

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

© Р. ПЕНИН, Д. ЖЕЛЕВ

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АФОНСКОГО ПОЛУОСТРОВА (СЕВЕРНАЯ ГРЕЦИЯ)

Полуостров Афон (греческое название Айон-Орос) представляет собой крайний юго-восточный выступ п-ова Халкидики в Северной Греции. Длина полуострова почти 60 км, ширина 6—12 км; площадь составляет около 335 км². До сих пор эта территория слабо изучена в физико-географическом отношении. Полуостров — часть морфоструктурной подобласти Дарданского массива, входящего в свою очередь в Македонско-Фракийский массив палеозойских пород. Коренные породы представлены палеозойскими осадочными (известняки, доломиты) и метаморфическими (гранито-гнейсы, гнейсы, кристаллические сланцы, мраморы и др.) породами.

В тектоническом отношении полуостров расположен севернее границы Эгейской и Евразийской плит. В нескольких сотнях километров к востоку находится край Мало-азиатской плиты, и взаимодействие трех плит служит причиной сейсмической активности. В хрониках монастырей Афона отмечены катаклизмы, охарактеризованные как «Божье наказание»; по всей видимости, это были сильные землетрясения.

Данных о рельефе Афонского полуострова немного, здесь преобладают омоложенные структуры. Максимальную абсолютную отметку имеет г. Афон (2033 м). Поскольку плейстоценовые ледники в Греции формировались на абсолютных высотах более 2300 м, искать следы оледенений на Афоне нет оснований [17]. В четвертичный период береговая линия полуострова претерпела существенные изменения; их основной причиной считается длительная поствилафранкская трансгрессия, максимальная фаза которой приходилась на голыштейнскую межледниковую эпоху. Уровни морских террас не определялись, но по аналогии с северной эгейской береговой зоной можно считать, что террас 5 со средними абсолютными отметками 105, 70, 42, 28, 16 м [1]. Благодаря линейной эрозии сформировались глубоковрезанные долины рек; часть этих рек при впадении в Эгейское море образует водопады.

Ложбины эрозионного, а возможно, и лавинного происхождения сливаются и образуют вторично врезанную долину р. Калата, завершающуюся мощным конусом выноса на западном побережье полуострова. Аналогично выглядят долины рек Мегалос Велас и Микрос Велас на восточном склоне. На крутых южных склонах под влиянием процессов выветривания образовались характерные «каменные моря» (развалы камней). Гидроклиматические особенности территории обусловили преобладание пролювиальных и делювиальных отложений. Антропогенные элементы в современном рельефе связаны прежде всего с террасированием части склонов для земледелия, формированием дорожно-тропиночной сети между монастырями, возведением зданий в монастырских комплексах и современной инфраструктуры.

Регулярные метеорологические наблюдения на полуострове не проводились. Климат региона средиземноморский с типичным позднеосенне-зимним максимумом атмосферных осадков. По данным наиболее близко расположенной метеостанции в г. Кавала (период наблюдений 1984—1997 гг.), самый теплый месяц — июнь (26.8 °C), самый холодный — январь (6.8 °C). Среднее годовое количество осадков в г. Кавала

403 мм, максимальное количество осадков выпадает в ноябре (68 мм), минимальное — в сентябре (10 мм). За год в среднем наблюдается 92 дня с осадками [1]. Внутри полуострова наблюдается закономерное изменение климата от уровня моря до пика Афон; различаются по своему мезоклимату восточное (северо-восточное) и западное (юго-западное) побережья. Реки полуострова характеризуются типично средиземноморским режимом стока: летом и в начале осени большая часть водотоков полностью пересыхает. Подземные воды имеют трещинный и карстовый характер, грунтовые воды содержатся в делювиально-пролювиальных комплексах подножий.

Основные типы почв относятся к формации нейтральных и слабощелочных почв субтропического сухого климата. Это в основном коричневые почвы, характерные для Северной Греции. На карбонатных породах формируются рендзины, занимающие разные по площади ареалы. Местами почвы похожи на распространенные в этой части Средиземноморья *terra rossa*. В наиболее высоких частях развиты маломощные и сильнощебнистые горно-луговые почвы.

