

# ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ ЮЖНЫХ КУРИЛ И ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ (ОСТРОВА КУНАШИР, ШИКОТАН, ИТУРУП)

М.Г. Опекунова<sup>1</sup>, А.Ю. Опекунов<sup>2</sup>, С.Ю. Кукушкин<sup>3</sup>, В.В. Сомов<sup>4</sup>,  
И.Ю. Арестова<sup>5</sup>, С.А. Лисенков<sup>6</sup>, А.Р. Никулина<sup>7</sup>

<sup>1</sup>СПбГУ, г. Санкт-Петербург, m.opekunova@mail.ru

<sup>2</sup>СПбГУ, г. Санкт-Петербург, a\_opekunov@mail.ru

<sup>3</sup>СПбГУ, г. Санкт-Петербург, s.kukushkin@spbu.ru

<sup>4</sup>СПбГУ, г. Санкт-Петербург, iarestova@mail.ru

<sup>5</sup>СПбГУ, г. Санкт-Петербург, vomos\_v\_v@mail.ru

<sup>6</sup>СПбГУ, г. Санкт-Петербург, serlisenkov@mail.ru

<sup>7</sup>СПбГУ, г. Санкт-Петербург, st075731@student.spbu.ru

# THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE SOILS OF THE SOUTHERN KURILS AND ITS CHANGE UNDER THE ANTHROPOGENIC INFLUENCE (KUNASHIR, SHIKOTAN, ITURUP ISLANDS)

M.G. Opekunova, A.Yu. Opekunov, S.Yu. Kukushkin, V.V. Somov, I.Yu. Arestova,  
S.A. Lisenkov, A.R. Nikulina

<sup>1</sup> St. Petersburg State University, St. Petersburg, m.opekunova@mail.ru

<sup>2</sup> St. Petersburg State University, St. Petersburg, a\_opekunov@mail.ru

<sup>3</sup> St. Petersburg State University, St. Petersburg, s.kukushkin@spbu.ru

<sup>4</sup> St. Petersburg State University, St. Petersburg, iarestova@mail.ru

<sup>5</sup> St. Petersburg State University, St. Petersburg, vomos\_v\_v@mail.ru

<sup>6</sup> St. Petersburg State University, St. Petersburg, serlisenkov@mail.ru

<sup>7</sup> St. Petersburg State University, St. Petersburg, st075731@student.spbu.ru

Аннотация. Изучено содержание химических элементов (Na, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Pb, Cd, Ni, Co, Cr, Ba, Sr и Cd), нефтяных углеводородов и полициклических ароматических углеводородов в почвах Курильских островов (Кунашир, Шикотан и Итуруп). Показано, что почвы отличаются высоким содержанием Na, Mg, Ca, Sc, V, Fe, Co, Pb, превышающим в 2-5 раз кларковые значения; концентрации K, Cr, Ni, Sr, Ba в 2-3 раза ниже кларка. Фоновое содержание V в почвах превышает ПДК. Определены особенности миграции и аккумуляции металлов в ландшафтах. Антропогенное загрязнение почв имеет локальный характер и сопровождается увеличением содержания Pb, Cd, Cu, Zn, нефтяных углеводородов и бенз(а)пирена.

*Ключевые слова: антропогенное загрязнение, нефтепродукты, полициклические ароматические углеводороды, тяжелые металлы.*

## Введение

Курильские острова относятся к стратегически значимой территории Российской Федерации. Обеспечение сбалансированного развития островов необходимо для реализации геополитических интересов страны в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Включение Курильских островов в особую экономическую зону – «Территория опережающего развития Курилы» (Постановление Правительства РФ от 23.08.2017) предусматривает реконструкцию и развитие энергетики, дорог, портов, рыбопереработки, туризма. Кроме того, Курильские острова являются перспективным районом добычи нефти, газа, цветных и редких металлов, а также разнообразных биологических ресурсов. Наряду с природными опасностями (сейсмическая и вулканической активность, цунами) это приведет к росту техногенных нагрузок на ландшафты. При этом особо подчер-

кивается наличие в регионе уникальных ландшафтов, обширной бальнеологической базы, что создает возможности для развития экологического и оздоровительного туризма [8].

