

Безносиков В.А., Лодыгин Е.Д.**ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ**

ФГБУН Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 167982, Сыктывкар

Материал и методы. Проведена эколого-геохимическая оценка регионального фона тяжёлых металлов (ТМ) и углеводородов (УВ) в почвах Республики Коми. Исследованы 249 почвенных образцов, отобранных из органо-генных горизонтов 15 основных типов и подтипов фоновых почв Усинского и Печорского районов Республики Коми. Количественный химический анализ ТМ в образцах почв проводили атомно-абсорбционным методом: Cu, Pb, Zn, Cd, Ni, Mn – на атомно-эмиссионном спектрометре Spectro Ciros с индуктивно-связанной аргонной плазмой, Hg – с использованием ртутного спектрометра RA-915+ на пиролизической приставке РП-91С. Концентрацию УВ в пробах почв определяли по значению интенсивности флуоресценции гексанового экстракта, измеренной на анализаторе жидкости «Флюорат-02». Установлено, что фоновое содержание ТМ и УВ в почвах определяется особенностями гранулометрического состава почвообразующих пород, а также расположением почв в геохимически автономных и подчинённых ландшафтах.

Результаты. Основное количество ТМ и УВ аккумулируется в органо-генных горизонтах: наибольшее, как правило, в почвах речных долин (пойменные), на плоских депрессиях, слабодренированных речных увалах и пологих склонах (болотно-подзолистые и подзолы иллювиально-железистые); наименьшее – на водоразделах (подзолы). Дифференциация ТМ и УВ по генетическим горизонтам более выражена в суглинистых автоморфных и менее в песчаных, полугидроморфных и гидроморфных почвах. Для всех почв характерно элювиально-иллювиальное распределение ТМ и УВ в профиле. Выявлены парные корреляционные зависимости между отдельными элементами в почвах, что позволяет судить о сходной направленности биогеохимических процессов при почвообразовании.

Заключение. Создана база данных содержания ТМ и УВ в почвах с использованием ГИС-технологий, и на её основе составлены соответствующие карты распределения исследованных компонентов. Результаты исследований легли в основу Приказа Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми от 25 ноября 2009 г. № 529 «Об установлении нормативов фонового содержания химических элементов и углеводородов в почвах Республики Коми».

Ключевые слова: фоновое содержание; почвы, тяжёлые металлы; углеводороды.

Для цитирования: Безносиков В.А., Лодыгин Е.Д. Геохимическая оценка экологического состояния почв. Гигиена и санитария. 2018; 97(7): 623-628. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-7-623-628>

Для корреспонденции: Лодыгин Евгений Дмитриевич, доктор биол. наук, вед. науч. сотр. группы химии почв отдела почвоведения. E-mail: lodigin@ib.komisc.ru

Beznosikov V.A., Lodygin E.D.**GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF ECOLOGICAL STATE OF SOILS**

Institute of Biology, Ural Branch of Russian Academy of Science, Syktyvkar, 167982, Russian Federation

There was executed the ecological and geochemical assessment of the regional background of heavy metals (HM) and hydrocarbons in the soils of the Komi Republic. There were examined 249 soil samples taken from 15 organic horizons of the main types and subtypes of background soils from Usinsk and Pechora districts of the Komi Republic. The quantitative chemical analysis of HM in the soil samples was carried out by atomic absorption method: Cu, Pb, Zn, Cd, Ni, Mn - on atomic emission spectrometer Spectro Ciros inductively coupled argon plasma, Hg - using the RA-915+ mercury spectrometer on the pyrolytic prefix RP-91C. The concentration of hydrocarbons in the soil samples was determined by the value of the hexane extract of the fluorescence intensity measured on a liquid analyzer Fluorat-02. Background levels of HM and in the soils were found to be determined by characteristics of the particle size distribution of soil-forming rocks, as well as the arrangement of soil geochemical autonomous and subordinate landscapes. The basic amount of HM and hydrocarbons accumulated in the organic horizons: the largest, as a rule, in the soils of river valleys (flood), on flat depressions, poorly drained river ridges and gentle slopes (bog-podzolic and illuvial-ferruginous); the lowest – in the watersheds (podzols). Differentiation between HM and hydrocarbons in genetic horizons is more pronounced in loamy automorphic and less sandy, semi-hydromorphic and hydromorphic soils. For all soils, there is the typical eluvial-illuvial distribution of HM and hydrocarbons in the profile. The revealed pair correlations between the individual elements in the soils give an indication of the similar orientation of biogeochemical processes in the soil formation. The database of the content of HM and hydrocarbons in soils using GIS technology was created. The research results were the basis for the Order of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Komi Republic of November 25, 2009 N 529 «On establishing norms background concentrations of chemical elements and hydrocarbons in the soils of the Komi Republic».