Полуостров Афон расположен вблизи северной границы средиземноморской растительности (биом склерофильных лесов и кустарников). Относительно большое количество осадков в северной части Средиземноморья обуславливает наличие также флористических элементов, характерных для более северных широт. Для растительных сообществ характерны многочисленные виды с вечнозелеными листьями. В слабо сохранившихся климаксовых лесных сообществах в первом ярусе доминируют каменный дуб (*Quercus ilex*), кипарис (*Cupressus sempervirens*), черная сосна (*Pinus heldreichii*), сосна пиния (*P. pinea*), греческая пихта (*Abies cephalonica*), во втором древесном и кустарниковом ярусах — самшит (*Buxus sempervirens*), калина лавролистная (*Viburnum tinus*), земляничное дерево (*Arbutus andrachne*), фисташка (*Pistacia terebintus*), мирт (*Myrtus communis*), дафне маслинолистная (*Daphne oleaefolia*), филлирея (*Phillyrea latifolia*). Распространены лианы — сассапариль (*Smilax aspera*) и плющ (*Hedera helix*). В приземных ярусах встречается ладанник (*Cistus sp.*); распространены также геофиты и терофиты, вегетирующие осенью и весной, а иногда и в зимний сезон: цикламен (*Cyclamen sp.*), орхидные (*Orchis sp.*, *Ophrys sp.*). Развиты кустарниковые сообщества маквиса с кермесовым дубом (*Quercus coccifera*), можжевельниками (*Juniperus excelsa*, *J. oxycedrus*), древовидным вереском (*Erica arborea*), вечнозеленым жестером (*Rhamnus alaternus*), грушей миндалелистной (*Pyrus amigdalifolius*) и др. Вдоль рек встречаются рощи с доминированием платана (*Platanus orientalis*), олеандра (*Nerium oleander*) и др. На склонах пика Афон хорошо выражена высотная поясность: снизу вверх нижнегорный пояс средиземноморского маквиса сменяется среднегорными преимущественно листопадными семигумидными лесами, высокогорными субальпийскими лугово-кустарниковыми и луговыми ландшафтами [2].

Воздействие человека в античное время и раннем Средневековье привело к деградации маквисовых сообществ и формированию фриганы. Периодические рубки леса и пожары обусловили развитие вторичных лесных сообществ, отличающихся более бедным видовым составом. Наиболее интенсивная антропогенная ландшафтная модификация на Афоне приурочена к участкам монастырского земледелия — пологим склонам, расширениям долин, речным и морским террасам. Здесь господствуют агрофитоценозы с преобладанием фруктовых деревьев и овощных культур.

Особенности природы полуострова определяют видовое разнообразие животных. Преобладающая часть животных активна во влажный период. Слабое развитие древесного яруса обуславливает концентрацию видов в приземных ярусах растительности. Беспозвоночные животные-сапрофиты, а также грызуны отличаются большим разнообразием благодаря подходящим трофическим характеристикам почв и преобладанию низкорослых трав. Из крупных млекопитающих характерен дикий кабан (*Sus scrofa*). Довольно разнообразны рептилии, амфибии и птицы.

Основная часть полуострова (кроме северо-западного перешейка) входит в автономную монашескую республику Айон-Орос (Святая гора). Граница автономии не изменялась в течение столетий и ограничивает доступ на Афон; существует только один контрольно-пропускной пункт для автомобильного транспорта. Кроме того, полуост-

ров связан с остальной частью Греции паромной линией. Несколько десятилетий назад автомобильные дороги на Афоне отсутствовали. В настоящее время дороги без твердого покрытия связывают монастыри с портом Дафна на юго-западном берегу и административным центром республики г. Кария — наиболее крупными поселениями на полуострове. Остальное население живет в 20 монастырях, а также принадлежащих им скитах и кельях.

Численность населения сильно изменялась: в прошлом оно достигало нескольких десятков тысяч чел. В 2001 г. на полуострове жило 2262 чел., в основном монахи. Таким образом, в настоящее время Афон — одна из слабонаселенных территорий в Средиземноморье. На полуострове всегда есть паломники, численность которых непостоянна. Хозяйственная деятельность на Афоне сохранила вековые монашеские традиции, связанные с лесозаготовками, рыбной ловлей, экстенсивным земледелием, иконописью, ремеслами. Промышленность отсутствует. В строительстве использовались традиционные материалы, но в последние десятилетия в связи с включением Афона в список объектов мирового культурного наследия ЮНЕСКО строительные и восстановительные работы ведутся с использованием современных технологий и материалов.