Целью проведенных исследований стало изучение химического состава почв в связи с оценкой их устойчивости к химическому загрязнению и определением потенциала самоочищения ландшафтов островов Южных Курил.

### **Регион исследований, объекты и методы**

В августе 2021 г. при поддержке гранта Русского географического общества проведены комплексные геоэкологические исследования на островах Курильской гряды (о. Кунашир, о. Шикотан, о. Итуруп), включающие изучение состояния территории ООПТ на островах Кунашир и Шикотан.

Острова Итуруп и Кунашир относятся к Большой Курильской гряде, сложенной неогеновыми и четвертичными породами, а о. Шикотан – Малой Курильской гряде, в строении которой участвуют поздне меловые и палеогеновые породы. Для обеих гряд типичны высокая сейсмичность и палеовулканизм, а для Большой – современный вулканизм. На островах широко распространены породы среднего и основного состава – андезиты и базальты. Рельеф представлен вулканическими формами (стратовулканы, вулканы линейно-гнездового типа, вулканические плато и др.), денудационно-тектоническим (аккумулятивно-денудационные равнины и плато с останцами, морские и речные террасы) и аккумулятивный (лагунные террасы, эоловые формы) рельефом. Преобладают охристые типичные почвы, серогумусовые почвы, буроземы охристые и темные. В растительном покрове доминируют темнохвойные, каменноберезовые и широколиственные леса. Большие площади заняты сазовыми лугами (зарослями курильского бамбука) и кедрового стланика (кроме Шикотана) [1-3].

В ходе исследований дана детальная физико-географическая характеристика природно-территориальных комплексов, определено направление потоков химических веществ в структуре почвенно-геохимических катен на ключевых участках вблизи источников антропогенного воздействия и на фоновой территории. Всего обследовано 140 пробных площадок (ПП) и заложено 9 геоэкологических профилей на островах Кунашир, Шикотан и Итуруп, изучены территории трех населенных пунктов (пгт. Южно-Курильск, с. Крабовозовское, г. Курильск), отобран 181 образец почвы на химический анализ.

Анализ содержания металлов (Na, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Pb, Cd, Ni, Co, Cr, Ba, Sr и Cd) в почвах проведен методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на приборе «ELAN-6100 DRC» с полным кислотным разложением проб в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского. Определение нефтяных углеводородов (НУ) осуществлено флуориметрическим методом, индивидуальный состав ПАУ определен методом ВЭЖХ в лаборатории Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун».

## Обсуждение результатов

Почвы района исследований имеют слабокислую и нейтральную реакцию, величина рН варьируется в пределах 5.20-7.81. В почвах вблизи геотермальных источников величина рН снижается до 3.55-4.92, что существенно влияет на изменение подвижности химических элементов в ландшафте (рН воды геотермальных источников – 1.28-1.35). В нейтральной среде большинство химических элементов обладает низкой миграционной способностью, при подкислении почвенных растворов подвижность их резко увеличивается [4, 5].

Анализ содержания химических элементов в почвах островов Южных Курил свидетельствует о гетерогенности выборок, обусловленной сложным геолого-геоморфологическим строением территории. Как видно из приведённых данных (табл. 1) почвы островов отличаются высоким содержанием Na, Mg, Ca, Sc, V, Fe, Co, Pb, превышающим в 2-5 раз кларковые значения; концентрации K, Cr, Ni, Sr, Ba в 2-3 раза ниже кларка [9]. Это хорошо согласуется с содержанием химических элементов в горных породах [6]. Содержание халькофильных элементов в почвах сильно варьируется по островам. Почвы Кунашира отличаются низким содержанием Cu, но высоким Zn и Pb; Итурупа – близкой к кларку концентрацией Pb и Cd и низкой Zn и Cu; Шикотана – соответствующим кларку содержанием Zn, Cd и Pb и высоким – Cu.

