

Эколого-геохимические исследования почв на территории Армянско-Красноперекопского района (северный Крым)

Аблаева Л.А.¹, Новикова Л.Н.²

1 – Институт геохимии окружающей среды НАН Украины и
МЧС Украины, Киев, Украина

2 – Крымское отделение Украинского государственного
геологоразведочного института, Симферополь, Украина

На основании ранее проведенных геохимических исследований территории Северного Крыма, дана оценка химического загрязнения почв с. Перекоп (по суммарному показателю загрязнения), располагающееся в 3 километрах от химического предприятия "Титан", которое представляет угрозу для окружающей среды и здоровью рядом проживающего населения. Протяженные и контрастные техногенные аномалии химических элементов прослежены по всей территории с. Перекоп. Содержания отдельных элементов в почвах достигают 22,3 ПДК, а в корнеплодах овощей в 3–7 раз превышают ПДК.

Введение. По степени загрязненности территорию Крыма можно разделить на 5 групп [1]: 1 – условно чистые; 2 – умеренно загрязненные; 3 – загрязненные; 4 – сильно загрязненные; 5 – чрезмерно загрязненные. Армянско-Красноперекопский район относится к категории сильно загрязненных и чрезмерно загрязненных территорий и находится в степной зоне северного Крыма.

Техногенное загрязнение почв, как одного из компонентов техногенных систем, изучено путем выявления соответствующих почвенно-геохимических аномалий и определения их параметров.

Учеными-геохимиками Крымского отделения Украинского государственного геологоразведочного института, Крымской академии природоохранного и курортного строительства, Крымской комплексной геологоразведочной партией на территории Армянско-Красноперекопского района выполнены эколого-геохимические исследования почв. Карты масштаба 1 : 10000 – 1 : 100000 позволяют параметрически охарактеризовать основные типы техногенных систем полуострова – промышленный, горнодобывающий, сельскохозяйственный, водохозяйственный, транспортный, энергетический и селитебный [2].

Задача исследований. Установить закономерность распределения тяжелых металлов (ТМ) в техногенно-загрязненных почвах с. Перекоп Армянско-Красноперекопского района.

Объекты и методы исследования. Отбор проб производили с глубины 0–5 см. Опробование в точке проведено "конвертом" в соответствии с требованиями ГОСТ. При этом произведено исследование почв (газоны, клумбы, палисадники, прибрежные пустыри и т. д.). Масса пробы составляла 0,3–0,5 кг, количество проб – 40. Опробованы суглинки лугово-каштановых солонцеватых почв.

Концентрации токсичных химических элементов в пробах почв определяли с помощью спектрального и атомно-абсорбционного методов анализа. Подвижная форма тяжелых металлов в пробах почв определена в вытяжке аммонийно-ацетатного буфера с pH 4,2–4,8 [3]. Также одновременно с почвенно-геохимическим опробованием на территории с. Перекоп был выполнен биогеохимический анализ. Объектом опробования были корнеплоды моркови и картофеля, капуста, баклажаны. Количество проб – 15. Пробы проанализированы с помощью атомно-абсорбционного метода на медь, цинк, свинец, кадмий [4].

Исследование почв. На территории Армянско-Красноперекопского района проведена оценка [5, 6] химического загрязнения поверхности по суммарному показателю загрязнения Z_C , для санитарно-гигиенической оценки учитывалось превышение над естественным фоновым

содержанием суммы содержаний токсичных элементов, находящихся в почве. Этот показатель рассчитывается по формуле [7]:

$$Z_C = \sum_1^n K_k - (n - 1),$$

где $K_k = C_i / C_\phi$, C_i – содержание элемента в точке опробования; C_ϕ – значение нормального геохимического фона; n – число суммируемых элементов, образующих техногенную аномалию.

Суммарный показатель загрязнения рассчитан для 11 токсичных элементов, характерных для данного района – Cu, P, F, Hg, Cr, Pb, Zn, As, Ti, Sb, Mn. Выделено 5 категорий загрязнения, Z_C : 1 – чрезвычайно опасная (128–1100); 2 – опасная (32–128); 3 – умеренно опасная (16–32); 4 – средняя (8–16); 5 – слабая (4–8).

