

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ПАРАСТЕРЕЗИС ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В НИЖНЕМ ГОРИЗОНТЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ РЕК ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ (на примере Московского региона)

Е.Н. Латушкина

Экологический факультет
Российский университет дружбы народов
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

В исследовании приведены результаты квалитетической и математико-статистической обработки первичной геохимической информации — содержаний химических элементов в донных осадках на полуметровой глубине от поверхности дна р. Москвы на участке, расположенном в пределах г. Москвы. Охарактеризован парастерезис химических элементов, представлены геохимические ассоциации в современном русловом аллювии, сформировавшемся под воздействием техногенного фактора.

Ключевые слова: парастерезис, ассоциации химических элементов, геохимические ассоциации, донные отложения, русловой аллювий, современные донные осадки, урбанизированные аквасистемы.

Изучением парагенезиса элементов занимались Я. Вант-Гофф, В.И. Вернадский, К.А. Власов, В.М. Гольдшмидт, В.И. Лебедев, Ф.Ю. Левинсон-Лессинг, В. Линдгрэн, П. Ниггли, А.А. Сауков, А.С. Уклонский, А.Е. Ферсман, П.Н. Червинский и многие другие исследователи. Особое внимание ученых было приковано к парагенным ассоциациям элементов в минералах, рудных месторождениях, корах выветривания, геологических формациях, артезианском бассейне, складчатых поясах, земных оболочках и планете в целом. Под парагенными ассоциациями принято понимать такую группировку элементов, нахождение которой в породах обусловлено единым процессом, происходящим в геосистеме [13].

Термин «парастерезис» был использован В.И. Лебедевым для обозначения распределения в пространстве совокупности химических элементов, присутствие которых в геосистеме обусловлено генетически не связанными процессами [9]. В области геоэкологии термин «парастерезис элементов», как правило, не применяется, несмотря на большое число работ (Т.Н. Алехина, Т.А. Барабошкина,

В.Ю. Березкин, А.А. Бобко, Е.А. Галатова, Н.Р. Журавель, В.В. Иванченко, Е.А. Карпова, Е.М. Коробова, К.П. Куценогий, И.Н. Малахов, С.В. Реутина, Т.И. Савченко и др. [2; 3; 10; 15]), нацеленных на изучение распределений химических элементов в аквальных геосистемах. Кроме того, проблема разграничения природного и техногенного генезиса химических элементов в составе донных осадков рек городских агломераций до сих пор недостаточно изучена.

Для характеристики распределения элементов в пространстве исследователи часто пользуются методами описательной и многомерной математической статистики [1; 2; 7]. Для выявления геохимических ассоциаций в донных отложениях водных объектов, испытывающих высокую техногенную нагрузку, принято применять квалитетрический подход, разработанный Л.Н. Алексинской, Б.А. Ревичем, Ю.Е. Саефом и Е.П. Яниным [14; 16]. В своем исследовании мы предлагаем с помощью факторного анализа определять состав и интенсивность геохимических ассоциаций, посредством корреляционного анализа — внутригрупповые связи между компонентами ассоциаций. С целью демонстрации данного подхода представим результаты собственного исследования.

Материалы и методы исследования

Исследование состояло из трех взаимодополняющих этапов: полевые, лабораторные и кабинетные работы.

Полевые исследования велись на участке р. Москвы, расположенном в пределах г. Москвы. Отбор проб осуществлялся в соответствии с требованиями ГОСТ 17.1.5.01-80 в местах поступления сточных вод, выше и ниже их, вдоль противоположных берегов. Опробованию подлежал 21 участок. Образцы аллювия были получены с глубины 1,5 м от поверхности дна посредством ввинчивания в грунт дюралевого трубки для отбора проб.

Лабораторные исследования проводились в лаборатории аналитической химии Российского университета дружбы народов по стандартной методике [11] и включали пробоподготовку и эмиссионный спектральный анализ образцов донных осадков на установке УСА-4.