Физико-географические и палеогеографические особенности п-ова Афон обуславливают типичность этой территории для ландшафтов Восточного Средиземноморья. Изолированное существование монашеской республики способствовало защите ландшафтов от неблагоприятных антропогенных воздействий, за исключением влияния атмосферного переноса со стороны ближайших индустриализованных и урбанизованных районов. Большая часть полуострова пока не подвергается интенсивным антропогенным воздействиям, особенно его западные районы, высокогорье и крутые склоны побережья. Можно считать, что данная территория не испытывает сильного техногеохимического воздействия и ее можно рассматривать в качестве фоновой для Средиземноморья.

Статья написана по материалам исследований Афона в течение нескольких лет первого десятилетия XXI в., причем полуостров посещался два раза в год в разные сезоны. Для геохимического анализа отобрано 17 проб разных типов почв, 6 проб донных отложений рек и 10 проб растений из разных частей полуострова, характеризующихся своеобразными спектрами ландшафтов (рис. 1). Анализ проб проведен в Геохимической лаборатории геолого-географического факультета Софийского университета «Св. Климент Охридский». Содержание микроэлементов (Cu, Zn, Ni, Pb, Co, Mn, Cr, Cd) определено методом атомно-абсорбционного анализа на установке Perkin-Elmer 3030.

Обобщенные результаты анализа содержания тяжелых металлов в **почвах** района исследований приведены в табл. 1. Анализ данных выявляет ассоциацию элементов с относительно высоким содержанием в почвах района исследований в сравнении с почвами Европы и Болгарии, южная граница которой проходит в 130 км от Афона. Например, содержание цинка в почвах Афона достигает 162 мг/кг, свинца — 49.6, кобальта — 62.9, никеля — 99, хрома — 173 мг/кг. Только медь имеет относительно более низкие концентрации (36 мг/кг).

На основе полученных данных составлен почвенно-геохимический спектр (рис. 2), на котором выделяется ассоциация элементов с высокими кларками концентрации ($KK > 1.5$) — Co, Pb, Cr, Zn и Ni. Концентрации, близкие к таковым в почвах мира, Европы и в литосфере, имеет марганец (кларк рассеяния $KP = 1.1$). В сравнении с почвами мира, Европы и Болгарии более низкий кларк рассеяния ($KP = 1.3$) в почвах Афона имеет медь. При анализе данных необходимо учитывать, что вблизи полуострова ни в Греции, ни в Болгарии нет крупных промышленных предприятий, которые бы оказывали техногеохимическое воздействие на почвы Афона. Установленная ассоциация микроэлементов с повышенными кларками концентрации, по всей вероятности, имеет прямую связь с литогеохимией района, где возможны и рудогенные проявления, оказывающие влияние на концентрации тяжелых металлов в почвах.

Для характеристики радиальной дифференциации микроэлементов в изученных разрезах коричневых и делювиальных почв характерных катен использован коэффи-