Таблица 1. Медианы содержания химических элементов (мг/кг) и величины рН в почвах островов Южных Курил

	Кунашир, n=28			Шикотан, n=72			Итуруп, n=81			Кларк почв [9]
	*1	*2	*3	*1	*2	*4	*1	*2	*5	
рН	5,58	5,8	6,56	6,13	6,22	5,34	5,57	6,32	5,86	
Na	17300	17000	12500	9300	10100	9600	9900	13600	8500	5000
Mg	11750	10550	12100	9800	10400	10000	10900	15200	15100	5000
K	7300	6700	4100	5700	5600	9000	3200	3500	4000	14000
Ca	16900	18700	26500	16400	14800	16900	17400	27000	22900	15000
Sc	18,4	17,4	25	15,0	20	16,3	20	25	26	7
V	146	127	165	156	189	169	179	217	235	90
Cr	17	12	22	20,2	19,6	33	14,9	20	56	70
Fe	55200	42400	52300	49400	58000	52200	48900	64000	61600	40000
Co	13,8	11,8	16,6	16,5	17,3	18,5	13,6	17,3	21	8
Ni	7,1	4,2	11,4	10,9	11,4	25	5,5	6,2	19,9	50
Cu	20	18,0	36	52	54	90	21	30	44	30
Zn	147	114	145	87	88	146	71	81	99	90
Sr	147	147	180	132	116	225	144	194	181	250
Mo	1,49	1,46	1,29	1,37	1,67	1,32	1,12	1,2	1,4	1,2
Cd	0,37	0,23	0,3	0,28	0,24	0,3	0,26	0,18	0,26	0,35
Ba	289	296	229	219	210	543	127	135	196	500
Pb	25	25	21	17,1	11,9	21	16	9	13	12

\*1- горизонт А; \*2 - горизонт В; \*3 – пгт. Южно-Курильск; \*4 – с. Крабозаводское; \*5 – г. Курильск

Наибольшей контрастностью распределения по почвенному профилю отличаются Pb и Cr. В верхних горизонтах почв закрепляются Pb, Cd и Sr, тогда как Sc,

V, Fe, Co, Zn, K накапливаются в иллювиальных горизонтах. Интенсивной латеральной миграцией характеризуются литофильные и сидерофильные металлы (V, Sc, Fe, Cr, Co, Ca, Mg, Na, Ni, Ba, Sr, K), слабоподвижные в гипергенезе. Это может быть связано с развитием процессов лессиважа: в условиях гумидного климата и сильно расчлененного рельефа механизмами латеральной миграции выступает не только солевой, но и механический сток металлов.

С помощью метода главных компонент факторного анализа выделена ассоциация химических элементов (Pb, Cd, Cu, Zn), индицирующих антропогенное загрязнение. Участки локального загрязнения почв отмечены на территории населенных пунктов и на смотровых площадках туристических маршрутов.

Среднее содержание НУ в почвах невелико (табл. 2). В 40% изученных проб оно ниже чувствительности метода (<50 мг/кг). Высокое нефтяное загрязнение почв отмечено лишь на одной ПП в районе геотермальной станции у подножья вулкана Баранского (остров Итуруп). В почвах населенных пунктов оно составляет от <50 мг/кг до 240 мг/кг. На смотровых площадках туристических маршрутов и в почвах на старых объектах Министерства обороны содержание НУ в почвах изменяется в пределах 52-90 мг/кг. В почвах на экологической тропе «Столбовская» в Курильском заповеднике НУ не обнаружены.

Таблица 2. Статистические показатели содержания НУ (мг/кг) и ПАУ (нг/г) в почвах островов Южных Курил, n=26

	Среднее	Медиана	Минимальное	Максимальное
Нефтепродукты	108	56	<50	1030
Нафталин	7,3	4,2	<1,2	35
Антрацен	2,5	<1,2	<1,2	15
Аценафтен	<1,2	<1,2	<1,2	1,9
Аценафтилен	1,5	<1,2	<1,2	6,3
Бенз(а)антрацен	28,8	6,8	<1,2	220
Бенз(а)пирен	6,8	1,8	<1,2	67
Бенз(б)флуорантен	8,4	2,6	<1,2	58
Бенз(г,х,и)перилен	3,4	1,1	<1,2	29
Бенз(к)флуорантен	2,5	<1,2	<1,2	23
Дибенз(а,х)антрацен	1,4	<1,2	<1,2	8,0
Индено(1,2,3-с,д) пирен	10,0	4,8	<1,2	80
Пирен	13,0	3,8	<1,2	90
Фенантрен	21,6	14,5	<1,2	80
Флуорантен	22,0	7,3	1,7	120
Флуорен	1,6	<1,2	<1,2	16
Хризен	8,9	2,4	<1,2	57

