
ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ БАССЕЙНА Р. БОДРАК (Крымско-Кавказская горная зона)

Т.А. Барабошкина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Ленинские горы, 1, Москва, Россия, 119899

В.Ю. Берёзкин, Е.М. Коробова, Е.А. Карпова

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН
ул. Косыгина, 19, Москва, Россия, 119991

К.П. Куценогий, Т.И. Савченко

Институт химической кинетики и горения СО РАН (ИХАКиГСО)
ул. Институтская, 3, Новосибирск, Россия, 630090

Изучено распределение ряда химических элементов (меди, цинка, свинца, никеля, кобальта, хрома, ванадия, молибдена и стронция) в почвах и растениях ключевого участка Крымского учебно-научного полигона, в бассейне р. Бодрак, на карбонатных породах эпикиммерийского субплатформенного комплекса (ЭПСК) и бескарбонатных терригенных породах киммерийского геосинклинального комплекса (КГСК). Методом математической статистики показано влияние на содержание изученных элементов в системе «почва—растение» коренных пород и генетически связанных с ними аллювиально-делювиальных четвертичных отложений. При анализе учитывалось возможное влияние сельскохозяйственного использования территории.

Крым характеризуется контрастностью природных условий [2; 3] и является уникальным регионом по разнообразию функциональных связей в системе «литосфера-биота». В качестве типового участка рассмотрим район Крымского научно-учебного полигона геологического факультета МГУ им. А.А. Богданова, расположенного в Бахчисарайском районе Автономной Республики Крым (в пределах территории бассейна р. Бодрак) (рис. 1). Его относительно небольшая площадь ($7,5 \times 9$ км) характеризуется многообразием литологического состава пород различного генезиса (от осадочных до магматических) [4; 10; 11].

Целью написания данной статьи является анализ взаимосвязи распределения токсичных и биофильных элементов в образцах почв и растительности и дифференциации роли природных и техногенных факторов в формировании эколого-геохимических условий района.

Для достижения поставленной цели была осуществлена систематизация разнотипных данных, полученных в ходе полевых эколого-геохимических работ МГУ, РУДН, ГЕОХИ в 1996—2002 г., проводившихся в районе научно-учебного полигона МГУ и экспериментальных работ (МГУ, ИХКиГ СО РАН) [5—9; 14; 18; 19; 20; 22].

В геологическом строении, в районе исследования выделяют: (1) на юго-востоке — киммерийский геосинклинальный комплекс (T_3 - J_2), сложенный флишевой, олистостромовой и другими морскими терригенными формациями, а также вулканогенно-осадочной островодужной формацией; (2) на северо-западе — субплатформенный эпикиммерийский моноклинально залегающий комплекс, включающий терригенные породы нижнего мела и терригенно-карбонатные породы верхнего мела — эоцена [10; 11; 15].

