,5	3,7	3,7	3,9	3,9	3,7
Sm	1,90	2,2	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,6
Eu	0,50	1,7	1,9	2,0	1,9	2,1	2,0	1,9
Gd	1,50	2,3	2,6	2,7	2,6	2,7	2,8	2,6
Tb	0,38	1,3	1,6	1,5	1,5	1,5	1,7	1,5
Dy	2,90	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1
Ho	0,35	1,6	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,8
Er	0,75	2,1	2,5	2,5	2,5	2,4	2,6	2,4
Tm	0,14	1,7	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Yb	0,90	1,9	2,1	2,1	2,2	2,1	2,3	2,1
Lu	0,11	2,2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,5

В целом, кларки концентрации (Кк) элементов в антропогенно-преобразованных почвах (разрезы 1401, 1604) ниже, чем в естественных почвах под травянистой и древесной растительностью. Для некоторых элементов, таких как La, Ce, Pr, Gd, значения кларков концентрации могут немного отличаться в почвах под травянистой и древесной растительностью, но различия не столь значительны.

Выполненное традиционное нормирование РЗЭ относительно североамериканских сланцев показало, что для данных почв на старозалежном участке и в лесопарковой зоне характерно фракционирование редкоземельных элементов, которое выражается в повышенном содержании средних и легких групп РЗЭ (рис. 1).

На приведенных графиках (где представлены три характерных разреза) отмечается несущественно более высокие содержания ЛРЗЭ для почв, сформированных под древесной растительностью в сравнение с другими почвами (рис. 1).



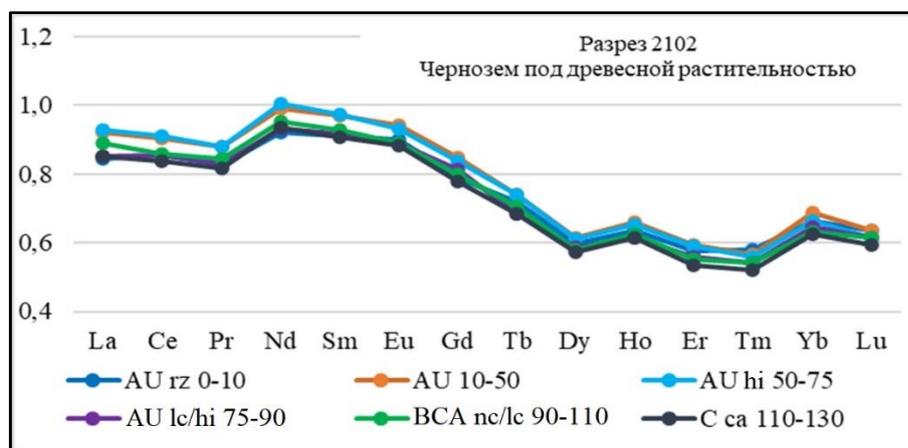


Рис. 1. Спектры концентраций РЗЭ в урбостратоземах г. Ростов-на-Дону; черноземе миграционно-сегрегационном под травянистой и древесной растительностью, нормализованные по отношению к североамериканскому сланцу (NASC).

Уровень кислотности почвенного раствора, измеряемый показателем pH, считается одним из факторов, воздействующих на процессы мобилизации редкоземельных элементов в почве и их разделение на фракции [18-20]. РЗЭ являются элементами-гидролизатами, их ионы способны подвергаться гидролизу в водных растворах. Значения показателя pH при гидролизе варьируются от 8 для La до 6,2 для Lu [21]. Соответственно щелочная реакция среды почв может влиять на усиление гидролиза легких РЗЭ, что приводит к увеличению их концентраций в сравнении с тяжелыми РЗЭ.