Суммарное содержание 16 веществ группы ПАУ меняется от 19 до 645 нг/г. Максимальное количество отмечено в почвогрунтах на территории населенных пунктов. При антропогенном загрязнении наиболее показательными являются флуорантен, бенз(б)флуорантен, бенз(а)антрацен, индено(1,2,3-с,д)пирен и бенз(а)пирен, рост концентрации которых связан с работой дизельной техники. Достоверной корреляции между содержанием НУ и полиаренами не обнаружено. Концентрация бенз(а)пирена, индицирующего техногенное загрязнение, в большинстве изученных почв составляет <1.2 нг/г. Максимальное

содержание (67 нг/г), превышающее ПДК в 3 раза, отмечено в почвах в г. Курильске на ул. 60-летия Октября с оживленным автомобильным движением.

### **Выводы**

1. Для почв Южных Курил характерен значительный разброс содержаний металлов, что объясняется высоким разнообразием ландшафтно-геохимических условий и генетических типов почв. В целом наблюдается высокий уровень содержания Na, Mg, Ca, Sc, V, Fe, Co, Pb и низкий – K, Cr, Ni, Sr, Ba.

2. Наиболее дифференцировано в катене распределение литофильных и сидерофильных элементов. При этом Cr, Co и Ni закрепляются в гумусовых горизонтах подчиненных ландшафтов, а халькофильные Cd и Pb тяготеют к поверхностным горизонтам автономных фаций.

3. Антропогенное загрязнение почв носит локальный характер и связано, главным образом, с воздействием автомобильного транспорта. Индикаторами загрязнения почв служат высокие концентрации Pb, Cd, Cu и Zn, а также НУ, флуорантена, бенз(б)флуорантена, бенз(а)антрацена, индено(1,2,3-с,d)пирена и бенз(а)пирена.

### **Благодарности**

Работа выполнена при поддержке гранта РГО № 14/2021-Р

### **Литература**

- [1] Атлас Курильских островов / Бакланов П.Я., Бочарников В.Н., Ганзей К.С., Гарцман Б.И., Гришин С.Ю. и др. – М.; Владивосток: ИПЦ «ДИК», 2009. 516 с.
- [2] Баркалов В.Ю. Флора Курильских островов – Владивосток: Дальнаука, 2009. – 468 с.
- [3] Линник Е.В. Заповедник «Курильский» / Биота и среда заповедных территорий. – 2019. – № 1. – С. 110-124.
- [4] Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г., Сомов В.В., Митрофанова Е.С., Кукушкин С.Ю. Влияние разработки Сибайского месторождения (Южный Урал) на трансформацию потока металлов в подчиненных ландшафтах / Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2018. № 1. С. 14-24.
- [5] Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Сомов В.В., Папян Э.Э. Использование биоиндикационных свойств растительности при оценке трансформации ландшафтов в районе разработки Сибайского медно-колчеданного месторождения (Южный Урал) / Сибирский экологический журнал, № 3, 2017, с. 350–366.
- [6] Пискунов Б.Н. Природа базальтоидов Большой и Малой Курильских гряд / Литосфера. 2004. № 3. С. 97-109.
- [7] Полохин О.В. Сибирина Л.А. Почвенный и растительный покров острова Итуруп (Курильские острова) / Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №5. – С. 618.
- [8] Федеральная целевая программа «Социально-экономическое развитие Курильских островов (Сахалинская область) на 2016 - 2025 годы»
- [9] Требования к геохимической основе государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (новая редакция). М., 2005. 28 с.

S u m m a r y. The content of chemical elements (Na, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Pb, Cd, Ni, Co, Cr, Ba, Sr and Cd), petroleum hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbons in the soils of Kunashir, Shikotan and Iturup islands was studied. The features of migration and accumulation of pollutants in landscapes are determined. It is shown that the soils are characterized by a high content of Na, Mg, Ca, Sc, V, Fe, Co, Pb, exceeding clarke values by 2-5 times; the concentrations of K, Cr, Ni, Sr, Ba are 2-3 times lower than the clarke. The background content of V in soils exceeds MPC. Anthropogenic pollution of soils has a local distribution and is characterized by an increase in the concentration of Pb, Cd, Cu, Zn, petroleum hydrocarbons and benzo(a)pyrene.