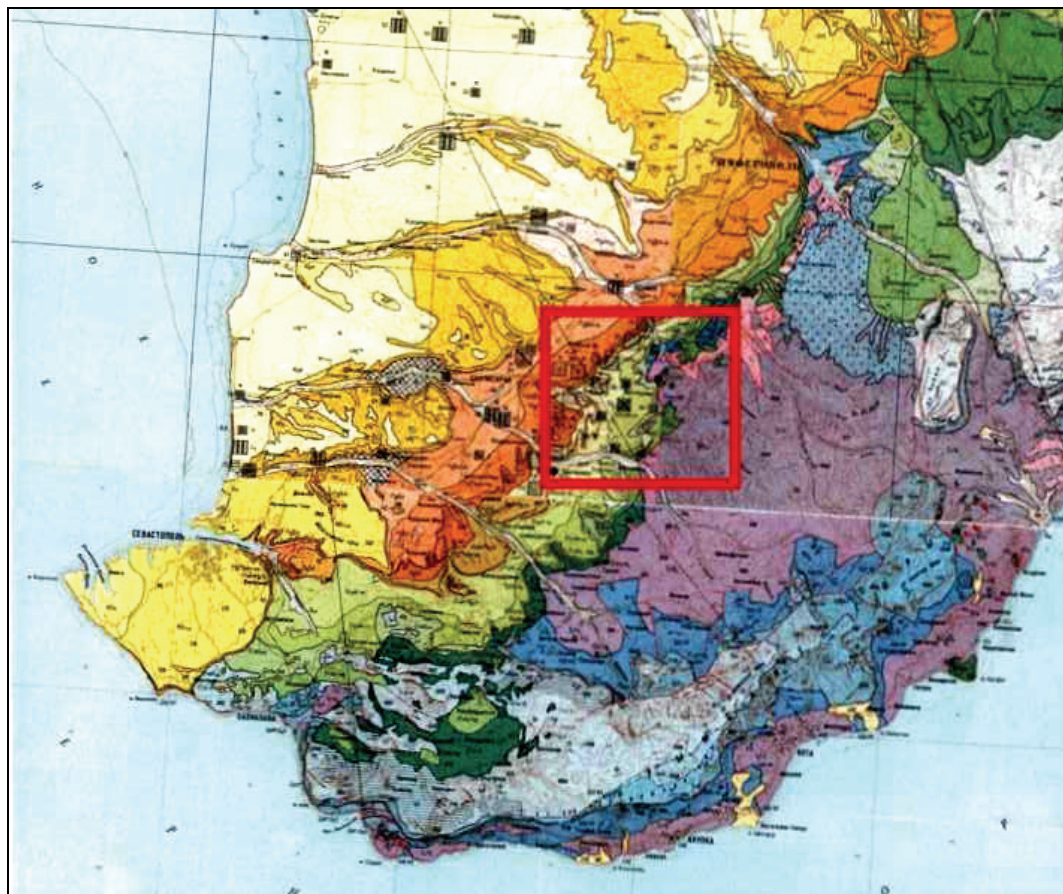


Рис. 1. Фрагмент геологической карты Горного Крыма [10].

Местоположение района исследований
окоптурено квадратной рамкой

Почвообразующие породы в районе представлены:

— в пределах киммерийского геосинклинального комплекса аргиллитами, алевролитами и песчаниками таврической серии (T_3-J_1tv) в юго-восточной части изучаемой территории, глинами с олистолитами известняков и песчаников мендерской свиты (J_2md), флишеидное чередованием глин и кварцевых песчаников джидаирской свиты (T_3dj) и вулканогенными породами бодракской свиты позднебайосского возраста [10—12];

— в пределах эпикиммерийского субплатформенного комплекса плотными и рыхлыми песчаниками с горизонтами глинистых алевролитов резанской свиты (K_1v-g_1), «цефалоподобными» известняками каясджилгинской свиты ($K_1g_2-br_2$), глинами биасалинской свиты (K_1br-ap_2), глинами, фангломератами и косослоистыми песчаниками мангушской свиты ($K_1al_3^1$), глауконит-кварцевыми песчаниками высокобугорской свиты ($K_1al_3^{2-3}$), мергелями белогорской свиты (K_2cm-t_1), известняками прохладненской свиты (K_2t_2-k), мергелями с прослоями киловых глин кудринской свиты ($K_2st-m_2^1$), песчаниками старосельской свиты ($K_2m_2^2$), а на северо-востоке — отложениями палеогена (мшанково-криноидными извест-

няками Белокаменской свиты (Pg_{1d-m}), мергелями качинской свиты (Pg_{1t}), глинами бахчисарайской свиты (Pg_{2i}) и нуммулитовыми известняками симферопольской свиты (Pg_{2l}) [10—12].

Долины постоянных и временных водотоков заняты аллювиальными и пролювиальными отложениями: слабосортированными русловыми галечниками, щебнем, дресвой в супесчано-суглинистом заполнителе [15].

Характеристика почвенного и растительного покрова. *Почвенный покров* исследуемого района весьма разнообразен ввиду пересеченного рельефа Горного Крыма и выхода на дневную поверхность материнских пород различного генезиса и состава.

Почвы второй гряды Горного Крыма представлены перегнойно-карбонатными и дерново-карбонатными разностями, бурыми лесными и бурыми горно-лесными остепненными почвами, остаточными карбонатными черноземами, коричневыми горно-щебнистыми почвами [1; 2; 3]. В ходе наших полевых исследований 1998—2002 гг. [5; 6; 8; 21] была проведена почвенная съемка в масштабе 1 : 25 000 и выделены семь доминирующих типов почв: на водоразделах — дерново-карбонатные на элювии известняков, мергелей и доломитов, дерновые на песчаниках, буроземы на андезито-базальтовых лавах, черноземовидные карбонатные на нуммулитовых известняках, terra rossa на карбонатных глинах и анкеритах. На крутых склонах, преимущественно представленных каменисто-щебнистыми образованиями, распространены литоземы, на почвообразующих породах разного генезиса и состава. В долинах постоянных и временных водотоков — аллювиально-луговые почвы (аллювиально-луговые слоистые и аллювиально-луговые глинисто-щебнистые).

В *растительном покрове* на исследуемой территории преобладают леса из дуба пушистого, занимающие преимущественно северную и центральную часть участка. Дуб скальный произрастает в наиболее возвышенной юго-восточной части района. Кизилловые и грабниковые дубняки развиты на севере исследуемой территории. В районе также распространены древесно-кустарниковые (шибляк) и полуантропогенные травянистые формации остепненных лугов (в центре и на юге), луговых степей (на севере), которые в той или иной степени деградировали вследствие длительного периода экстенсивного хозяйственного использования территории. Травянистые формации естественной растительности в бассейне р. Бодрак практически не сохранились [16; 17].

Методы исследований. *Комплексные полевые эколого-геохимические исследования* (1996—2002 гг.) включали изучение почвенно-растительного покрова территории и почвенных разрезов, с отбором образцов на определение общего и группового состава гумуса. В результате полевых работ было отобрано 226 проб почв и растений, отражающих разнообразие почвенно-растительного покрова и горных пород.