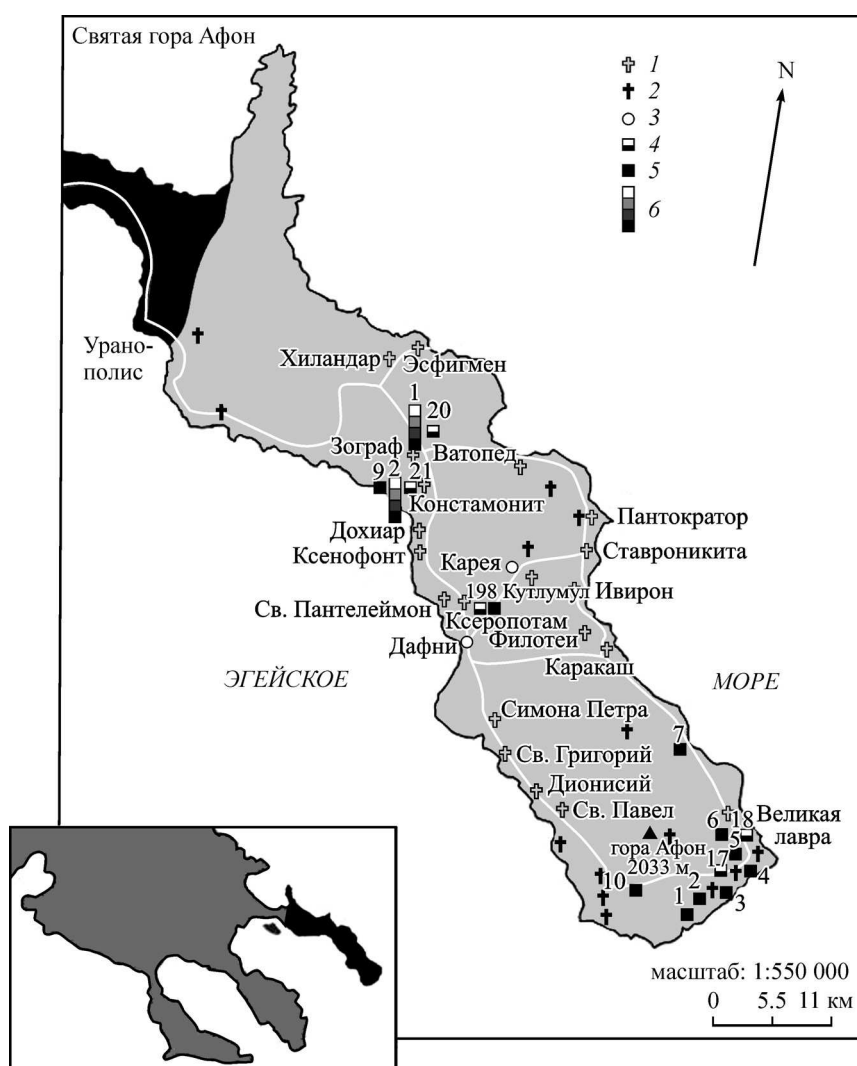


Рис. 1. Картохема п-ова Афон и места отбора геохимических проб.

1 — монастыри, 2 — скиты, 3 — города, 4 — донные отложения, 5 — проба почв, 6 — почвенный профиль.

коэффициент R: отношение содержания микроэлементов в почвенных горизонтах А, В и других к их содержанию в горизонте С, в котором в наибольшей степени проявляется воздействие почвообразующей породы. Анализ радиальной дифференциации микроэлементов в профиле коричневой почвы (рис. 3) показывает наиболее высокие значения коэффициента R для марганца (4.12), далее следуют Co, Ni и Pb; относительно низкие значения коэффициента R характерны для Cu, Cr, Zn. Распределение марганца в почвенных горизонтах неоднородно. Как правило, марганец накапливается в верхних горизонтах вследствие его фиксации органическим веществом [5, 13], что подтверждается и нашими данными по коричневым почвам п-ова Афон. Остальные микроэлементы демонстрируют относительное накопление в верхних горизонтах профиля, что, по всей вероятности, связано с повышенной подвижностью форм, в которых они присутствуют в почве, а также и с их биогенной миграцией и аккумуляцией.

В разрезе делювиальной почвы отмечено более равномерное распределение микроэлементов по профилю, причем самые низкие значения коэффициента R характери-

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в литосфере, почвах мира, Европы, Болгарии и полуострова Афон

Географический объект	Содержание тяжелых металлов (мг/кг)							
	Cu	Zn	Pb	Mn	Co	Ni	Cr	Cd
Литосфера (по [4])	47	83	16	1000	18	58	83	0.13
Гранитоидные породы (по [4])	20	60	20	600	5	8	25	0.1
Почвы мира (по [3])	20	50	10	850	8	40	100	0.5
Почвы Европы (по [14])	17.3	68.1	32.6	810	10.4	37.3	94.8	0.284
Почвы Болгарии (по [6, 10])	30	75	35	1000	15—25	36	70	0.06—0.7
Почвы Болгарии — фон (по [8])	24	67	25	695	16	32	60	0.03
Почвы Болгарии — техногенно преобразованные ландшафты (по [8])	72	79	36	867	17	37	74	1.1
Почвы п-ова Афон	36	161.9	49.6	911.4	62.9	99.1	172.9	<2

зуют верхний горизонт А (рис. 4). Можно отметить небольшое накопление большинства микроэлементов в горизонте В, которое, по-видимому, связано с повышенной долей глинистой фракции, в которой обычно наблюдается увеличение содержания тяжелых металлов. Подобное радиальное распределение микроэлементов установлено и в других наших исследованиях почв Балканского полуострова [7].