Территория исследования находится в зоне весьма активной техногенной деятельности, связанной с промышленным и сельскохозяйственным производством. Наиболее развита химическая отрасль промышленности, земледелие (полеводство и рисоводство), животноводство, водохозяйственная деятельность (отбор подземных вод, орошение, гидротехническое строительство), а также функционирование транспортных и селитебных систем.

Крупные предприятия – ЗАО "Титан", Сивашский анилино-красочный завод, Крымский содовый завод и Перекопский бромный завод.

В результате хозяйственной деятельности происходит загрязнение геологической среды токсичными веществами, ухудшение качества подземных вод, площадные изменения естественного уровня и режима подземных вод под воздействием водоотбора и орошения.

ЗАО "Титан", функционирующий с 1968 г. на привозном сырье, служит самым крупным в районе источником загрязнения атмосферного воздуха, грунтов и подземных вод. На предприятии находятся 97 основных источников загрязнения атмосферного воздуха, из которых 24 источника не оснащены очистными установками. Ежегодные выбросы вредных веществ составляют 28,5 тыс. т. в год, в т. ч. твердых – 4,3 тыс. т. Основными факторами техногенного воздействия на подземные воды в пределах Армянско-Красноперекопского района служат орошение (в т. ч. временное заливание рисовых чеков), водоотбор, инфильтрация из шламонакопителей заводов. В результате комплексного воздействия техногенных факторов произошли площадные изменения режима и качества подземных вод.

Село Перекоп располагается на 3 км юго-восточнее предприятия ЗАО "Титан". На его территории нами проведена площадная поверхностная литохимическая съемка в масштабе 1 : 10000 (шаг опробования 100 м). Опробованы лугово-каштановые солонцеватые почвы в комплексе с лугово-степными солонцами. Работы выполнены в рамках международного проекта "Задорожня здоров'я людини від впливу загрязненням оточуючої середовища".

Результаты. При проведении исследований установлены химические элементы, формирующие техногенное загрязнение почв и сельскохозяйственной продукции.

По расчету суммарного показателя загрязнения территория с. Перекоп относится к умеренно опасной и опасной категории загрязнения (Z_C от 8 до 32). По данным биогеохимического опробования фруктовых деревьев в стадии плодоношения установлены биогеохимические аномалии свинца (20–50 мг/кг), хрома (40–60 мг/кг), фосфора (20–25 г/кг), титана (500 мг/кг).

В табл. 1 показано, что основными элементами техногенного загрязнения почв с. Перекоп служат: свинец, цинк, медь, ртуть, фосфор, хром, молибден, мышьяк, сурьма, бериллий, стронций, фтор. Протяженные и контрастные техногенные аномалии этих элементов прослежены в различных частях территории с. Перекоп. Содержание мышьяка в почвах достигает 22,3 ПДК (табл. 1).

Выделение техногенных литохимических аномалий проведено на основе определения фона химических элементов в суглинках верхней части перегнойно-аккумулятивного горизонта лугово-каштановых солонцеватых почв. По данным поверхностной литохимической съемки, выполненной на территории с. Перекоп, установлены контрастные аномалии большой группы токсичных химических элементов I, II и III классов опасности. Наибольшее развитие имеют

Таблица 1. Содержание токсичных химических элементов и коэффициенты концентрации их в почвах с. Перекоп

Элементы	C_{ϕ} [8], мг/кг	Содержание элемента, мг/кг		Коэффициент концентрации			
		(по фону) $K_k = C_i/C_{\phi}$		(по ПДК) $K_{PDK} = C_i/SPDCK$			
		min	max	K_k^{min}	K_k^{max}	min	max
Ртуть	0,022	0,032	0,5	1,45	22,73	—	2,5
Свинец	20,0	25	320	1,25	16	—	10,66
Медь	24,5	32	40	1,31	2,0	—	—
Цинк	92	130	290	1,41	3,15	—	—
Сурьма	< 0,25	7,3	23,5	—	—	1,62	5,22
Мышьяк	2,0	21,8	44,6	10,9	22,3	10,9	22,3
Молибден	1,5	2,0	5,0	1,33	3,33	—	—
Стронций	< 320	23,5	205,8	5,9	51,5	—	—
Фосфор	783	1000	3000	1,28	3,83	—	—
Бериллий	2,0	2,5	4,0	0,8	2,0	—	—
Фтор	310	400	—	1,29	—	—	—
Хром	84	120	150	1,43	1,79	1,2	1,5

Примечание. C_i – содержание элемента в точке опробования; C_{ϕ} – значение нормального геохимического фона; ПДК – предельно-допустимая концентрация.