Лабораторные методы включали *эмиссионно-спектральный анализ* для определения концентраций химических элементов в пробах почв, донных отложений, растительности (чувствительность метода 10^{-3} — $10^{-4}\%$) и метод мокрого сжигания по И.В. Тюрину для оценки общего содержания органического углерода в почвах.

Для образцов, в которых на базе спектрального полуколичественного эмиссионного анализа установлены аномальные концентрации изученных элементов, был дополнительно проведен *рентгено-флюорисцентный элементный анализ* (РФА СИ) в Институте химической кинетики и горения Сибирского отделения РАН (ИХКиГ СО РАН) г. Новосибирска [13]. Определялось содержание 40 элементов в почвах, горных породах и донных отложениях. Чувствительность метода составляет 10^{-4} — $10^{-6}\%$.

На первом этапе статистической обработки применялся однофакторный дисперсионный анализ для оценки связи содержания микроэлементов в почвах с почвообразующими породами для всех отобранных проб (226).

На втором этапе методом корреляционного анализа (выборка в 157 образцов почв и растений) оценивалась теснота связи содержания микроэлементов в почвах и растительности.

На третьем этапе из всех изученных образцов почв, подвергнутых вышеперечисленным видам анализа, было отсортировано 136 образцов. Критерием отбора послужила полнота данных по содержанию гумуса, уровню карбонатности почвообразующих пород и ряду других факторов, которые будут подробно рассмотрены ниже. Полученная выборка была подвергнута кластерному анализу для идентификации в пределах исследуемой территории районов, наиболее близких по содержанию, миграции и аккумуляции вышеперечисленных элементов и дифференциации природных и техногенных факторов риска.

Влияние структурно-тектонического фактора на эколого-геохимические условия района. Исходя из изложенного выше материала, почвообразующие породы в пределах исследуемых структурно-тектонических комплексов представлены широким диапазоном литологических разностей пород. На 2003 г. выборка по 9 элементам включала до 226 данных по содержанию каждого из них в почвах. В результате *однофакторного анализа* было установлено, что содержание меди колеблется от 2,5 до 150 мг/кг в почвах в пределах эпикиммерийского субплатформенного комплекса (ЭСПК), и от 10 до 180 мг/кг в почвах, сформировавшихся в районе киммерийского геосинклинального комплекса (КГСК). При этом в 50% образцов почв ЭСПК содержание меди свыше 20 мг/кг, но не превышает 50 мг/кг, а для почв КГСК колеблется от 37 до 60 мг/кг. Среднее содержание меди в почвах в пределах ЭСПК составило 39,8 мг/кг, а для почв КГСК соответственно 55,04 мг/кг.

Похожая картина зависимости содержания элементов в почвах в пределах двух структурно-тектонических комплексов наблюдалась для цинка, никеля и кобальта. Помимо перечисленных тяжелых металлов в пределах КГСК наблюдалось более высокое содержание хрома, ванадия и молибдена. Их среднее содержание и ряд других статистик в ЭСПК превышают аналогичные характеристики в КГСК.

Для свинца значительных отклонений его содержания в почвенном покрове в зависимости от смены почвообразующих пород и структурно-тектонических условий не выявлено. По-видимому, его содержание в почвах исследуемого района в большей степени зависит от техногенного фактора. Для стронция наблюдалась значительно более высокое содержание в почвах в пределах ЭСПК (около

200 мг/кг), чем в пределах КГСК (около 100 мг/кг). Это может быть объяснено карбонатным составом пород ЭСПК, поскольку геохимия стронция тесным образом связана с геохимией кальция.

Максимальное содержание ряда элементов (цинк — 242 мг/кг, кобальт — 240 мг/кг) в пределах ЭСПК превышает их содержание в почвах КГСК. Однако подобные аномалии связаны с отдельными точками и в целом не влияют на общую картину. Существование их может объясняться целым рядом внешних факторов, не связанных с составом пород двух структурно-тектонических комплексов, в том числе и антропогенным воздействием.

При выполнении однофакторного анализа из выборки были исключены точки, расположенные в долинах постоянных и временных водотоков, а также в пределах сельскохозяйственных угодий, чтобы по возможности исключить влияние факторов латеральной миграции и техногенеза. Поэтому можно утверждать, что различия содержания элементов в почвах двух структурно-тектонических комплексов в значительной степени обусловлены различным составом почвообразующих пород.

Для почв, развитых на мощных аллювиально-делювиальных отложениях в долине реки Бодрака и его притоков, где наряду с содержанием валовых форм элементов в почвообразующей породе на состав почв огромное влияние оказывает латеральная миграция, наблюдается несколько иной состав исследуемых элементов.

Среднее содержание меди в почвах речных долин (50,99) выше, чем в почвах ЭСПК, и ненамного уступает среднему содержанию меди в почвах КГСК. Содержание микроэлементов в 50% образцов колеблется: медь — от 30 до 60 мг/кг, цинк — 56—110 мг/кг, свинец — 15—30 мг/кг, никель — 27,5—60 мг/кг, хром — 50—120 мг/кг, молибден — 5—12 мг/кг. Можно предположить, что более высокое максимальное значение для данных элементов связано с их относительным накоплением в результате водной миграции. Напротив, по содержанию кобальта, ванадия и стронция почвы речных долин уступают почвам КГСК.