Key words: background content; soils; heavy metals; hydrocarbons.

For citation: Beznosikov V.A., Lodygin E.D. Geochemical assessment of ecological state of soils. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(7): 623-628. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-7-623-628>

For correspondence: Evgeny D. Lodygin, MD, Ph.D., DSci., Senior researcher of the laboratory of soil chemistry of the Institute of Biology, Ural Branch of Russian Academy of Science, Syktyvkar, 167982, Russian Federation. E-mail: lodigin@ib.komisc.ru

Information about authors:

Beznosikov V.A., <http://orcid.org/0000-0002-7161-2720>; Lodygin E.D., <http://orcid.org/0000-0002-0675-524X>.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The work is implemented with the support of the state budgetary theme of the Institute of Biology (No. gra aaaa-a17-117122290011-5).

Received: 12 December 2016

Accepted: 18 October 2017

Введение

Почва, по выражению В.В. Докучаева, является «зеркалом природы», в экологическом отношении «зеркалом деятельности человека», так как именно почва является аккумулятором загрязняющих веществ.

Глобальность экологических проблем, связанных с трансграничными переносами поллютантов, а также региональные и локальные источники загрязнения окружающей среды требуют новых подходов к оценке конкретной экологической ситуации в экосистемах [1–3]. Вопросы контроля экологического состояния почв, изучение содержания широкого круга потенциально токсичных поллютантов для живых организмов имеют важное значение при оценке загрязнения окружающей среды [4–6].

При оценке загрязнения почв тяжёлыми металлами (ТМ) по существующим нормативам требуется определение превышения массовой доли данных поллютанта над ПДК. В Российской Федерации утверждены ПДК (ОДК) тяжёлых металлов, но их список ограничен [7, 8]. В ряде случаев разработанные нормативы для некоторых тяжёлых металлов оказались в логическом несоответствии с их фоновым содержанием в почвах. На такие ПДК, по нашему мнению, невозможно ориентироваться, поскольку верхний предел фонового содержания ТМ иногда бывает выше, чем ПДК. В настоящее время существующие нормативные документы (при отсутствии ПДК (ОДК)) рекомендуют использовать при оценке загрязнения почв региональное фоновое содержание поллютантов [9].

Современная нормативная база по содержанию углеводородов (УВ) в почвах практически отсутствует. Единственным отечественным нормативом содержания нефтепродуктов в почвах является ПДК бензина – 0,1 мг/кг [7]. Безопасное содержание нефти в почве установлено на уровне 1 000 мг/кг [10]. Согласно стандарту объединения «Сургутнефтегаз» [11], на участках, прошедших весь цикл рекультивационных работ, содержание остаточной

нефти должно быть не более 500 мг/кг. Допустимое остаточное содержание нефти и продуктов её трансформации в землях промышленных площадок (зона почв Субарктики, подзона северно- и среднетаёжных почв) установлено: для органогенных горизонтов – 80 000 мг/кг, для минеральных грунтов и горизонтов – 30 000 мг/кг [12].

Анализ немногочисленных данных по нормативам фонового содержания УВ в почвах свидетельствует, что их регламентация относится только для отдельных районов в регионе. Поэтому оценка естественного фона УВ является актуальной задачей для всей территории республики, решение которой позволит объективно определять загрязнение почв и даст возможность ввести ограничения как на промышленные, так и на сельскохозяйственные технологии.

Следовательно, имеющаяся информация по инструктивно-методической литературе, которая регламентирует допустимые нагрузки поллютантов на почвы, позволяет констатировать, что существующие нормативы в области антропогенных нагрузок не дифференцированы по природно-климатическим зонам и ландшафтно-геохимическим условиям республики, поэтому они не могут быть использованы в конкретном районе при оценке загрязнения почв.

Цель данной работы – оценка регионального фона ТМ, УВ, удельной активности искусственных и естественных радионуклидов в почвах Республики Коми с учётом ландшафтно-геохимических и природно-климатических особенностей территории (рельеф, орографические элементы, почвообразующие элементы и др.).

Материал и методы

Объектами исследований послужили почвы Печорского и Усинского районов Республики Коми (рис. 1). Для ландшафтно-геохимической оценки экологического состояния почвенного покрова была оцифрована Государственная почвенная карта [13].



Рис. 1. Почвенная карта Печорского и Усинского районов.