на участках развития техногенных литогеохимических аномалий. Изучены подвижные формы нахождения цинка, меди, никеля и кобальта.

В загрязнении почв с. Перекоп очень важную роль играла подвижная форма нахождения цинка (табл. 2), содержание которой достигает в отдельных почвенно-геохимических пробах 12–15,5 % от валового содержания. Среднее содержание подвижной формы цинка, определенное по 16 почвенно-геохимическим пробам, составляет 7,55 %. Содержание подвижной формы нахождения меди достигает 4 мг/кг, что составляет 10 % от ее валового содержания и превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК подвижной формы – 3 мг/кг).

По результатам определения валового содержания никеля техногенные литогеохимические аномалии на территории с. Перекоп отсутствуют. Содержание подвижной формы никеля в этих же пробах достигает 4,1 мг/кг ($PDK = 4,0$). Из этого следует, что наиболее токсичная подвижная форма никеля маскируется в общем низком валовом его содержании.

Выполнено биогеохимическое опробование на территории с. Перекоп. Объектом опробования были корнеплоды моркови и картофеля, капуста и баклажаны.

В результате выделены биогеохимические аномалии меди, свинца, цинка и кадмия (с учетом предельно допустимых концентраций для свежих овощей, табл. 3). Отмечена обширная (260×520) м аномалия с содержанием меди 0,83–1,71 мг/кг и 2,15 мг/кг. Биогеохимические аномалии свинца пространственно совпадают с техногенными литогеохимическими аномалиями этого элемента. Содержание свинца в аномалиях – 0,64–1,43 мг/кг, ПДК превышена втрое ($PDK = 0,5$ мг/кг). Во всех биогеохимических пробах

почвенно-геохимические аномалии свинца, меди, цинка, сурьмы, мышьяка, молибдена, стронция, фосфора, бериллия, фтора, хрома, ртути.

В пределах территории села выделены участки загрязнения почв 4 категорий по показателю суммарного загрязнения Z_C : слабой, средней (допустимой), умеренно опасной и опасной. Почвы опасной и умеренно опасной категорий занимают ~ 40 % территории.

Поскольку степень (категория) опасности загрязнения почв с. Перекоп лишь отчасти может быть охарактеризована валовыми содержаниями токсичных химических элементов, нами был проведен анализ форм нахождения группы токсичных химических элементов в пробах, отобранных

Таблица 2. Концентрация подвижной формы нахождения цинка в загрязненных почвах с. Перекоп

Валовое содержание элемента, мг/кг	Содержание подвижной формы элемента, мг/кг	Содержание подвижной формы элемента, % от валового
220	41,8	5,26
160	15,1	10,6
180	46	3,9
150	14,7	10,2
200	39,5	5,06
290	52,5	5,52
160	16,4	9,76
130	8,4	15,48
140	19,7	7,11
108	41,8	2,58
160	17,8	8,99
200	42	4,76
170	27,8	6,12
216	24,4	8,85
190	43,6	4,36
130	10,6	12,26

Таблица 3. Предельно-допустимые концентрации тяжелых металлов в сельско-хозяйственной продукции [9]

Элемент	ПДК, мг/кг
Медь	1,0
Цинк	10,0
Свинец	0,5
Кадмий	0,03

содержание кадмия аномально и превышает ПДК в 3–7 раз. Вся исследованная территория с. Перекоп представляет собой обширную биогеохимическую аномалию с содержанием кадмия (0,05–0,09) мг/кг. Содержание цинка в плодах не превысило предельно допустимые нормы.