В рамках кабинетных исследований осуществлялась обработка полученной первичной геохимической информации с помощью методов квалитетрии (вычисление коэффициентов концентрации) и математической статистики (корреляционный, семантический и факторный анализ), анализ и интерпретация результатов.

Коэффициенты концентрации (K_c) определялись для выявления иерархии накопления химических элементов в русловом аллювии. Значения коэффициентов вычислялись как частное между содержанием поллютанта в геосреде исследуемого объекта (C_o) и количественной характеристикой фона или кларком осадочных пород (C_ϕ) [1; 16].

Корреляционный анализ [7] использовался для определения статистической взаимосвязи между эмпирическими данными — содержаниями химических элементов в образцах донных осадков нижнего горизонта аллювия р. Москвы. Коэффициенты корреляции вычислялись по формуле К. Пирсона. Корреляционные плеяды

(графические изображения существенно значимых корреляционных связей между геохимическими параметрами) строились по методу В.П. Терентьева [4].

Семантический анализ [4] проводился для выявления величин сгруппированных по уровню значимости корреляционных связей, объединяющих химические элементы донных осадков, и определения уровня единства рассматриваемых элементов в геосреде.

Факторный анализ [5; 8] применялся с целью группировки геохимических параметров руслового аллювия и нахождения комплексных однородных групп химических элементов (факторов). При факторизации использовался метод ротации референтных осей по Varimax-критерию. Полученные величины факторных нагрузок переменных послужили основой для выявления ассоциаций химических элементов в современных донных осадках. Удельный вес факторов расценивался как интенсивность накопления геохимических ассоциаций. Вычисления производились с помощью программного пакета SPSS (версия 17.0).

Результаты и обсуждение

В результате проведения эмиссионного спектрального анализа в образцах донных осадков обнаружен 31 химический элемент: Be, B, P, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, Ba, W, Pb, Bi, Na, Mg, Al, Ca, Fe, La, Cd, Sc. Содержания Hf, Ta, Sb, Ge, In, Ce, Yb, Gd, Th, Li, An, Pt, Hg, Tl находились в пределах ($10^{-5}\%$) ниже чувствительности спектропроектора ДСП-1 и расценивались как необнаруженные.

Совместная концентрация указанных элементов в нижнем горизонте аллювия характеризуется положительным парастерезисом, об этом свидетельствуют положительные значения существенно значимых коэффициентов корреляции (r при $p < 0,01$ и $p < 0,05$).

Величины коэффициентов корреляции между Zn и Y ($r = 0,999$ при $p < 0,01$), Ag и Pb ($r = 0,908$ при $p < 0,01$) указывают на тесную взаимосвязь элементов. При этом природа происхождения данных элементов может одновременно характеризоваться природным и техногенным генезисом. Так, с позиции минералогического происхождения наличие этих элементов объясняется присутствием минеральных частиц, например, сфалерита ZnS с примесью соединений Y и галенита PbS с примесью Ag в донных осадках. Техногенное происхождение элементов может быть обусловлено поступлением Zn и Y со сточными водами от гальванических цехов, производств пергаментной бумаги и минеральных красок [6]; Ag и Pb могут поступать в аквасистему со стоками керамического производства и (или) производства фототехники [12]. К сожалению, в настоящее время не представляется возможным определить конкретные производственные базы, со сточными водами которых более полувека назад мигрировали перечисленные элементы.

Рассматриваемые элементы (31), за исключением Sc, Bi и Na, образуют друг с другом существенно значимые корреляционные связи ($p < 0,01$ и $p < 0,05$). Это значит, во-первых, что Sc, Bi и Na независимо от содержаний других элементов рассеяны в нижнем горизонте донных осадков, во-вторых, то, что остальные 28 элементов тесно связаны между собой. Общее количество корреляционных

связей при $p < 0,01$ и $p < 0,05$ насчитывает 206 единиц (табл. 1). Такая высокая степень корреляционной зависимости свидетельствует о геохимическом единстве современного аллювиального пласта, образовавшегося в процессе диагенеза.