Распределение почв в Печорском и Усинском районах Республики Коми

Почвы	Районы и площади				Площади почв, всего	
	Печорский		Усинский		км ²	%
	км ²	%	км ²	%		
Подзолы	5715,2	19,7	1407,2	4,5	7122,4	11,8
Торфянисто-подзолисто-глеевые иллювиально-гумусовые	1112,2	3,8	1940,1	6,2	3052,3	5,1
Торфяно-подзолисто-глеевые иллювиально-гумусовые	5252,3	18,1	3299,7	10,5	8552,0	14,2
Глееподзолистые	4682,0	16,2	6583,6	21,0	11265,6	18,7
Торфянисто-подзолисто-глеевые	–	–	1553,7	5,0	1553,7	2,6
Торфяно-подзолисто-глеевые	4485,3	15,5	1385,5	4,4	5870,8	9,7
Болотные	3972,3	13,7	3431,2	11,0	7403,5	12,3
Пойменные	852,2	2,9	1966,1	6,3	2818,3	4,7
Тундровые иллювиально-гумусовые	–	–	400,4	1,3	400,4	0,7
Тундровые поверхностно-глеевые оподзоленные	–	–	1313,4	4,2	1313,4	2,2
Болотно-тундровые	3,7	0,0	7412,1	23,7	7415,8	12,3
Горно-луговые дерновые	95,1	0,3	–	–	95,1	0,2
Горно-лесные подзолистые	698,1	2,4	–	–	698,1	1,2
Горно-лесные болотно-подзолистые	246,7	0,9	–	–	246,7	0,4
Горно-тундровые глеевые	1691,4	5,8	–	–	1691,4	2,8
Водная поверхность	164,7	19,7	601,5	1,9	766,2	1,3
Итого	28 971,2	100,0	31 294,5	100,0	60 265,7	100,0

На основе почвенной карты составлен систематический список почв районов исследований, рассчитаны их площади (см. табл. 1), определены точки закладки реперных разрезов и отбора смешанных образцов основных типов и подтипов почв. Смешанные образцы почв составляли из 15 индивидуальных проб с площади 100 м². При отборе почвенных образцов был использован маршрутный метод, позволяющий учитывать закономерности формирования почвенного покрова в ландшафтах: от водораздела (автоморфные почвы) до геохимически подчинённых ландшафтов – понижений (гидроморфные почвы).

На основе аналитических результатов с использованием ГИС-технологий была создана база данных поллютантов и серии тематических карт в почвах. При картографировании содержания различных поллютантов в почвах были использованы массовые доли этих компонентов в органогенных горизонтах. Органогенные горизонты (подстилки) обладают максимальной аккумулирующей способностью изучаемых ингредиентов.

Количественный химический анализ в образцах почв Cu, Pb, Zn, Cd, Ni, Mn проводили по [14], определение содержания ртути – методом атомной абсорбции с использованием ртутного спектрометра РА-915+ на пиролитической приставке РП-91С без предварительного разложения образца с коррекцией неселективного поглощения по Зеemannу [15]. Концентрацию УВ в пробах почв определяли по значению интенсивности флуоресценции гексанового экстракта, измеренной на анализаторе жидкости Флюорат-02 [16]. Анализы выполнены в экоаналитической лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН, аккредитованной в Системе аккредитации аналитических лабораторий (центров) Росстандарта России.

Результаты

При картографировании содержания различных поллютантов в почвах были использованы массовые доли этих компонентов в органогенных горизонтах, которые обладают аккумулирующей способностью. Результатами проведённых исследований установлено, что в почвах Усинского и Печорского районов Республики Коми содержание ТМ в почвах согласуется с нормальным законом распределения или близко к нему. Для них характерна положительная асимметричность, в большинстве случаев свидетельствующая о том, что наибольшее число вариаций приходится на величины меньше среднего арифметического. Данные табл. 2 показывают, что диапазон фоновых колебаний содержания ТМ с уровнем значимости 0,5 близки для почв равнинных ландшафтов – болотно-подзолистых, болотных, тундровых поверхностно-глеевых и глееподзолистых почв. Это связано с единством почвообразующих пород, близким гранулометрическим составом почв на суглинках и едиными закономерностями миграции ТМ в ландшафте. По мнению некоторых исследователей, содержание некоторых ТМ (Pb и Cd) в почве положительно коррелирует с их содержанием в атмосферных осадках и обусловлено трансграничным переносом [17].