Выводы. 1. Загрязненность почв с. Перекоп обусловлена пылегазовыми выбросами КПО "Титан", которое располагается в 3-х км северо-западнее села. В пределах территории села выделены участки загрязнения почв 4 категорий: слабой, средней (допустимой), умеренно опасной и опасной. Основными элементами техногенного загрязнения почв с. Перекоп служат свинец, цинк, медь, ртуть, фосфор, хром, молибден, мышьяк, сурьма, стронций, фтор.

2. По данным биогеохимического опробования овощей выявлены комплексные биогеохимические аномалии кадмия, свинца, меди и цинка. Интенсивность загрязнения биообъектов весьма значительна, например, содержание кадмия в 3–7 раз превышает ПДК. Биохимические аномалии пространственно совпадают с литохимическими аномалиями.

3. Указанная загрязненность почв и сельскохозяйственной продукции определяет необходимость проведения ряда срочных природоохранных мероприятий в Армянско-Красноперекопском районе. Необходимы разработка программы перехода ЗАО "Титан" на экологически чистые технологии, обеспечивающие предотвращение всех выбросов с аномальными концентрациями токсичных химических элементов и соединений, а также очистка верхнего слоя почв и почво-грунтов, рекультивация почв на наиболее загрязненных усадьбах ($Z_C = 16-128$).

Следует принять меры по улучшению экологической ситуации в северном Крыму, среди первоочередных задач – развитие экологически чистых прогрессивных технологий, очистка газов и дыма, утилизация твердых и жидких отходов, внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий, возрождение зеленых зон, выполнение комплекса природоохранных мероприятий.

1. Тарасенко В.С. Экологическая и санитарно-эпидемиологическая обстановка в Крыму // Устойчивый Крым. План действий: Научные труды КИПКС. – Киев-Симферополь : Сонат, 1999. – С. 22–29.
2. Новикова Л.Н., Новиков Ю.А. Основные типы эколого-геохимических изменений геологической среды Крыма // Современные проблемы экологического состояния геологической среды Украины. – Киев, 1995. – С. 38–40.
3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 487 с.
4. Обухов А.И., Плеханова О.И. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1991. – 183 с.
5. Тарасенко В.С., Новиков Ю.А., Новикова Л.Н. Опыт использования эколого-геохимической съемки для оценки экологической обстановки в Крыму // Вестник физиотерапии и курортологии. – 1998. – № 3. – С. 68–70.
6. Новикова Л.Н., Новиков Ю.А. Оценка экологического состояния природной среды районов химических предприятий и курортных зон по геохимическим данным // IV Объединенный симпозиум по проблемам прикладной геохимии, посвященный памяти ак. Таусона И.В. – Иркутск, 1994. – С. 76–77.
7. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич и др. – М. : Недра, 1990. – 335 с.
8. Новиков Ю.А., Новикова Л.Н. и др. Типизация эколого-геохимических изменений геологической среды Крыма (применительно к масштабу 1 : 200000). – Отчет по договору 038/20 за 1991–1994 гг. – Симферополь, 1994. – 456 с.
9. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственных и пищевых продуктов : справ. изд. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 45 с.

РЕЗЮМЕ. На підставі раніше проведених геохімічних досліджень території північного Криму, дано оцінку хімічного забруднення ґрунтів с. Перекоп (за сумарним показником забруднення), на 3 км віддаленого від хімічного підприємства "Титан", яке становить загрозу довкіллю і здоров'ю місцевого населення. Витягнуті та контрастні техногенні аномалії хімічних елементів прослідковані на всій території с. Перекоп. Вміст окремих елементів у ґрунтах досягає 22,3 ГДК, а в овочах у 3–7 разів перевищує ГДК.

SUMMARY. Based on previously conducted geochemical studies territory northern Crimea, and an assessment of chemical soil pollution Perekop village (on the total index of pollution), situated 3 km from the chemical company, "Titan," which poses a threat to the environment and health of a number of the resident population. The long and contrasting man-made technogenic anomalies of chemical elements were followed throughout with Perekop. The contents of individual elements in the soil reaches 22,3 maximum allowable concentrations, and roots of vegetables 3-7 times higher than the maximum allowable concentrations.