Таблица 1

Количество и теснота корреляционных связей (r) между химическими элементами* донных осадков нижнего горизонта на участке р. Москвы в пределах г. Москвы

Уровень значимости величин коэффициентов корреляции	Группы величин коэффициентов корреляции	Количество корреляционных связей
$p < 0,01$	$r \geq 0,9$	2
	$r \geq 0,8$	5
	$r \geq 0,7$	39
	$r \geq 0,6$	42
	$r \geq 0,5$	33
	<i>Всего:</i>	<i>121</i>
$p < 0,05$	$r \geq 0,5$	31
	$r \geq 0,4$	54
	<i>Всего:</i>	<i>85</i>

* Be, B, P, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, Ba, W, Pb, Bi, Na, Mg, Al, Ca, Fe, La, Cd, Sc.

Л.Н. Алексинская, Б.А. Ревич, Ю.Е. Саег и Е.П. Янин [14; 16] в своих работах предлагают выявлять геохимические ассоциации на основе значений K_c в донных отложениях водотоков. Достоинством предлагаемого подхода является возможность сравнивать геохимические параметры осадков одних аквасистем с другими. К заслугам исследователей также следует отнести предложенную ими ориентировочную шкалу оценки загрязнения донных отложений химическими элементами, согласно которой, в категорию слабой загрязненности донных отложений входят величины $K_c \in (0; 10)$, средней — $K_c \in [10; 30)$, сильной — $K_c \in [30; 100)$, очень сильной — $K_c \in [100; +\infty)$. В качестве примера приведем некоторые геохимические ассоциации элементов в донных отложениях, выявленные учеными в водотоках урбанизированных территорий:

г. Подольск, руч. Черный: $Hg_{317} - Ag_{150} - Cd_{60} - Zn_{53} - Cu_{26} - Ni_{24} - Pb_{22} - Sn_{15} - Sb_{14} - V_{10} - Cr_6 - Nb_5 - P_4 - W_4 - Bi_3 - Sr_3 - Ba_3 - Co, Be, Mo, Sc, Y \in (3; 1,5)$;

г. Видное, р. Купелинка: $Hg_{15} - Zn_6 - Mo_4 - Cu_3 - Sr_3 - Ni_3 - Ag, Co, Nb, Sc, Li, Cr, Cd \in (3; 1,5)$;

аэропорт Внуково, р. Ликово: $Ag_{1250} - Bi_{100} - Cr_{49} - Ba_{27} - Cu_{18} - Zn_{18} - Sn_{17} - Pb_3 - Cd_3 - Ni, Mn, Sr, P \in (3; 1,5)$;

пос. Щербинка, р. Канопелька: $Ag_{232} - Sn_{151} - Cd_{64} - Ni_{56} - Sb_{15} - Cu_{11} - Hg_7 - Pb_4 - P_3 - Zn_3 - Cr_3 - Co, Sc, Zr, Ba \in (3; 1,5)$;

г. Щелково, р. Клязьма: $Ag_{921} - Hg_{398} - Bi_{48} - Zn_{64} - Cu_{38} - Ni_{36} - P_{31} - Cd_{17} - Sn_{14} - Cr_{10} - Sr_8 - Pb_5 - Ba_5 - Co_{31} - W, Mo, V, Mn \in (3; 1,5)$;

г. Воскресенск, р. Москва: $Ag_{73} - Hg_{31} - Cu_{17} - Zn_7 - Sr_6 - Sn_5 - P_4 - Pb_4 - Bi, Ba, Cr, Co, Mo \in (3; 1,5)$.