В результате анализа зависимости содержания микроэлементов в почвенном покрове от типа почв было установлено: наибольшее содержание некоторых тяжелых металлов зафиксировано для дерново-карбонатных выщелоченных почв (меди — среднее — 60 мг/кг, цинка — 80 мг/кг, никеля — 80 мг/кг, кобальта — 20 мг/кг, хрома — 140 мг/кг). Для с/х почв также отмечено высокое содержание ряда элементов (меди — среднее — 60 мг/кг, цинка — 80 мг/кг, свинца — 25 мг/кг, хрома — 100 мг/кг).

Наиболее низкое содержание большинства перечисленных элементов характерно для литоземов. Также следует отметить, что самое низкое содержание молибдена и стронция отмечено для дерново-карбонатных выщелоченных почв.

Высокое содержание молибдена и ванадия характерно для буроземов, почв, развитых в пределах киммерийского геосинклинального комплекса. По содержанию тяжелых металлов эти почвы занимают промежуточное положение между литоземами и дерново-карбонатными почвами.

Для ряда исследуемых элементов в пределах киммерийского геосинклинального комплекса их содержание превышает установленные для них ПДК и ОДК

[14; 18]. Содержание стронция в почвах КГСК в два-три раза меньше, чем в почвах ЭСПК.

Однофакторный анализ содержания 9 исследуемых элементов в растительном покрове (выборка — размером 157 элементов) выявил, что наибольшее содержание меди характерно для травяных сообществ (от 5 до 35 мг/кг). Травянистые сообщества лидируют также по содержанию цинка, молибдена и стронция. Наибольшее содержание свинца и кобальта отмечено для растительности сельскохозяйственных угодий. В листьях дуба зафиксировано более высокое содержание хрома и ванадия.

Значимые положительные корреляционные связи по содержанию микроэлементов в почвах и в растениях были отмечены только для меди и для хрома в пределах КГСК. Для ванадия в образцах, отобранных из района ЭСПК, и молибдена в образцах, отобранных в пределах КГСК, наблюдались значимые отрицательные связи в анализируемой системе «почва—растение», что может свидетельствовать о том, что данный элемент находится в почве в недоступной для растений форме (табл. 1).

Таблица 1

**Коэффициент корреляции в системе «почва—растения»
на киммерийском (бескарбонатном) и эпикиммерийском (карбонатном) комплексе**

Элементы в системе «почва — растения»	Структурно-тектонический комплекс:	
	киммерийский (КГСК)	эпикиммерийский (ЭСПК)
Cu	0,565	0,443
Zn	-0,347	0,021
Pb	-0,123	-0,414
Ni	0,192	0,144
Cr	0,547	-0,086
V	-0,210	-0,426
Mo	-0,423	-0,070
Sr	-0,300	0,377

Оценивая влияние горных пород на содержание элементов в растительности, не следует пренебрегать таким фактором, как видовая специализация. Исследуя данный вопрос на основе той же базы данных, мы установили, что наибольшая концентрация меди характерна для ромашки, цинка и молибдена для осоки, кобальта, ванадия и хрома для тысячелистника, никеля для дуба, стронция для осоки и клевера. Для ряда исследуемых элементов в системе «почва—растения» были выявлены значимые положительные корреляционные связи (табл. 2).

Таблица 2

Корреляция элементов в системе: «растения—почва»

	Тысячелистник	Листья дуба	Клевер	Ромашка	Укос	Всего
Cu	-0,46	0,51	0,53	-0,17	0,213	0,234
Pb	0,21	0,29	-0,13	0,709	0,154	0,154
Ni	0,42	-0,11	0,76	0,015	0,116	0,116
V	0,47	-0,28	0,52	0,581	0,065	0,065
Mo	0,14	-0,08	0,03	0,333	-0,044	-0,044
Sr	0,83	-0,30	-0,04	0,541	-0,324	-0,324
Zn	-0,069	-0,296	0,265	0,517	-0,027	-0,027
Cr	0,26	-0,15	0,64	0,459	-0,087	-0,087

Результаты кластерного анализа. На основе единой базы данных (выборка — 136 данных по содержанию каждого из 9 элементов в почвах) был выполнен **кластерный анализ** с целью установления в пределах исследуемой территории районов, наиболее близких по содержанию вышеупомянутых элементов в почвах, и анализа природных и техногенных факторов, влияющих на их миграцию и аккумуляцию в системе «почва—растение».

Параметрами построенной дендрограммы (рис. 2) были взяты девять ландшафтно-литологических факторов: гумус в A_1 (%), проективное покрытие (%), залесенность (%), мощность горизонта A_1 (см), крутизна склона (град.), вертикальная (м) и горизонтальная ($\text{км}/\text{км}^2$) расчлененность рельефа, карбонатность горных пород (%), их гранулометрический состав (песок/суглинок) и содержание 9 элементов (медь, цинк, свинец, никель, кобальт, хром, ванадий, молибден, стронций) в почвах (всего 18 параметров). Было построено три дендрограммы — по содержанию 9 элементов, по 9 ландшафтно-литологическим факторам и по всем 18 параметрам. В результате наиболее четкие пространственные взаимосвязи были установлены только для последней из них.