Для наглядности различия фракционирования РЗЭ в трех почвенных разновидностях можно рассмотреть показатель отношений средних нормированных содержаний ЛРЗЭ к СРЗЭ, выделенный ранее по анализу зональных почв Черноморского побережья России [22]. В данной работе рассматривался ряд почв, существенно отличавшийся показателем pH_{H2O}: 5,10 (буроземы, желтоземы Сочинского Причерноморья, образованные на аргиллитах); 7,00 (аналогичные почвы, но существенно более щелочные, преобразованные городским техногенезом); 7,20 (коричневые почвы полуострова Абрау, образованные на щелочных мергелях). Соотношение в приведенном ряду показателя ЛРЗЭ/СРЗЭ менялось соответственно от 0,91–1,05 и до 1,28, что свидетельствовало о том, что щелочная реакция среды влияет на усиление гидролиза легких РЗЭ в почвах и увеличивает их нормированные концентрации по сравнению со средними и тяжелыми РЗЭ.

В нашем случае pH_{H2O} изученных черноземов варьирует незначительно. Отмечается лишь незначительно более кислая реакция среды в почвах, образованных под травянистой

растительностью, составляющая в среднем для всех горизонтов профиля рН_{Н20} 7,53; самый высокий рН_{Н20} для почв, сформированных под древесной растительностью – 7,75 единиц и близкий к нему рН_{Н20} (7,65) для антропогенно-преобразованных почв. Эти вариации рН_{Н20} несущественно влияют на показатель ЛРЗЭ/СРЗЭ. Последний меняется от 1,16 для антропогенно-преобразованных почв и почв под травянистой растительностью – до 1,14 для почв, сформированных под древесной растительностью. В данном случае не наблюдается выявленной закономерности роста показателя ЛРЗЭ/СРЗЭ при незначительном подщелачивании почв. Вероятно, слабые изменения обсуждаемого показателя обусловлены здесь локальным фактором, связанным с составом горных пород конкретного участка наблюдений.

При этом само значение отношения ЛРЗЭ/СРЗЭ для черноземов миграционно-сегрегационных, составляющее в среднем 1,15 единиц, ближе всего к величине аналогичной характеристики для коричневых почв полуострова Абрау (1,28), которые так же, как и черноземы образованы на карбонатных породах. С одной стороны, это в целом отражает связь состава пород с особенностями фракционирования РЗЭ. С другой – подтверждает правильность выбора геохимического показателя (ЛРЗЭ/СРЗЭ), меняющегося при изменении кислотности почв, и еще раз указывает на относительный рост содержаний ЛРЗЭ при увеличении рН почв.

Заключение

Приведенные данные существенно расширяют сведения о геохимии изученных почв и позволяют выделить преобладающие факторы формирования их элементного состава. В целом почвы отражают как специфику состава почвообразующих горных пород, так и являются зеркалом общих благоприятных для процессов почвообразования природно-климатических региональных условий, способствующих накоплению химических элементов из достаточно бедных составом карбонатных пород.

Полученные данные о специфике поведения редкоземельных элементов не только являются основой для дальнейшего экологического контроля за составом почв, но также выявляют теоретический аспект особенностей фракционирования РЗЭ в связи с кислотностью почв. Они подтверждают сведения об относительном росте содержаний легких РЗЭ при увеличении рН почв за счет усиления их гидролиза при увеличении щелочности почв относительно средних и тяжелых РЗЭ.

Исследование выполнено на базе Южного федерального университета за счет
гранта Российского научного фонда № 23-27-00418, <https://rscf.ru/project/23-27-00418/>

Список использованных источников:

1. Grzebisz W., Ciesla L., Komisarek J., Potarzycki J. Geochemical assessment of the heavy metals pollution of urban soils // Polish Journal of Environmental Studies. – 2002. Vol. 11. N 5. – P. 493-500.
2. Barquero J.I., Lorenzo S., Esbri J.M., Rivera S., Gonzalez-Valoys A.C., Garcia-Ordiales E., Higuera P. Geochemical Assessment of Mineral Resource Potential in a Hg-Sb-Pb-Zn Mining Area: The Almadén and Guadalmez Synclines (South-Central Spain) // Applied Sciences. – 2022. Vol. 12. N 22. – P. 11351.
3. Wu D., Wang M., Hu G., Zhang R., Yang Z., Li S. Spatial distribution and environmental assessment of heavy metals in surface soil and ash near industrial sites: A case study // Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. – 2021. – P. 1-12.
4. Zakharikhina L.V., Litvinenko Y.S. Geochemical specificity of volcanic soils of Kamchatka // Eurasian Soil Science. – 2010. Vol. 43. N 4. – P. 380–389. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229310040034>.
5. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования. – 2013. Т. 4. № 8. – С. 395.
6. Гревцев Н.В., Антонинова Н.Ю., Шубина Л.А. Геохимические особенности почв в районах функционирования горно-металлургического комплекса // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2015. № 8. – С. 29–34.
7. Шишлов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
8. Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO. Rome. 181 p.
9. Карандашев В.К., Носенко С.В., Хвостиков В.А. Методика количественного химического анализа (НСАМ №499 – АЭС/МС). – 2015.
10. Aubert D., Stille P., Probst A., Gauthier-Lafaye F., Pourcelot L. Characterization and migration of atmospheric REE in soils and surface waters // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 2002. Vol. 66. N 19. – P. 3339-3350.
11. Gromet L.P., Dumek R.F., Haskin L.A., Korotev R.L. The «North American shale composite»: Its composition, major and trace element characteristics // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1984. N 48. – P. 2469–2482.

12. Лаврищев В.А., Пруцкий Н.И., Семенов В.М. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1: 200 000. Серия Кавказская. Лист К-37-V. – СПб.: Изд. 2-е., 2002.

13. Craul P.J. Urban soils: Applications and practices. – New York: John Wiley and Sons, 1999. – 289 p.

14. Naeth M.A., Archibald H.A., Nemirsky C.L., Leskiw L.A., Brierley J.A., Bock M.D., Vanden Bygaart A.J., Chanasyk D.S. Proposed classification for human modified soils in Canada: Anthroposolic order // Can. J. Soil Sci. – 2012. Vol. 92. – P. 7-18.

15. Строганова М.Н. Городские почвы: генезис, систематика и экологическое значение: автореферат дис. ... д-ра. биол. наук: 03.00.27. – Москва. – 1998. – 71 с.

16. Zakharikhina L.V., Burtovoy A.V. Anthropogenic evolution of zheltosols in the Sochi sanatorium area // Eurasian Soil Science. – 2020. Vol. 53. N 6. – P. 820–828.

17. Григорьев Н.А. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры // Геохимия. – 2003. № 7. – С. 785–792.

18. Переломов Л.В. Взаимодействие редкоземельных элементов с биотическими и абиотическими компонентами почв // Агрохимия. – 2007. № 11. – С. 85–96.

19. Soares D.G., Root R.A., Amistadi M.K., Chorover J., Lopes G., Guilherme L., Guimarães R. Rare earth elements (REY) sorption on soils of contrasting mineralogy and texture // Environment International. – 2019. Vol. 128. – P. 279-291. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.04.022>.

20. Zhenghua W., Jun L., Hongyan G., Xiaorong W., Chunsheng Y. Adsorption isotherms of lanthanum to soil constituents and effects of pH, EDTA and fulvic acid on adsorption of lanthanum onto goethite and humic acid // Chemical Speciation & Bioavailability. – 2001. Vol. 13. N 3. – P. 75–81. DOI: <https://doi.org/10.3184/095422901782775444>

21. Дубинин А.В. Геохимия редкоземельных элементов в океане // Литология и полезные ископаемые. – 2004. № 4. – С. 339–349.

22. Захарихина Л.В., Гуц А.К., Лесникова П.С. Временная трансформация фракционирования редкоземельных элементов в почвах при городской нагрузке на территории влажных субтропиков России // Вестник Камчатской региональной ассоциации «Учебно-научный центр». Серия: Науки о Земле. – 2023. Т. 59. № 3. – С. 94–103. DOI: <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2023-3-59-94-103>

Цитирование:

Сальник Н.В., Горбов С.Н., Захарихина Л.В. Специфика элементного состава черноземов миграционно-сегрегационных Ростовской области на фоновом уровне и в условиях антропогенеза [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2024. – № 2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/2/st_221.pdf DOI: <https://doi.org/10.51419/202142221>.