Для сравнения представим некоторые ассоциации элементов в донных отложениях нижнего горизонта р. Москвы, полученные на основе величин K_c в рамках собственного исследования:

устье р. Нищенка (150,2 км р. Москвы, левый берег): $Ag_{150,0} — Cd_{33,3} — Cu_{16,7} — Y_{16,7} — Cr_{5,8} — Ni_{5,3} — Pb_{3,4} — Ba_{3,2} — Mn_{3,1} — Zn_{2,4} — Sn_{2,1} — Co_{2,0} — Ti_{1,7} — P_{1,3} — Ga_{1,1}$;

выход Курьяновской станции аэрации (147,4 км р. Москвы, левый берег): $Cd_{233,3} — Ag_{150,0} — Y_{11,1} — Ni_{10,5} — Cu_{10,0} — W_{8,0} — Sn_{4,3} — Co_{4,1} — Pb_{3,4} — Sr_{3,2} — Ba_{3,2} — Mn_{3,1} — Cr_{2,9} — P_{2,5} — Na_{2,5} — Zn_{1,8} — Ga_{1,1} — B_{1,0} — Ti_{1,0}$;

ниже выхода Курьяновской станции аэрации на 300 метров (147,1 км р. Москвы, правый берег): $Cd_{233,3} — Ag_{150,0} — Y_{16,7} — Ni_{10,5} — Cu_{10,0} — Sn_{6,4} — Cr_{5,8} — Pb_{3,4} — Ba_{3,2} — Mn_{3,1} — P_{2,5} — Zn_{2,4} — Co_{2,0} — Bi_{1,2} — Ga_{1,1} — Be_{1,0} — B_{1,0} — Ti_{1,0} — Sr_{1,0}$;

ниже Сабуровских мостов (145,4 км р. Москвы, левый берег): $Ag_{50,0} — Cu_{33,3} — Cr_{5,8} — Y_{5,6} — Ba_{5,4} — Mn_{4,7} — Pb_{3,4} — Sr_{3,2} — Sn_{2,1} — Ni_{1,6} — P_{1,3}$;

ниже Московской кольцевой автодороги (МКАД) на 100 м (136,2 км р. Москвы, правый берег): $Ag_{10} — Sn_{2,1} — Cr_{1,9} — Y_{1,7} — Ga_{1,1} — Ba_{1,1} — Pb_{1,0}$.

Перечисленные ассоциации представляют собой ряды элементов, расположенных в порядке убывания величин K_c . Эти ряды не учитывают взаимосвязь содержаний геохимических параметров донных осадков. Для устранения данного недостатка мы предлагаем применять метод многомерного математико-статистического анализа. Так, для снижения размерности и определения комплексных групп (факторов) геохимических параметров донных отложений нижнего горизонта по степени однородности содержаний элементов, или так называемых ассоциаций химических элементов, обладающих наиболее тесной связью между собой в составе руслового аллювия, был проведен факторный анализ. Результатом факторизации геохимических характеристик осадков стало их объединены в восемь групп — ассоциаций элементов (табл. 2).

Таблица 2

Ассоциации химических элементов (факторы) в нижнем горизонте донных осадков р. Москвы на участке, расположенном в пределах г. Москвы

Пере- менные	Факторные нагрузки							
	фактор 1	фактор 2	фактор 3	фактор 4	фактор 5	фактор 6	фактор 7	фактор 8
Be	0,002	0,068	-0,045	-0,001	0,902*	-0,001	0,095	0,126
B	0,139	0,301	0,237	-0,002	0,703*	-0,226	0,005	-0,444
P	0,228	0,011	0,814*	0,256	-0,070	-0,021	0,375	-0,105
Ti	0,445	0,641*	0,094	0,424	0,140	0,081	-0,238	0,224
V	0,454	0,652*	0,109	0,067	-0,110	0,386	-0,158	0,290
Cr	0,754*	-0,045	0,240	0,327	-0,069	0,350	0,042	0,245
Mn	0,461	0,208	0,096	0,692*	-0,012	0,029	0,186	-0,144
Co	0,313	0,823*	0,092	0,057	0,257	0,192	0,251	-0,055
Ni	0,433	0,392	0,486	-0,064	0,034	0,536*	0,311	0,066
Cu	0,707*	-0,214	0,092	0,458	-0,176	-0,109	0,358	0,172
Zn	0,664*	0,088	0,647	0,165	0,148	-0,040	0,011	0,132
Ga	0,035	0,635*	0,094	0,171	0,247	0,326	-0,311	-0,364