Аналогичные закономерности массовой доли ТМ отмечены в почвах, сформированных на древнеаллювиальных и водноледниковых песчаных отложениях (подзолы иллювиально-гумусовые) и на слабодренированных равнинных водоразделах увалов, флювиогляциальных террасах, покрытых песчаными отложениями (торфянисто-подзолистые иллювиально-гумусовые), но абсолютное содержание ТМ в этих почвах ниже, чем в почвах, образованных на суглинистых почвообразующих породах.

В горной части накопление ТМ в почвах и их массовые доли среднеарифметических показателей варьируют, но статистически достоверно не различаются.

Обсуждение

Результаты по геохимической оценке экологического состояния почв позволили установить нормативы регионального фона ТМ и УВ в почвах Республики Коми. На основании полученного массива данных с использованием ГИС-технологий (ArcView GIS 3.2a) создана база данных и картосхемы пространственного, фонового распределения элементов (веществ) в почвах, которые послужили основой для издания Приказа Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми от 25 ноября 2009 г. № 529 «Об установлении нормативов фонового содержания химических элементов и углеводородов в почвах Республики Коми» [18]. Этот приказ будет систематически дополняться (корректироваться) новыми данными по республике.

В настоящее время результаты проведённых исследований являются региональными нормативами, которые представляют основу для проведения систематических мониторинговых исследований и комплексной оценки экологической ситуации территории в зонах возможного загрязнения почв. Полученные нормативы используются при составлении проектов по инженерно-экологической экспертизе территорий, предлагаемых под новое освое-

Таблица 2

Фоновое содержание тяжёлых металлов в почвах Усинского и Печорского районов

Почва	Cu, мг/кг		Pb, мг/кг		Zn, мг/кг		Cd, мг/кг		Ni, мг/кг		Mn, мг/кг		Hg, мкг/кг	
	±Δ		±Δ		±Δ		±Δ		±Δ		±Δ		±Δ	
Подзолы	3,9	0,7	15,8	2,9	13,9	2,6	0,22	0,06	1,99	0,23	23	4	61	10
Торфянисто-подзолисто-глеватые иллювиально-гумусовые (железистые)	5,5	0,8	19	7	35	5	0,56	0,07	3,8	0,3	100	30	156	9
Торфяно-подзолисто-глеватые иллювиально-гумусовые (железистые)	5,6	0,8	6,2	2,0	15	6	0,37	0,09	6,9	1,3	18	9	94	19
Глееподзолистые	8,4	0,6	17,5	0,8	28	4	0,31	0,03	9,8	0,5	180	70	260	17
Торфянисто-подзолисто-глеватые	6,5	0,6	11,7	1,0	29	6	0,276	0,029	9,8	1,2	320	60	200	40
Торфяно-подзолисто-глеватые	11	5	12	4	34	6	0,22	0,05	8,1	0,8	260	60	164	22
Болотные	2,56	0,14	2,8	0,4	9	6	0,093	0,022	1,97	0,25	5,7	1,0	65	7
Пойменные	3,8	0,3	4,3	0,3	19,0	0,8	0,142	0,017	8,8	0,3	242	11	11,7	0,8
Тундровые иллювиально-гумусовые	1,66	0,21	5,6	0,9	10,4	0,7	0,080	0,026	3,1	0,7	13	10	38	12
Тундровые поверхностно-глеватые оподзоленные	11,7	1,9	14,6	2,9	36	4	0,40	0,09	12	4	1400	400	83	14
Болотно-тундровые	10,3	0,9	13,4	1,7	32,2	2,8	0,52	0,07	15,2	0,9	310	190	107	20
Горно-луговые дерновые	10,5	1,8	22,3	5,2	47,0	2,5	0,270	0,025	19	4	153	14	70	30
Горно-лесные подзолистые	6	3	19,7	1,5	31	6	0,24	0,07	8	4	100	40	86	20
Горно-лесные болотно-подзолистые	6	5	18,5	1,4	52	13	0,80	0,23	3,9	0,3	60	30	168	27
Горно-тундровые глеевые	9,4	2,6	25,2	2,0	54	9	0,9	0,4	10,0	1,3	90	50	180	80
Песчаные и супесчаные	33		32		55		0,5		20		1500		2100	
Суглинистые и глинистые	66		65		110		1		40					

ные различных месторождений. Ниже приведены результаты использования фонового содержания химических элементов и углеводов в почвах Республики Коми на примере месторождений нефти в Сосногорском и Печорском районах.