Донные отложения — один из наиболее информативных в геохимическом отношении объектов; по аналогии с ролью почв для наземных ландшафтов их называют «зеркалом аквальных природных комплексов». В донных отложениях аккумулируются вещества — продукты функционирования ландшафтов в соответствующих водосборных бассейнах. Полученные результаты (табл. 2) показывают, что валовое содержание тяжелых металлов в донных отложениях района исследований сходно с таковым в почвах для свинца (50 мг/кг), относительно понижено для цинка (120 мг/кг) и кобальта (44 мг/кг), в 1.5—2 раза ниже для хрома, меди, марганца и никеля. Геохимический спектр (рис. 5) отражает повышенные значения кларка концентрации для свинца (КК = 3.12) и кобальта (КК = 2.45). Цинк и хром имеют концентрацию, немного превы-

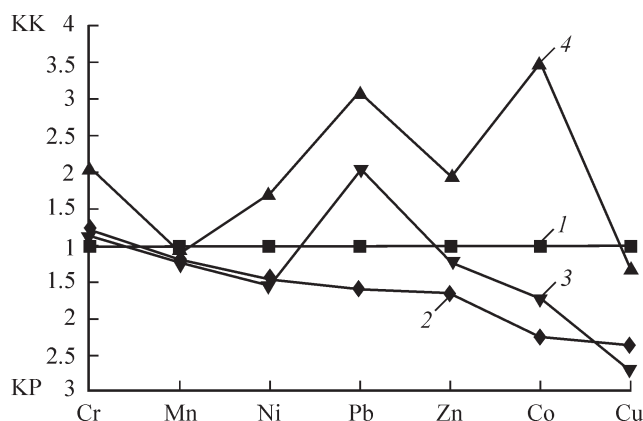


Рис. 2. Геохимический спектр микроэлементов.

1 — в литосфере, 2 — в почвах мира, 3 — в почвах Европы, 4 — в почвах п-ова Афон. КК — кларк концентрации, КР — кларк рассеяния (по отношению к содержанию элемента в литосфере).

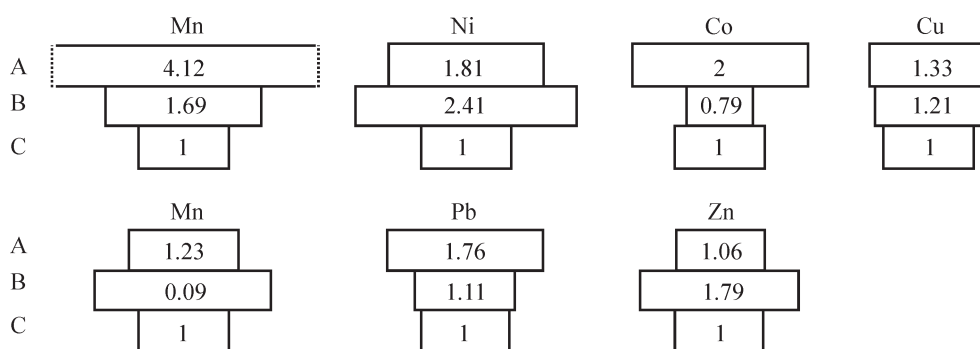


Рис. 3. Радиальная дифференциация микроэлементов (R) в профиле коричневой почвы.

Пояснения в тексте.

шающую кларк. Среди элементов с высокими значениями кларка рассеяния выделяется медь ($KP = 2.5$).

Полученные данные сопоставимы с данными по содержанию микроэлементов в донных отложениях Болгарии и Европы в целом [8, 14]. В сравнении с характеристиками фоновых территорий (например, для Болгарии) в донных отложениях Афонского полуострова проявляются повышенные концентрации свинца, цинка, кобальта, никеля, хрома и кадмия. По всей вероятности, для геохимии донных отложений, как и для почв, важен фактор местной литогеохимической специализации рассмотренных микроэлементов.

Важной частью наших исследований было установление **биогеохимической дифференциации** основных микроэлементов. Как известно, дифференциация элементов в растительном покрове в существенной степени определяется ландшафтно-геохимическими условиями, особенно щелочно-кислотными и окислительно-восстановительными свойствами почв, а также минерализацией почвенно-грунтовых вод и их составом.