Окончание

Пере- менные	Факторные нагрузки							
	фактор 1	фактор 2	фактор 3	фактор 4	фактор 5	фактор 6	фактор 7	фактор 8
Sr	0,202	0,018	0,209	0,303	0,008	-0,013	0,863*	-0,010
Y	0,664*	0,088	0,647	0,165	0,148	-0,040	0,011	0,132
Zr	0,198	0,672*	0,320	0,474	0,074	-0,127	-0,197	-0,107
Nb	-0,084	0,926*	-0,011	-0,056	-0,066	-0,116	-0,074	0,226
Mo	0,731*	0,227	0,289	0,282	0,267	-0,093	0,322	0,099
Ag	0,915*	0,155	0,251	0,159	-0,007	0,054	0,012	-0,046
Sn	0,596*	0,058	0,589	0,341	0,139	0,014	-0,041	-0,026
Ba	0,478	0,175	0,190	0,744*	-0,133	0,006	0,228	0,022
W	0,919*	0,153	-0,131	-0,029	-0,078	0,057	0,022	-0,129
Pb	0,890*	0,056	0,216	0,244	-0,091	-0,080	0,096	0,057
Bi	-0,082	0,158	0,877*	0,071	-0,122	0,056	-0,042	-0,184
Na	-0,085	0,004	-0,036	-0,131	-0,053	0,963*	-0,051	0,019
Mg	0,270	0,443	0,294	0,287	0,275	0,537*	0,032	0,003
Al	0,659*	0,507	0,004	0,428	0,165	0,078	0,069	-0,104
Ca	0,236	-0,144	0,204	0,843*	0,205	-0,049	0,143	0,120
Fe	0,068	0,409	0,091	0,681*	0,250	-0,063	-0,007	-0,270
La	-0,025	0,818*	0,228	0,016	-0,129	0,028	0,355	0,124
Cd	0,445	0,272	0,731*	0,047	-0,050	0,146	0,199	-0,138
Sc	0,027	0,309	-0,198	-0,073	-0,024	0,034	0,006	0,871*

* статистически значимые факторные нагрузки

На основе сгруппированных данных была построена графическая модель геохимических ассоциаций в донных осадках нижнего горизонта р. Москвы (рис. 1).

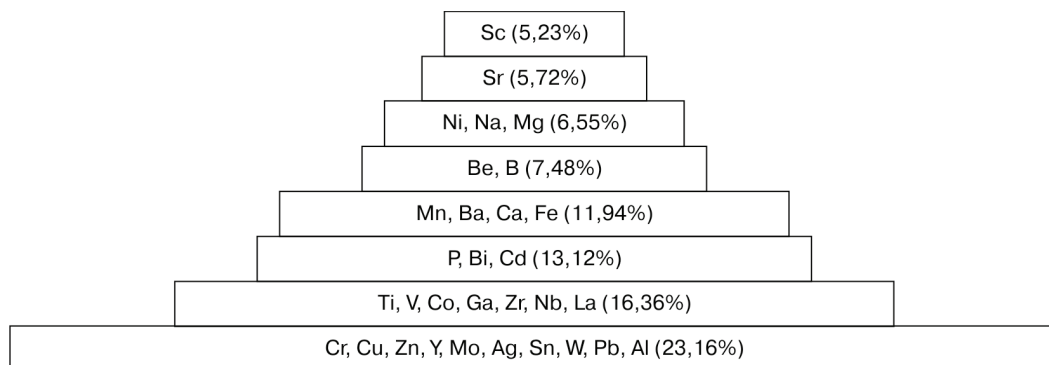


Рис. 1. Состав и интенсивность ассоциаций химических элементов в донных отложениях нижнего горизонта р. Москвы на участке, расположенном в пределах г. Москвы

Примечание: в скобках справа указаны величины удельного веса факторов

Как видно из построенной модели, элементы по показателям их содержания в аллювии группируются неравномерно. Это обусловлено неоднородностью потоков рассеяния и вариативностью источников поступления элементов, а также неоднородностью слагающего материала. Представленная иерархия геохимических ассоциаций отражает особенности вновь сформировавшегося осадочного тела и является характеристикой донных осадков, образованных под воздействием техногенных и природных факторов.