Для оценки уровня химического загрязнения почв использовали коэффициенты концентрации веществ (Kc), которые определяли как отношением фактического содержания вещества в почве (C_i) к региональному фону (C_{фi}), в мг/кг: Kc = C_i/C_{фi} и суммарный показатель загрязнения (Zc). Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентрации химических элементов – загрязнителей и выражается формулой:

$$Zc = \sum (Kc_i + \dots Kc_n) - (n-1),$$

где n – число определяемых суммированных веществ; Kc_i – коэффициент концентрации i-го компонента загрязнения. Ориентировочная оценочная шкала опасности уровня загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (Zc) следующая: допустимая категория загрязнения почв – менее 16, умеренно опасная – 16–32, опасная – 32–128, чрезвычайно опасная – более 128 [19].

На основании полевых работ (пробоотбор почв и грунтов) и химико-аналитических исследований проведён расчёт уровня химического загрязнения и суммарный показатель загрязнения почв на одном из месторождений нефти Печорского района Республики Коми (рис. 2).

Установлено, что по суммарному показателю загрязнения все обследованные почвы и грунты можно разделить на 4 категории согласно СанПиН 2.1.7.1287-03 [8] и МУ 2.1.7.730-99 [19]:

- категории «допустимая» соответствуют все слои грунта с территории установки подготовки нефти (УПН) и полигона временного накопления и хранения твёрдых промышленных отходов (ТПО), а также первый слой с базы нефтесервисной компании и третий слой с кустов скв. № 68 и № 61;
- категории «умеренно опасная» соответствует первый слой с кустов скв. № 62 и № 61; второй слой с полигона захоронения промстоков;
- категории «опасная» соответствуют все образцы с территорий куста скв. № 3, куста скв. № 25, куста скв. № 64, а также первые слои с территорий полигона захоронения промстоков, базы нефтесервисной компании, скв. № 50, куста скв. № 61 и куста скв. № 501; вторые слои с базы нефтесервисной компании и с куста скв. № 51; третьи слои с территории полигона временного накопления и хранения ТПО, базы нефтесервисной компании, куста скв. № 3, скв. № 50 и кустов скв. № 51 и №501;
- категории «чрезвычайно опасная» соответствуют вторые слои с территории скв. № 50 и кустов скв. № 62, № 61 и № 501.

На промплощадках месторождений по просьбе нефтесервисной компании проводятся многолетние мониторинговые наблюдения. Результаты исследований по суммарному показателю загрязнения почв и грунтов и их динамика по годам предоставляются в виде отчёта с рекомендациями по их устранению. Сравнительный анализ значений суммарного показателя загрязнения почв и грунтов обследованных промплощадок месторождений нефти за 2012 – 2015 гг. (табл. 3) показал, что на большинстве промплощадок экологическая ситуация в 2015 г. улучшилась по сравнению с 2014 г.

Таким образом, полученные результаты могут использоваться для оценки воздействия ТМ, УВ и радионукли-