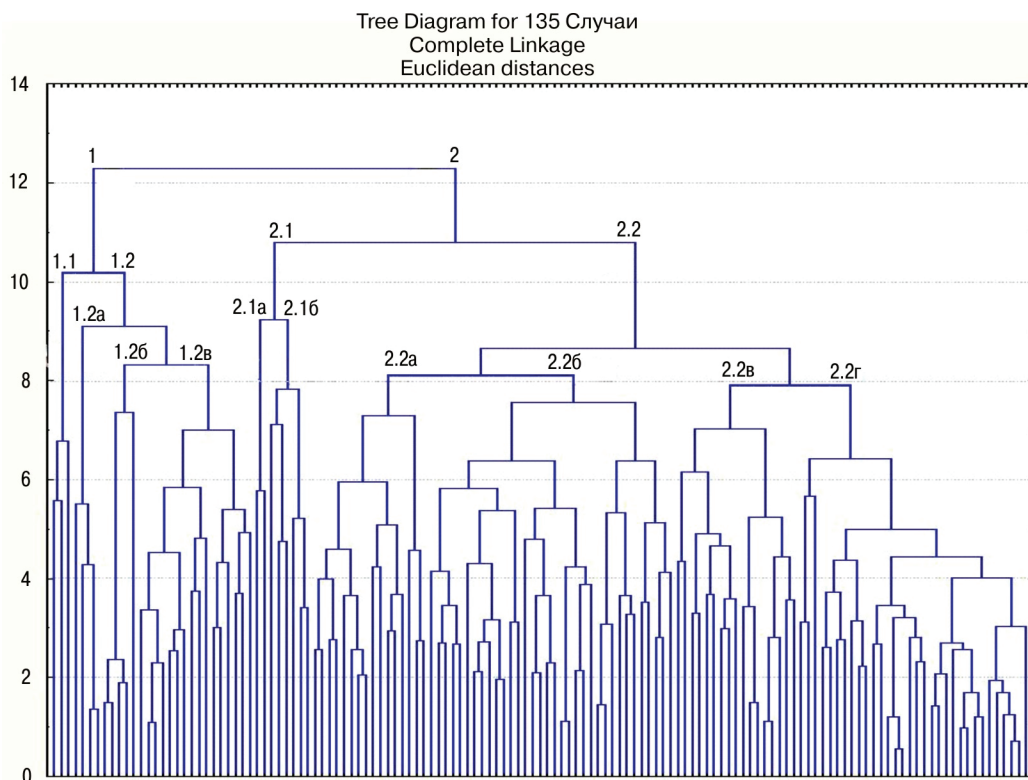


Рис. 2. Дендрограмма по содержанию 9 элементов в почвах и 9 факторам, влияющим на их миграцию.

- 1.1 — 3 точки — тальвег и склон оврагов и долина р. Бодрак, на карбонатных породах мела, перекрытые аллювиальными галечниками или пролювиальными суглинками.
- 1.2 — 25 точек — вершины и склоны, на бескарбонатных отложениях триаса — юры.
- 2.1 — 8 точек — вершины и склоны г. Сель-Бухра и г. Мендер, на карбонатных породах.
- 2.2 — 99 точек — преимущественно на карбонатных породах, а также в долинах постоянных и временных водотоков, на бескарбонатных четвертичных суглинках

В результате анализа дендрограммы по всем 18 параметрам выявлено два геолого-геоморфологических района, различающихся по содержанию исследуемых элементов в почвах: 1) долины постоянных и временных водотоков и водораздельные поверхности на карбонатных породах палеогена и мела и 2) водораздельные поверхности на бескарбонатных породах триасового и юрского периодов. По условиям миграции элементов установлены различия между северными и южными склонами квест исследуемой территории, существенно различающихся интенсивностью биологического круговорота.

Совокупный анализ всех вышеперечисленных параметров для тех же точек (для той же выборки) позволил установить наличие следующих кластеров.

Две основные группы, дифференцируемые на высшем уровне, объединили:

— 28 точек, расположенных преимущественно в пределах киммерийского геосинклинального комплекса на бескарбонатных четвертичных отложениях;

— 107 точек, приуроченных к району распространения эпикиммерийского субплатформенного комплекса (на карбонатных породах).

Этот факт подтвердил значение горных пород (литогенного фактора) в районе исследований как ведущего источника химических элементов в почвах и фактора, определяющего особенности их миграции.

Анализ кластеров нижних уровней сверху вниз позволил выявить следующие группы районов, связанные с положением в рельефе, в том числе опосредованным типом отложений (рис. 2).

На этом этапе, наряду со значением состава горных пород, большое влияние при дифференциации территории приобретает рельеф. Влияние других исследуемых факторов пока минимально.