Корреляционные плеяды, построенные по значениям существенно значимых коэффициентов корреляции между содержаниями элементов в русловом аллювии ($r \geq 0,7$ при $p < 0,01$), иллюстрируют взаимосвязь химических элементов внутри выявленных ассоциаций (рис. 2). Так, в трех ассоциациях из восьми с удельным весом 5,23%, 5,72% и 7,48% (см. рис. 1) элементы не образуют существенно значимых корреляционных связей, что свидетельствует об относительно независимом характере содержания Sc, Sr, Be, В в составе исследуемой породы.

Рассмотрим основную ассоциацию химических элементов, обладающую наибольшим удельным весом (23,16%). Ее системообразующим элементом является Pb (рис. 2), он объединяет наибольшее количество компонентов в ассоциации (9). На втором месте по количеству связей находится Ag (8), далее располагается Mo (7), за которым следуют Zn и Y (по 6 корреляционных связей).

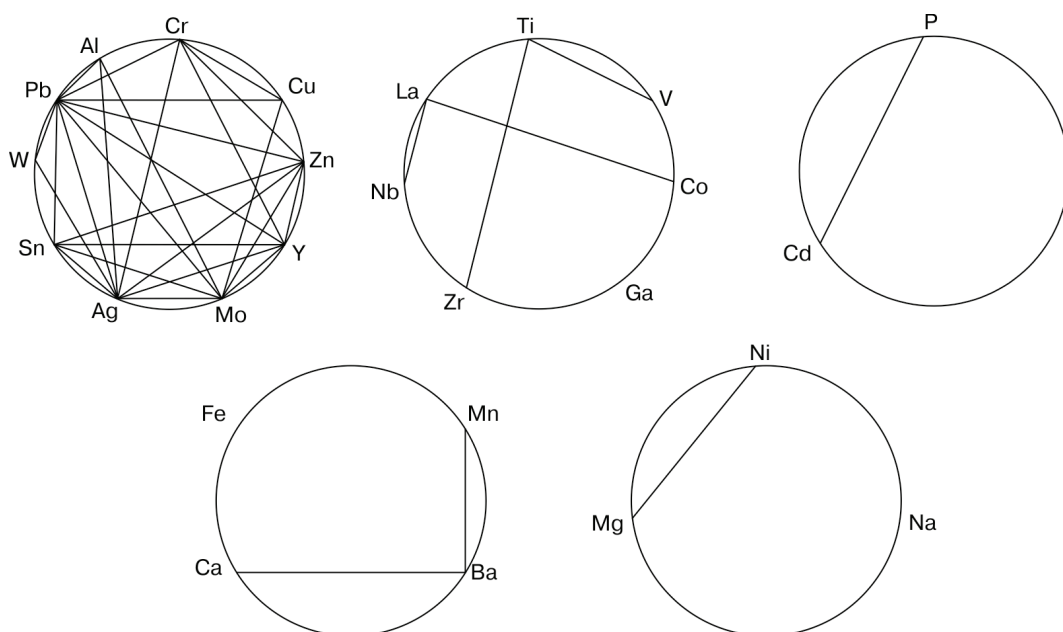


Рис. 2. Корреляционная структура элементов, составляющих геохимических ассоциаций нижнего горизонта руслового аллювия р. Москвы

Генезис Mo в русловом аллювии может быть разным. Так, в водный объект Mo может поступать со сточными водами от производств термоэлектростанций или газодинамических лазеров, или в результате выщелачивания из экзогенных минералов, содержащих Mo.