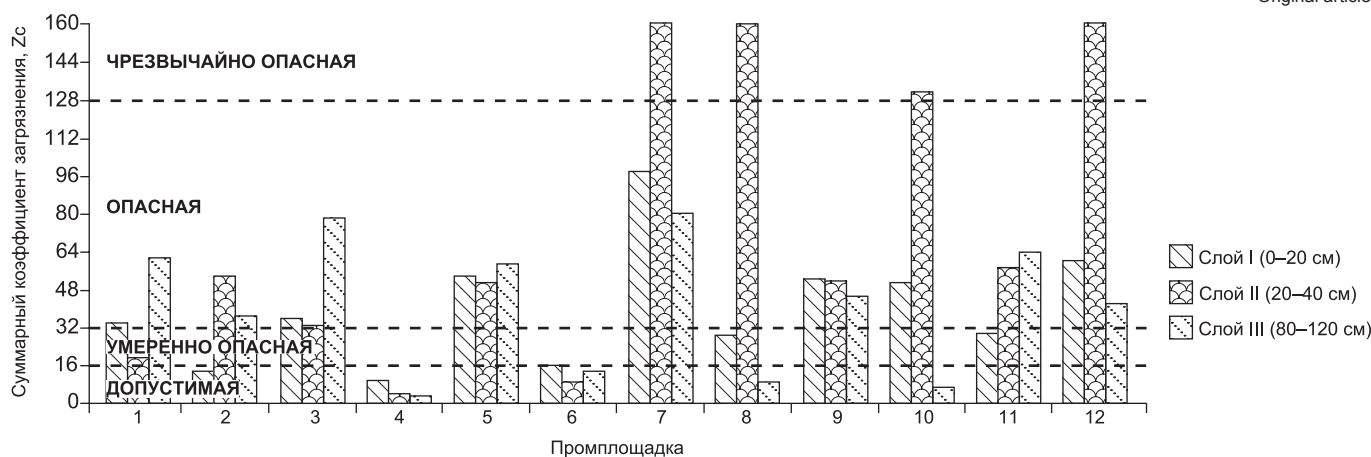


Рис. 2. Суммарный показатель загрязнения почв и грунтов промплощадок месторождений нефти: 1 – полигон захоронения промстоков; 2 – территория базы нефтесервисной компании; 3 – куст скважин № 3; 4 – территория УПН; 5 – куст скважин № 25; 6 – полигон временного накопления и хранения ТПО и отработанной буровой жидкости; 7 – скважина № 50; 8 – куст скважин № 62; 9 – куст скважин № 64; 10 – куст скважин № 61; 11 – куст скважин № 51; 12 – куст скважин № 501.

Таблица 3

Значения суммарного показателя загрязнения (ZC) почв и грунтов с промплощадок месторождений нефти с 2012 по 2015 г.

ZC	Год											
	2012			2013			2014			2015		
	слой											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Полигон захоронения промстоков:	6,5	6,8	7,4	12,4	13,1	6,2	256,8	304,3	45,4	35,0	19,2	62,1
Территория базы нефтесервисной компании	4,8	4,1	4,0	7,7	12,9	5,1	2,8	5,0	15,7	13,8	53,4	39,5
Куст скважин № 3	13,6	53,8	-1,1	34,2	76,5	-0,4	53,2	22,9	38,9	38,4	33,4	78,3
Территория УПН	23,9	7,7	-0,2	35,5	12,4	1,6	14,3	12,3	9,1	9,8	3,0	2,5
Куст скважин № 25	55,5	2,5	9,9	265,7	14,9	27,7	100,9	180,5	431,3	53,4	51,9	60,8
Полигон временного накопления и хранения ТПО и отработанной буровой жидкости:	7,4	-3,8	-3,6	3,1	3,7	-2,0	15,7	52,7	58,6	15,7	9,0	12,8
Скважина № 50	19,9	40,1	26,5	33,1	68,5	57,1	350,4	553,2	645,8	100,0	161,3	80,0
Куст скважин № 62	12,8	5,2	28,6	32,9	15,1	122,9	27,1	523,3	154,7	27,1	652,7	9,9
Куст скважин № 64	19,5	11,5	4,9	66,0	32,7	11,5	419,4	304,1	121,1	52,8	52,3	45,2
Куст скважин № 61	281,7	22,4	79,6	1054,7	101,9	399,7	7,6	35,9	13,7	51,7	610,6	4,4
Куст скважин № 51	35,9	390,2	333,2	168,9	941,4	1809,3	9,4	22,1	1267,3	26,2	56,2	63,9
Куст скважин № 501	89,7	24,8	25,6	198,4	65,4	132,7	359,5	63,7	84,9	60,7	251,5	42,7

дов на почвенный покров в зонах возможного загрязнения, а также при проведении экологической экспертизы и разработке проектов ОВОС регионального уровня.

Заключение

В результате проведенных исследований выполнена ландшафтно-геохимическая оценка фонового содержания ТМ (Cu, Pb, Zn, Cd, Ni, Mn) и УВ в почвах. Фоновое содержание ТМ, УВ в почвах определяется особенностями гранулометрического состава почвообразующих пород, а также расположением почв в геохимически автономных и подчиненных ландшафтах.

Установлено, что основное количество ТМ, УВ аккумулируется в органогенных горизонтах: наибольшее, как правило, в почвах речных долин (пойменные), на плоских депрессиях, слабодренированных речных увалах и пологих склонах (болотно-подзолистые и подзолы иллювиально-железистые); наименьшее – на водоразделах

(подзолы). Дифференциация ТМ, УВ по генетическим горизонтам более выражена в суглинистых автоморфных и менее в песчаных, полугидроморфных и гидроморфных почвах. Для всех почв характерно элювиально-иллювиальное распределение ТМ, УВ в профиле. Выявлены парные корреляционные зависимости между отдельными элементами в почвах, что позволяет судить о сходной направленности биогеохимических процессов при почвообразовании.

Создана база данных содержания ТМ и УВ в исследованных фоновых почвах с использованием ГИС-технологий, и на её основе составлены соответствующие карты распределения исследованных компонентов. Полученные результаты послужили основой для Приказа Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми от 25 ноября 2009 г. № 529 «Об установлении нормативов фонового содержания химических элементов и углеводородов в почвах Республики Коми».