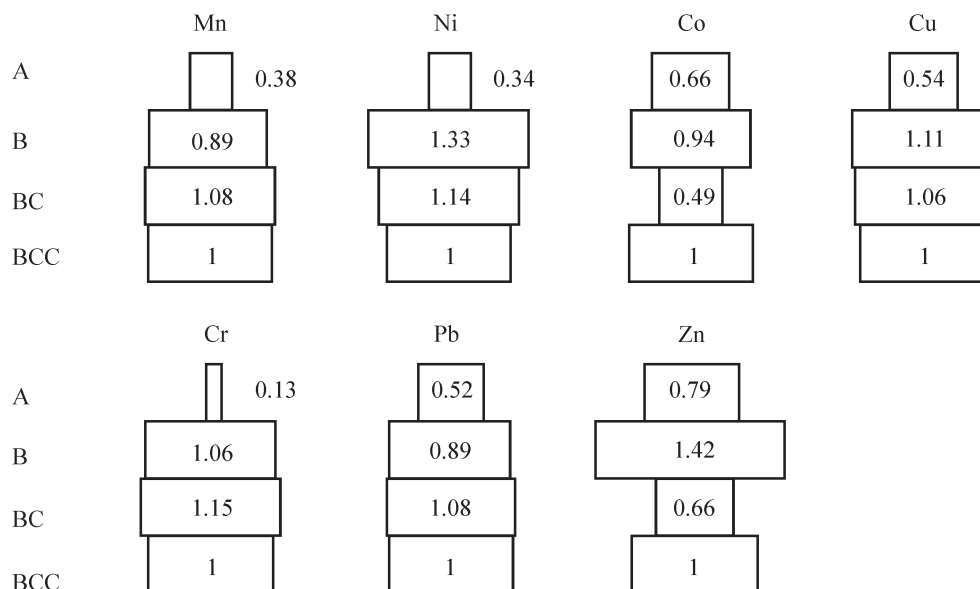


Рис. 4. Радиальная дифференциация микроэлементов (R) в профиле делювиальной почвы.

Пояснения в тексте.

Таблица 2

**Содержание тяжелых металлов в литосфере,
донных отложениях (ДО) Европы, Болгарии и полуострова Афон**

Географический объект	Содержание тяжелых металлов (мг/кг)							
	Cu	Zn	Pb	Mn	Co	Ni	Cr	Cd
Литосфера (по [4])	47	83	16	1000	18	58	83	0.13
ДО Европы (по [14])	22.1	120	38.6	1120	11.2	35.2	92.8	0.53
ДО Болгарии — фон (по [8])	45	94	25	777	17	28	64	1
ДО Болгарии — техногенно преобразованные ландшафты (по [8])	217	155	102	972	37	35	74	1.9
ДО п-ова Афон	18.8	120.4	50	586.4	44.2	46	97.6	<2

Нами проанализированы пробы листьев ряда характерных для полуострова видов деревьев и кустарников, а также интегральная проба травяного покрова в высокогорье (табл. 3). Отметим, что исследования содержания тяжелых металлов в растительности Балканского полуострова крайне немногочисленны.

Данные по содержанию микроэлементов в растительности исследованного района показывают различия по видам растений и типам сообществ. Каждый вид имеет свою избирательную способность в отношении различных химических элементов и соединений, эта способность может варьировать также в зависимости от почвенных условий. Из табл. 3 видно, что для некоторых элементов (Cu, Zn, Mn, Co) содержание последних в листовой массе разных видов растений довольно близкое, а для других микроэлементов (Pb, Cr, Ni) варьирует в более широких границах. Отметим повышенное содержание некоторых микроэлементов в листьях: лаврового дерева (*Laurus nobilis*), которое активно извлекает Zn (821 мг/кг), Mn (1766 мг/кг) и Ni (18 мг/кг); рододендрона (*Rhododendron* sp.), извлекающего Zn (375 мг/кг) и Co (39 мг/кг); плюща (*Hedera helix*), концентрирующего Zn (618 мг/кг) и Co (46 мг/кг).