Продолжая анализировать дендрограмму, мы выделили еще десять кластеров следующего уровня взаимосвязи:

1.1. — 3 точки — без изменений;

1.2. — а) 4 точки — мендерская свита (глины с известняками и песчаниками) и пролювиальные суглинки, б) 5 точек — преимущественно вулканогенные породы бодракской свиты или перекрывающие их отложения верхнего мела, в) — 16 точек — аргиллиты, алевролиты и песчаники таврической серии, а также бескарбонатные четвертичные суглинки в долинах временных водотоков;

2.1. — а) 2 точки — тальвег и склон оврагов, на карбонатных породах мела, б) 6 точек — карбонатные породы раннего мела;

2.2. — а) 16 точек — в долинах постоянных и временных водотоков, преимущественно по тальвегу, исключение — бескарбонатные четвертичные отложения на юго-востоке исследуемой территории, б) 34 точки — в долинах постоянных и временных водотоков, преимущественно борта, склоны, на бескарбонатных породах, в) 17 точек — на вершинах и пологих склонах квест, карбонатные породы ЭСПК (палеоген и мел), г) 32 точки — на карбонатных породах, преимущественно нижнего мела.

Для совокупности данных для каждого кластера были рассчитаны коэффициенты корреляции между всеми анализировавшимися параметрами. Таким об-

разом, определялось индивидуальное влияние каждого из исследуемых параметров на другой параметр, в пределах выделенных в ходе кластерного анализа территорий, сходных по содержанию элементов в почвах и условиям, влияющим на их накопление.

Для районов распространения КГСК — кластер 1 (28 точек) характерны: отрицательная взаимосвязь между проективным покрытием и залесенностью ($-0,783$), горизонтальной расчлененностью ($-0,444$) и карбонатностью почв ($-0,474$). Залесенность, напротив, положительно взаимосвязана с карбонатностью почв, что соответствует данным полевых маршрутных наблюдений. Полевые данные подтверждают, что леса в пределах выделенного кластера характеризуются слабо развитым травяным покровом и приурочены преимущественно к пологим склонам квест бронируемым карбонатными породами. Исключение составляют лесопосадки.

Содержание гумуса и мощность гумусового горизонта практически не оказывают влияние на содержание элементов в почвах первого кластера, что, по-видимому, объясняется слабо развитым почвенным покровом. Значительная отрицательная связь содержания кобальта и стронция с плотностью проективного покрытия ($-0,4$) и положительная связь с залесенностью территории ($0,5$) может быть объяснена видовой специализацией растений.

На содержание кобальта ($0,468$), а также цинка ($0,602$) заметное влияние оказывает также карбонатность почвообразующих пород. Размер выборки кластеров 1.1, 1.2а, 1.2б не позволил применить метод парной корреляции. Для кластера 1.2в наблюдались те же закономерности, что и для всего кластера 1. Для кластера 2.1 (8 точек) зафиксирована положительная взаимосвязь мощности горизонта A_1 ($0,505$) и содержания гумуса ($0,692$) от плотности проективного покрытия растительности и высокая отрицательная связь всех перечисленных параметров с залесенностью. Леса в пределах данного кластера, как правило, вторичны, на слабо развитых сильно смытых почвах. Наблюдались также отрицательная взаимосвязь содержания гумуса в горизонте A_1 и гранулометрического состава ($-0,5$) и положительная ($0,46$) мощности горизонта A_1 и гранулометрического состава. Для кластера 2.2а (16 точек) можно отметить незначительные связи всех исследуемых параметров, за исключением положительной связи «мощность A_1 — проективное покрытие» и отрицательной «мощность A_1 — залесенность». По содержанию элементов в почве можно отметить высокую положительную связь между содержанием свинца и гумуса в горизонте A_1 , что, по-видимому, свидетельствует о наличии биогеохимического барьера. Для меди и цинка отмечена отрицательная связь с плотностью проективного покрытия и мощностью горизонта A_1 , по-видимому, они прочно связаны с карбонатами. Для никеля обнаружена положительная взаимосвязь с гранулометрическим составом ($0,474$); для хрома, молибдена и ванадия — отрицательная взаимосвязь с мощностью A_1 и карбонатностью пород, для стронция — отрицательная связь ($-0,505$) с крутизной склона, однако влияние перечисленных факторов на миграцию указанных элементов требует дальнейшего изучения. Для кластера 2.2б (34 точки) характерны положительная связь

содержания гумуса в горизонте A_1 , проективного покрытия и карбонатности пород, и отрицательная связь содержания гумуса и залесенности, по-видимому, по той же причине, что и для кластера 1. Все исследуемые параметры незначительно влияют на содержание выбранных элементов в почве. Тем не менее, отмечена положительная связь содержания кобальта и плотности проективного покрытия (0,408). С другой стороны, выявлены отрицательные связи кобальта и стронция с горизонтальной расчлененностью. По-видимому, на содержание этих элементов здесь большое влияние оказывает водная миграция.