Финансирование. Работа выполнена при поддержке госбюджетной темы Института биологии (№ Гр. АААА-А17-117122290011-5).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем / Под ред. М.А. Глазвской. М.: Наука; 1988.
2. Medvedev V.V., Laktionova T.N. Analysis of the experience of European countries in soil monitoring. *Eurasian Soil Science*. 2012; 45(1): 90-97. DOI: 10.1134/S1064229312010139.
3. Соловьев Г.Н., Голинская Л.В., Шустова Н.В. Мониторинг содержания металлов в донных отложениях рек центрального региона Оренбургской области. *Гигиена и санитария*. 2009; (6): 71-73.
4. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами. М.: Минприроды, Госкомзем; 1993.
5. Рыбкин В.С., Богданов Н.А., Чуиков Ю.С., Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор возможных экологически обусловленных заболеваний в Астраханском регионе. *Гигиена и санитария*. 2014; 93(2): 27-31.
6. Алексеев И.И., Абакумов Е.В., Шамилишвили Г.А., Лодыгин Е.Д. Содержание тяжелых металлов и углеводородов в почвах населенных пунктов Ямало-Ненецкого автономного округа. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(9): 818-821. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-9-818-821.
7. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М.; 2006.
8. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. М.; 2009.
9. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 16.03.2003, введены 15.06.2003, изменения от 01.07.2007. М.: ФГУП ЦПП; 2007.
10. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель. М.: Минприроды, Госкомзем, Минсельхозпрод; 1995.
11. СТП 5753490-012-89. Стандарт «Сургутнефтегаз». Сургут; 1989.
12. Постановление Правительства Республики Коми № 268 от 20.11.2007. О нормативах допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ на территории Республики Коми. Сыктывкар; 2007.
13. Государственная почвенная карта СССР. Масштаб 1:1000000. Лист Q-40. Печора. Составители И.В. Забоева, И.В. Игнатенко, В.А. Попов, В.Г. Казаков. М.: АН СССР; 1987.
14. РД 52.18.191-89. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почв атомно-абсорбционным методом. М.: Государственный комитет СССР по гидрометеорологии; 1990.
15. ПНД Ф 16.1:2.23-2000. Методика выполнения измерений массовой концентрации общей ртути в пробах почв и грунтов на анализаторе ртути РА-915+ с приставкой РП-91С. М.; 2005.
16. ПНД Ф 16.1:2.21-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «Флуорат-02». М.; 2007.
17. Zhu J., Wang Q., Yu H., Li M., He N. Heavy metal deposition through rainfall in Chinese natural terrestrial ecosystems: Evidences from national-scale network monitoring. *Chemosphere*. 2016; 164: 128-133. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.08.105.
18. Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми от 25 ноября 2009 г. № 529 «Об установлении нормативов фонового содержания химических элементов и углеводородов в почвах Республики Коми». Ведомости нормативных актов органов государственной власти Республики Коми. 2009; (46): 87-93.
19. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. Методические указания. Утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 7.02.1999, введены 5.04.1999. М.: Информационно-издательский центр Минздрава России; 2008.
3. Solovykh G.N., Golinskaya L.V., Shustova N.V. Monitoring of the levels of metals in the bottom sediments of rivers in the Central Area of the Orenburg Region. *Gigiena i sanitarija*. 2009; (6): 71-73. (in Russian)
4. *The procedure for determining the size of the land damage from chemical pollution [Porjadok opredelenija razmerov ushherba ot zagryaznenija zemel' himicheskimi veshhestvami]*. Moscow: Minprirody, Goskomzem; 1993. (in Russian)
5. Rybkin V.S., Bogdanov N.A., Chuikov Yu.S., Teplaya G.A. Heavy metals as a factor of possible environmentally caused illnesses in the Astrakhan region. *Gigiena i sanitarija*. 2014; 93(2): 27-31. (in Russian)
6. Alekseev I.I., Abakumov E.V., Shamilišvili G.A., Lodygin E.D. Heavy metals and hydrocarbons content in soils of settlements of the Yamal-Ne nets autonomous region. *Gigiena i sanitarija*. 2016; 95(9): 818-821. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-9-818-821. (in Russian)
7. ГН 2.1.7.2041-06. Maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in the soil [Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) himicheskikh veshhestv v pochve]. Moscow; 2006. (in Russian)