Повышенное содержание цинка отмечено для кустарников дафне (*Daphne oleaefolia*), эрики травяной (*Erica carnea*) и высокогорного разнотравья. Фоновые содержания цинка в траве обычно 40—50 мг/кг; зафиксированное высокое значение в травостое горно-лугового пояса Афонского полуострова (359 мг/кг), по всей вероятности, связа-

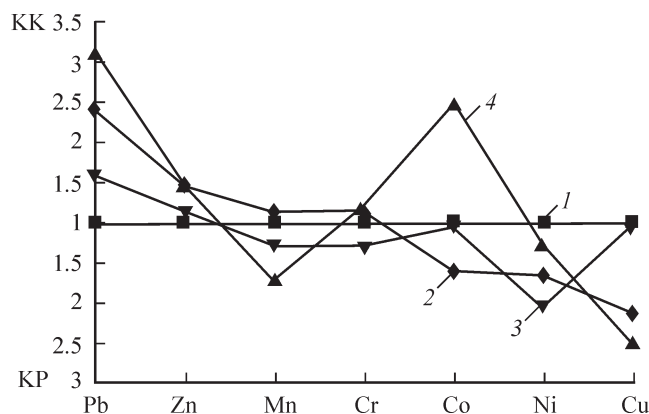


Рис. 5. Геохимический спектр микроэлементов.

1 — в литосфере, 2 — в донных отложениях Европы, 3 — в донных отложениях Болгарии, 4 — в донных отложениях п-ова Афон. Остальные обозначения как на рис. 2.

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в растительности полуострова Афон

Виды растений (в скобках зольность, %)	Содержание тяжелых металлов (мг/кг)						
	Cu	Zn	Ni	Pb	Co	Mn	Cr
<i>Quercus coccifera</i> (6.4)	43	226	11	12	23	659	5
<i>Carpinus orientalis</i> (10)	45	275	13	22	11	465	23
Разнотравье на высоте 1750 м (4.3)	62	359	31	100	12	663	43
<i>Rhododendron</i> sp. (5)	29	375	8	5	39	167	4
<i>Laurus nobilis</i> (4.5)	41	821	18	6	21	1766	8
<i>Daphne oleaefolia</i> (4)	43	792	6	—	10	74	6
<i>Hedera helix</i> (8.7)	36	618	4	1	46	132	5
<i>Acer</i> sp. (6.3)	102	291	56	—	1	100	6
<i>Juniperus</i> sp. (7)	25	118	3	4	—	69	3
<i>Erica carnea</i> (2.5)	120	364	65	9	2	1666	52

но с местными литогеохимическими особенностями. Отметим, что цинк считается хорошим индикатором при биогеохимических исследованиях [9].

Содержание кобальта варьирует также в широком диапазоне. Самые высокие концентрации отмечены в листьях плюща, рододендрона и вечнозеленого кермесового дуба (*Quercus coccifera*) (23—46 мг/кг), а в листовой массе клена (*Acer* sp.), эрики и можжевельника (*Juniperus* sp.) этот элемент имеет невысокое содержание или не установлен. Эти показатели сопоставимы с данными подобных исследований в других регионах мира [5]. Поглощение кобальта растительностью зависит прежде всего от содержания его мобильных форм в почве. Обычно кобальт, как и другие тяжелые металлы (Fe, Mn), мигрирует в составе комплексных органических соединений [16].

Никель содержится в исследованных растениях в концентрации от 3 (можжевельник) до 65 мг/кг (эрика). Этот элемент играет важную роль в росте растений, но нет целостного представления о значении никеля в метаболизме. Содержание никеля в листовой массе и остальных частях растений коррелирует с его концентрацией в почвах и в ряде случаев зависит от pH почвы. Содержание никеля в травах обычно варьирует в небольших пределах — до 5—6 мг/кг; только в случаях рудогенных проявлений и в сильно загрязненных районах установлены содержания никеля, в несколько раз большие названных. Литогеохимический фон — вероятная причина относительно высокого содержания этого элемента (31 мг/кг) в исследованной интегральной пробе травостоя.

Медь — элемент, который концентрируется в растениях, причем содержание в растительных тканях (в том числе листовых) коррелирует с концентрацией элемента в почве. В наших исследованиях содержание этого элемента изменяется от 25 мг/кг для можжевельника до 120 мг/кг для эрики. Относительно высокие содержания меди отмечены в листьях клена (102 мг/кг). Согласно опубликованным данным, в золе разных видов растений содержание этого элемента составляет 5—1500 мг/кг, в отдельных случаях установлены и более высокие концентрации [15].

Особенно большие различия наблюдаются в значениях содержания свинца в опробованных видах растений. В листьях дафне и клена свинец не обнаружен, а в интегральной пробе трав его содержание достигает 100 мг/кг. Считается, что концентрации свинца 2—6 мг/кг в растениях достаточны для их нормального функционирования. Поглощение свинца растениями рассматривается как пассивное; скорость поглощения понижается при увеличении щелочности и понижении температур. Свинец слабо растворяется в почвах и поглощается в наибольшей степени корнями [12].