Для кластера 2.2в (17 точек) было выявлено: высокая положительная взаимосвязь содержания гумуса, залесенности территории (0,729) и гранулометрического состава почв (0,823), отрицательная связь гумуса, проективного покрытия и крутизны склонов, а также незначительное влияние содержания гумуса на содержание исследуемых элементов в почве. Наблюдалась также высокая положительная связь карбонатности пород с вертикальной расчлененностью территории (0,642) и отрицательная связь с горизонтальной расчлененностью (–0,790), что может быть объяснено моноклинальным залеганием пород. Для всех элементов характерна положительная взаимосвязь с плотностью проективного покрытия, за исключением стронция (–0,472). Для стронция можно отметить также положительную взаимосвязь с крутизной склона, вертикальной расчлененностью и карбонатностью пород.

Для кластера 2.2г (32 точки) характерна высокая отрицательная связь для пар «карбонатность пород — гранулометрический состав» и «содержание гумуса — горизонтальная расчлененность». Положительная связь, отмеченная для залесенности территории и крутизны склонов, объясняется преимущественно искусственной залесенностью склонов в пределах рассматриваемой территории (лесопосадки).

Для исследуемых элементов отмечена отрицательная связь их содержания в почве с карбонатностью почвообразующих пород (от –0,52 до –0,89), за исключением стронция (0,439). Следует также отметить положительную связь никеля и молибдена с мощностью A_1 и отрицательную связь кобальта и хрома с плотностью проективного покрытия.

Таким образом, статистический анализ установил 1) ведущую роль геолого-структурных факторов в формировании эколого-геохимических условий в бассейне р. Бодрак; 2) антропогенные факторы проявляют себя только на локальных участках.

Заключение. Анализ эколого-геохимической обстановки позволяет заметить, что повышенное содержание меди в почвах, на локальном уровне, приурочено в основном к тальвегам крупных оврагов (Шара, Мендер, Мангушский), а также прирусловой части р. Бодрак, что обусловлено преобладанием миграции меди в водной среде и ее накоплением в нижних аккумулятивных звеньях эрозионной сети. Обращает внимание, что почти все выделенные аномалии содержания меди в растительности (подножие юго-восточного склона г. Мендер Крутой, юго-восточная часть русла Бодрака) пространственно соответствуют местополо-

жению современных пахотных угодий или использовались ранее под садовые культуры.

Максимальная концентрация цинка выявлена в почвах и растительности, отобранных в районе распространения пород вулканогенно-осадочного комплекса.

Повышенные концентрации исследованных элементов в почвах преимущественно связаны с составом почвообразующих пород, а в растительности — с районами накопления подвижных форм этих элементов, преимущественно в долине р. Бодрак и ее основных притоков.

Повышенное содержание цинка, никеля, кобальта и хрома в почвах характерно в основном для долин постоянных и временных водотоков. В растительности цинк и никель концентрируется преимущественно в районах, используемых в сельском хозяйстве. С точки зрения природных геохимических аномалий наибольшая концентрация цинка отмечена в почвах и растительности в районе вулканогенно-осадочного комплекса.

Таким образом, проведенный анализ данных показал, что содержание всех исследуемых элементов, за исключением стронция, в почвах, развитых в пределах эпикиммерийского субплатформенного комплекса, значительно ниже (для ряда биофильных элементов выявлены аномалии недостатка), чем в почвенном покрове в районе киммерийского геосинклинального комплекса.

Аномалии избытка токсичных элементов в почвах и растениях зафиксированы в пределах развития бескарбонатных пород и в долине р. Бодрак.

Можно констатировать, что в пределах изученного района в формировании эколого-геохимических условий основной вклад вносят природные факторы, влияние техногенных факторов проявляется только на локальном уровне в пределах сельхозугодий, расположенных в долине реки и временных водотоков.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Антипов-Каратаев И.Н., Прасолов Л.И. Почвы Крымского государственного лесного заповедника и прилегающих местностей. — Л.: Академия наук СССР, 1932.
- [2] Атлас. Автономная Республика Крым // А.И. Бочковская, Б.А. Вахрушев, С.А. Карпенко и др. / Ред. коллегия Н.В. Багров, Л.Г. Руденко. Институт географии НАН Украины, Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, ЗАО «Институт передовых технологий». — Киев-Симферополь, 2003.
- [3] Багров Н.В., Багрова Л.А., Бобра Л.А. и др. Экология Крыма / Под ред. Н.В. Багрова и В.А. Бокова. — Симферополь: Крымучпедгиз, 2003.
- [4] Барбошкин Е.Ю. Путеводитель геологической экскурсии. Школа седиментологии «Карбонатные коллекторы». — М.: МГУ, 2007.
- [5] Барбошкина Т.А., Березкин В.Ю., Ермаков В.В., Еришов А.Ю. и др. Комплексные полевые эколого-геологические исследования бассейна реки Бодрак // Полевые студенческие практики в системе естественнонаучного образования вузов России и зарубежья. — СПб.: СПбГУ, 2002. — С. 13—15.
- [6] Барбошкина Т.А., Березкин В.Ю., Ермаков В.В., Карпова Е.А. и др. Эколого-геологические условия бассейна р. Бодрак (Крымско-Кавказская горная зона) // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде. — Семипалатинск, Казахстан, 2006. — Т. 2. — С. 441—447.