Sn образует 5 корреляционных связей внутри основной ассоциации; его нахождение в донных осадках может быть обусловлено присутствием производств в пределах речного бассейна, связанных с крашением тканей, синтезом органических красок или выходом из состава примесей сфалерита ZnS и ратовкита CaF₂.

Источниками поступления Cu в водоток могут являться сточные воды предприятий химической промышленности и альдегидные реагенты, используемые

для уничтожения водорослей. Кроме того, Си в составе донных осадков может свидетельствовать о нахождении в аллювии минеральных частиц аллофана.

Наличие Al в осадках указывает на присутствие глинистой фракции в составе породы и, соответственно, на наличие частиц минералов из классов: гидроксидов (например, гиббсит), карбонатов (таковит), силикатов и алюмосиликатов (ставролит, альмандин, польгорскит, каолинит, галлуазит, аллофан, иллит, вермикулит, глауконит, монтмориллонит, нонтронит, гидробиотит и др.).

Техногенное происхождение Al в аллювии может быть обусловлено производственными процессами ракетной техники и (или) стекловарения, пищевой промышленности (пищевая добавка E173) и т.п.

В составе основной ассоциации W образует наименьшее число связей (2) — с Pb и Ag. Он может поступать в речную систему, вымываясь как примесь из вада или в результате производственных процессов, например, в области ядерной физики, ядерной медицины, производства твердого электролита.

Вторая по интенсивности ассоциация (16,36%) сформирована семью элементами (см. рис. 1, 2). В ней выделяются две триады. В первой триаде системообразующим элементом является La, во второй — Ti. La и Nb могут поступать в водоток, например, от электротехнических производств, фармацевтической промышленности, от производств декоративных покрытий, красок, эмали, фарфора и пр. и (или) означать наличие частиц монацита (Ce, La, Nb...)[PO₄] в составе речных осадков. Со мигрирует в речную систему с потоком сточных вод, например, от химических производств и (или) в результате выщелачивания почв при разложении организмов и растений.

Триада Ti, Zr и V, возможно, поступает в водоток от электротехнических и химических производств и (или) является минеральной компонентой руслового аллювия (тюямунит, карнотит, циркон, рутил).

Третья по величине ассоциация (удельный вес 13,12%) образована P, Cd и Vi. Данные элементы объединяет совместное их применение в парфюмерной, фармацевтической и химической промышленности. P и Cd могут оказываться в аквасистеме в результате процессов жизнедеятельности и посмертного разложения гидробионтов. P может входить в минеральную составляющую осадков, а именно, частиц минералов класса фосфатов, арсенатов и ванадатов. Cd может поступать в осадки вследствие выщелачивания почв и вымывания из асфальтного покрытия.

Четвертая ассоциация (удельный вес 11,94%) образована Mn, Ba, Ca, Fe с системообразующим Ba, который является биоэлементом, способным накапливаться в организмах и поступать в водоток при гибели и разложении организмов, является примесью многих минералов, например, асболана и вада.

В геохимической ассоциации удельным весом 6,55% существенное значение имеет корреляционная связь между Ni и Mg, которые входят в состав силикатов, например, вермикулита и нонтронита; могут совместно поступать в водные объекты с силикатных предприятий.

Таким образом, парстерезис элементов в молодых аллювиальных отложениях в русле р. Москвы характеризуется восьмью геохимическими ассоциациями.

Предложенный автором работы подход может быть использован в аналогичных исследованиях, цель которых — выявление ассоциаций химических элементов, группирующихся по признаку содержания в геосреде. Автор полагает, что применение данного подхода позволит исследователям получить новую научную информацию об изучаемых объектах.