Содержание марганца тоже варьирует в широких границах: от 69 в можжевельнике до 1766 мг/кг в листьях лаврового дерева. Этот элемент в целом отличается активным поглощением и быстрой миграцией в растениях, прежде всего в виде свободных кати-

онных форм. Существует прямая зависимость между содержанием элемента в почвах и в органах растений, хотя на одних и тех же почвах концентрация марганца в разных видах растений может сильно варьировать.

Самое высокое содержание хрома установлено для листьев эрики (52 мг/кг), а самое низкое — в хвое можжевельника (3 мг/кг). Подобные концентрации отмечены и в растениях других районов мира, но в целом биогеохимия этого элемента пока еще недостаточно изучена. Считается, что независимо от относительно высокого содержания элемента в большинстве типов почв его доступность для растений ограничена [3].

В заключение отметим, что наши исследования позволили, с одной стороны, установить сходство показателей содержания микроэлементов в почвах и донных отложениях п-ова Афон с подобными данными для других районов мира, а с другой — выявить наличие повышенных или пониженных концентраций тяжелых металлов в растительности исследованной территории. Рассмотренные показатели выступают в качестве приоритетных при проведении экогеохимических исследований в различных районах Европы и земного шара. Представленные результаты ландшафтно-геохимического опробования почв, донных отложений и растительности п-ова Афон служат частью проводимого авторами комплексного исследования ландшафтов этой до сих пор малоизученной территории.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Балтаков Г. Плейстоценова и голоценова еволюция на бреговата зона на източните части на Балканския полуостров // Год. Софийск. ун-та. ГГФ. 2003. Т. 96.
- [2] Велчев А. Формиране и еволюция на съвременните ландшафта в Югозападна България. Хабил. труд. София, 1994.
- [3] Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. М., 1950.
- [4] Виноградов А. П. Среднее содержание элементов в главных типах изверженных горных пород // Геохимия. 1962. № 7.
- [5] Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М., 1989.
- [6] Мирчев С. Химичен състав на почвите в България. София, 1971.
- [7] Пенин Р. Некоторые результаты ландшафтно-геохимических исследований народного парка «Витоша» // Изв. ВГО. 1991. Т. 123. Вып. 1. С. 73—80.
- [8] Пенин Р. Геохимията на ландшафтите — приоритетно научно направление при разкриване и решаване на екологични проблеми // Юбилеен сборник «30 години Катедра ландшафтознание и опазване на природната среда». София, 2003. С. 89—100.
- [9] Петрунина Н. С. Геохимическая экология растений в провинциях с избыточным содержанием микроэлементов (Ni, Co, Cu, Mo, Pb, Zn) // Труды биогеохимической лаборатории. М.: Наука, 1974.
- [10] Райков Л. и др. Проблеми на замърсяването на почвата. София, 1984.
- [11] Hellenic National Meteorological Service — www.hnms.gr, nov. 2009.
- [12] Hughes M. K., Lepp N. W., Phipps D. D. Aerial heavy metal pollution and terrestrial ecosystems // Adv. Ecol. Res. 1980. 11.
- [13] Kabata-Pendias A., Pendias H. Trace Elements in Soils and Plants (3rd ed.). Boca Raton. London, 2001.
- [14] Salminen R. (ed.). Geochemical Atlas of Europe. Part 1: Background Information, Methodology and Maps. Espoo, Geological Survey of Finland, 2005 (<http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/index.php>).
- [15] Shacklette H. T., Erdman J. A., Harms T. F. Toxicity of Heavy Metals in the Environments. M. Dekker, N. Y., 1978.
- [16] Wiersma D., Van Goor B. J. Chemical forms of nickel and cobalt in phloem of *Ricinus communis*. Physiol. Plant, 1979. 45.
- [17] Woodward J. C., Macklin M. G., Smith G. R. Pleistocene glaciation in the mountains of Greece // Quaternary Glaciations — Extent and Chronology. Elsevier. Amsterdam, 2004. P. 38—47.

София, България
georum@abv.bg
dimitar.zhelev@gmail.com

Поступила в редакцию
22 февраля 2011 г.