- [7] *Барбошкина Т.А., Никитин М.Ю., Никулин М.Ю. и др.* Геохимические и геофизические факторы экологического риска междуречья Качи и Бодрака (Юго-западный Крым). Устойчивое развитие горных территорий. — Владикавказ, 2001.
- [8] *Березкин В.Ю., Барбошкина Т.А.* Картографирование почвенного покрова территории междуречья рек Бодрака и Качи (Горный Крым) // Тезисы докладов III съезда Докучаевского общества почвоведов. Книга 3. — М., 2000. — С. 15—16.
- [9] *Березкин В.Ю., Баранов Ю.Б., Туров А.В. и др.* Компьютерное картографирование Крымского геологического полигона // Наука, образование, производство в решении экологических проблем. — Уфа, 2002. — С. 386—388.
- [10] Геологическая история Бахчисарайского района Крыма // А.М. Никишин, Е.Ю. Барбошкин, Л.Ф. Копаевич и др. / Под ред. А.М. Никишина. — М.: Изд-во МГУ, 2006.
- [11] Геологическое строение междуречья Качи и Бодрака / Под ред. О.А. Мазаровича — М.: Изд-во МГУ, 1989.
- [12] *Косинова И.И., Барбошкина Т.А.* Практикум к учебной полевой практике по экологической геологии / Под ред. В.Т. Трофимова. — Воронеж: ВГУ, 2006.
- [13] *Куценогий К.П.* РФА СИ в биогеохимических исследованиях / Актуальные проблемы геохимической экологии. Материалы V Международной биогеохимической школы. — Семипалатинск, Казахстан, 2005. — С. 55—57.
- [14] *Лошкарёва А.А., Гаврилова И.П., Барбошкина Т.А.* Ландшафтно-геохимическая карта бассейна р. Бодрак (Вторая гряда Крымских Гор) / Сергеевские чтения. Вып. 4. — М.: ГЕОС, 2003. — С. 45—49.
- [15] *Никитин М.Ю., Седаева К.М., Майорова Т.П.* Путеводитель по первой Крымской геологической практике: Учебное пособие. Ч. I. — М.: Изд-во МГУ, 2004.
- [16] *Павилова Т.В., Солнцев В.Н.* Изучение ландшафтов Горного Крыма (для решения задач экологической геологии). Экологическая геология и рациональное недропользование. — СПб., Россия, 2002. — С. 294—295.
- [17] Природные комплексы Крыма, их оптимизация и охрана. — Симферополь: Изд-во СГУ, 1984.
- [18] *Титаренко А.А., Лошкарёва А.А., Прошлякова О.Д. и др.* Влияние различных факторов на миграцию элементов в системе «почва—растение» на примере Горного Крыма / Экологическая геология и рациональное недропользование. — СПб, Россия, 2002. — С. 334—335.
- [19] *Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Барбошкина Т.А. и др.* Эколого-геологические карты // Под ред. В.Т. Трофимова. — СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002.
- [20] *Baraboshkina T.A., Berezkin V.Y., Klueva O.A.* An Ecological-geochemical evaluation of Mountain Crimea Region // European Union of Geosciences. The Earth Environment — Human Health — Ecosystem Health. J01: 3P/05 : PO. — P. 50.
- [21] *Baraboshkina T.A., Loshkareva A.A., Berezkin B.U.* Ecological geochemical conditions of a country between Kacha and Bodrack // Mineral Deposits at the Beginning of the 21st Century / Krakov / Poland. 2001. — P. 1027—1029.
- [22] *Baraboshkina, T.A., Loshkareva, A.A., Golovanov, D.L. and Berezkin V.I.* Engineering-Ecological Conditions of Agricultural Territories of the Crimea Mountain pp. 857—864 // proceedings (CD-ROM) / The 9th Congress IAEG «Engineering Geology for Developing Countries» 2002 — Durban, South Africa / Editors J.L. van Rooy and C.A. Jermy DTT 1948.

**ECOLOGY-GEOCHEMICAL CONDITIONS
OF TERRITORY BASIN OF BODRAK RIVER
(The Crimean-Caucasian mountain zone)**

T.A.Baraboshkina

Lomonosov Moscow State University
Leninskiye Gory, 1, Moscow, Russia, 119899

V.U. Berezkin, E.M. Korobova, E.A. Karpova

Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry
Russian Academy of Sciences
Kosygin str., 19, Moscow, Russia, 119991

K.P. Koutsenogii, T.I. Savchenko

Institute of Chemical Kinetics and Combustion Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences
Institutskaya str., 3, Novosibirsk, Russia, 630090

There are results of researches the distributions elements (copper, zinc, lead, nickel, cobalt, chrome, vanadium, molybdenum and strontium) in soils and plants on test side in basin of Bodrak-river (Mountain Crimea). There are carbonate rocks of Epikimmerian complex and terrestrial deposit of Kimmerian complex in this region. Influence of such rocks to differentiation this elements in soils and plants had been show by method of correlation analysis. Also, contaminations of such elements are depended from alluvial quaternary sediment and of agricultural works.