Результаты проведенного исследования позволяют сделать вывод о том, что на глубине полтора метра от поверхности дна р. Москвы сформировался пласт молодых аллювиальных осадков возрастом чуть более полувека. Отличительной особенностью осадков является их полиэлементный состав (Be, B, P, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, Ba, W, Pb, Bi, Na, Mg, Al, Ca, Fe, La, Cd, Sc) и наличие восьми специфических ассоциаций элементов, отличающихся составом и интенсивностью (1-я геохимическая ассоциация интенсивностью 23,16% образована Cr, Cu, Zn, Y, Mo, Ag, Sn, W, Pb, Al (23,16%); 2-я (16,36%) — Ti, V, Co, Ga, Zr, Nb, La; 3-я (13,12%) — P, Bi, Cd; 4-я (11,94%) — Mn, Ba, Ca, Fe; 5-я (7,48%) — Be, B; 6-я (6,55%) — Ni, Na, Mg; 7-я (5,72%) — Sr; 8-я (5,23%) — Sc).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Алексеев В.А. Экологическая геохимия. — М.: Логос, 2000.
- [2] Барабошкина Т.А. и др. Эколого-геохимические условия бассейна р. Бодрак // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». — 2008. — № 4. — С. 93—105.
- [3] Галатова Е.А. Особенности накопления и распределения тяжелых металлов в системе «вода — донные отложения — гидробионты» на примере р. Уй: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. — Троицк, 2003.
- [4] Дубровский С.А. Прикладной многомерный статистический анализ. — М.: Финансы и статистика, 1982.
- [5] Иберла К. Факторный анализ. — М.: Статистика, 1980.
- [6] Краткий справочник по применению редких металлов и платиноидов / Под ред. Л.Е. Веллер. — М.: Мин-во транспортного строительства, 1951.
- [7] Латушкина Е.Н. Основные положения математико-статистической оценки абиотической составляющей по показателям содержания химических элементов (веществ) // Науч. тр. МПГУ. Серия «Естественные науки». — М.: Прометей, 2002. — С. 147—150.
- [8] Латушкина Е.Н. Факторный анализ в практике построения экологических пирамид // Сб. материалов II Всерос. науч.-метод. конф. «Инновации и традиции науки и образования». — Сыктывкар: Изд-во СГУ, 2011. — С. 268—271.
- [9] Лебедев В.И. Основы геоэнергетического анализа геохимических процессов. — Л.: Лен-издат, 1963.
- [10] Малахов И.Н. и др. Условия формирования донных осадков устьевых участков рек Днепровско-Бугского лимана в условиях антропогенной нагрузки // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2010. — № 2. — С. 69—78.
- [11] Методы определения микроэлементов в почвах, растениях и водах / Под ред. И.Г. Важнина. — М.: Колос, 1974.
- [12] Молчанова Я.П. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Под ред. Т.В. Гусевой. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2011.
- [13] Перельман А.И. Геохимия. — М.: Высшая школа, 1989.

- [14] *Ревич Б.А., Саев Ю.Е.* Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. — М.: ИМГРЭ, 1982.
- [15] *Реуткина С.В.* Источники загрязнения окружающей среды на хромитовом месторождении «Центральное» // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». — 2008. — № 4. — С. 106—110.
- [16] *Саев Ю.Е., Алексинская Л.Н., Янин Е.П.* Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения поверхностных водотоков. — М.: ИМГРЭ, 1982.

**CHEMICAL ELEMENTS PARASTEREZIS
AT LOWER LEVEL OF THE RIVERS BENTHIC SEDIMENTS
IN URBAN AGGLOMERATION
(by the example of the Moscow region)**

E.N. Latushkina

Environmental Department
Peoples' Friendship University of Russia
Podolskoye Shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093

The article contains the results of the qualimetric, mathematical and statistical analysis of geochemical data — chemical elements contents in benthic sediments below one and a half meter level of the surface of the bed Moskva River within Moscow City. The characteristics of chemical elements parasterezis and geochemical association in the Holocene channel alluvium formed by anthropogenic factor are discussed.

Key words: parasterezis, association of chemical elements, geochemical association, benthal deposits, channel alluvium, bottom sediments, urban aquatic geosystem.