8. ГН 2.1.7.2511-09. Approximately permissible concentration (APC) of chemicals in the soil [Orientirovochno dopustimye koncentracii (ODK) himicheskikh veshhestv v pochve]. Moscow; 2009. (in Russian)
9. СанПиН 2.1.7.1287-03. Sanitary requirements to the quality of the soil [Sanitarно-jepidemiologicheskie trebovanija k kachestvu pochvy]. Utverzhdeny Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom Rossijskoj Federacii 16.03.2003, vvedeny 15.06.2003, izmenenija ot 01.07.2007. Moscow: FGUP CPP; 2007. (in Russian)
10. Guidelines to identify degraded and contaminated land [Metodicheskie rekomendacii po vyjavleniju degradirovannyh i zagryaznennyh zemel']. Moscow: Minprirody, Goskomzem, Minsel'hozprod; 1995. (in Russian)
11. STP 5753490-012-89. («Surgutneftegaz») Standard [Standart «Surgutneftegaz»]. Surgut; 1989. (in Russian)
12. Komi Republic Government Resolution N 268 from 20.11.2007. On rates of permissible residual oil content and its transformation products in the soil after the remediation and other recovery operations in the Komi Republic [Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Komi № 268 ot 20.11.2007. O normativah dopustimogo ostatocznego sodержanija nefi i produktov ee transformacii v pochvah posle provedenija rekul'tivacionnyh i inyh vosstanovitel'nyh rabot na territorii Respubliki Komi]. Syktyvkar; 2007. (in Russian)
13. *State the soil map of the USSR [Gosudarstvennaja pochvennaja karta SSSR]*. Masshtab 1:1000000. List Q-40. Pechora / Sostaviteli I.V. Zaboeva, I.V. Ignatenko, V.A. Popov, V.G. Kazakov. Moscow: AN SSSR; 1987. (in Russian)
14. RD 52.18.191-89. Methodical instructions. Methods of measurement of the mass fraction of acid-soluble forms of metals (copper, lead, zinc, nickel, cadmium) in soil samples by atomic absorption spectrometry [Metodicheskie ukazanija. Metodika vypolnenija izmerenij massovoj doli kislotorastvorimyh form metallov (medi, svinca, cinka, nikelja, kadmija) v probah pochv atomno-absorbicionnym metodom]. Moscow: Gosudarstvennyj komitet SSSR po gidrometeorologii; 1990. (in Russian)
15. PND F 16.1:2.23-2000. Methods of measurement of the mass concentration of total mercury in samples of soils mercury analyzer RA-915+ with the prefix RP-91S [Metodika vypolnenija izmerenij massovoj koncentracii obshhej rtuti v probah pochv i gruntov na analizatore rtuti RA-915+ s pristavkoj RP-91S]. Moscow; 2005. (in Russian)
16. PND F 16.1:2.21-98. Quantitative chemical analysis of soils. Methods of measurement of the mass fraction of petroleum products in the soil and soil samples fluorimetric method using «Fluorat-02» fluid analyzer [Kolichestvennyj himicheskij analiz pochv. Metodika vypolnenija izmerenij massovoj doli nefteproduktov v probah pochv i gruntov fluorimetriceskim metodom s ispol'zovaniem analizatora zhidkosti «Fljuorat-02»]. Moscow; 2007. (in Russian)
17. Zhu J., Wang Q., Yu H., Li M., He N. Heavy metal deposition through rainfall in Chinese natural terrestrial ecosystems: Evidences from national-scale network monitoring. *Chemosphere*. 2016; 164: 128-133. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.08.105.
18. Order of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Komi Republic of November 25, 2009 N 529 «On establishing norms background concentrations of chemical elements and hydrocarbons in the soils of the Komi Republic». *Vedomosti normativnyh aktov organov gosudarstvennoj vlasti Respubliki Komi*. 2009; (46): 87-93. (in Russian)
19. МУ 2.1.7.730-99. Hygienic assessment of soil quality residential areas. Methodical instructions [Gigienicheskaja ocenka kachestva pochvy naseleennyh mest. Metodicheskie ukazanija]. Utverzhdeny Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 7.02.1999, vvedeny 5.04.1999. Moscow: Informacionno-izdatel'skij centr Minzdrava Rossii; 2008. (in Russian)

References

1. Glazovskoj M.A., ed. *Recovery of oil-contaminated soil ecosystems [Vosstanovlenie neftezagryaznennyh pochvennyh jekosistem]*. Moscow: Nauka; 1988. (in Russian)
2. Medvedev V.V., Laktionova T.N. Analysis of the experience of European countries in soil monitoring. *Eurasian Soil Science*. 2012; 45(1): 90-97. DOI: 10.1134/S1064229312010139.