

УДК 504.53:62(470.51)(045)

*В.И. Стурман, А.Н. Логиновская***ФОНОВЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (СВИНЕЦ, КАДМИЙ, ЦИНК, МЕДЬ, НИКЕЛЬ, МЫШЬЯК, РТУТЬ) В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ПОЧВ УДМУРТИИ**

Обработаны и систематизированы материалы инженерно-экологических изысканий по различным хозяйственным объектам в Удмуртии. Определены средние (фоновые) концентрации тяжелых металлов, подлежащих обязательному контролю при инженерно-экологических изысканиях (свинец, кадмий, цинк, медь, никель, мышьяк, ртуть), для основных ассоциаций почв и отдельных, наиболее часто встречающихся почвенных разностей. Выявлено, что с уменьшением степени подзолистости и увеличением глинистости почв концентрации тяжелых металлов закономерно повышаются, причем схожие почвы характеризуются в целом схожими их концентрациями и соотношениями концентраций. Установлено, что превышения гигиенических стандартов по таким элементам, как никель, мышьяк, а также в меньшей степени цинк, медь и кадмий, в Удмуртии не только не являются чем-то исключительным, но и пользуются распространением, особенно в почвах легкого состава. Полученные средние концентрации могут приниматься за фоновые при последующих инженерно-экологических изысканиях в регионе.

*Ключевые слова:* геохимия, тяжелые металлы, почвы, инженерно-экологические изыскания, Удмуртия.

DOI: 10.35634/2412-9518-2020-30-3-285-294

Изучение фоновых концентраций химических элементов в почвах может иметь различную практическую направленность, в том числе связанную с решением сельскохозяйственных задач, и в контексте экологических проблем. В первом случае основное внимание уделяется микроэлементам, влияющим на развитие сельскохозяйственных культур, во втором случае – элементам-токсикантам.

Исследования содержания тяжелых и токсичных металлов экологической направленности практикуются как в целях выявления конкретных видов загрязнения, так и (значительно чаще) для оценки экологической обстановки в целом. За последние десятилетия сложилась и получила значительное распространение практика создания карт загрязнения территорий городов и промышленных зон тяжелыми и токсичными металлами (эколого-геохимическое картографирование), а также предварительной оценки состояния загрязнения почв в районах намечаемой хозяйственной деятельности (инженерно-экологические изыскания).

Действующие нормативные документы в области контроля загрязнения почв, такие как СП 11-102-97<sup>1</sup> и СанПиН 2.1.7.1287-03<sup>2</sup>, акцентируют внимание на повсеместном и обязательном контроле следующих тяжелых металлов, входящих в стандартный перечень химических показателей: свинец, кадмий, цинк, медь, никель, мышьяк, ртуть. Свод правил СП 11-102-97 предусматривает сравнение фактических концентраций указанных тяжелых металлов с фоновыми, с возможностью не проводить дальнейшие исследования и мероприятия в случае, если фоновые величины не превышены. На сравнении фактических концентраций с фоновыми основывается также расчет суммарного показателя загрязнения почв  $Z_c$ , широко используемого как при научно-исследовательских работах, так и в практических целях. При этом за фон могут приниматься результаты специально выполненного опробования, выполненного вне сферы локального антропогенного воздействия, либо данные из справочных материалов, либо ориентировочные значения для средней полосы России (без уточнения её пределов), также опубликованные в СП 11-102-97. Проект нового свода правил выполнения инженерно-экологических изысканий, рассмотренный в ноябре 2019 г. на Общероссийской конференции изыскательских организаций [1], после чего утверждение его ожидается в ближайшее время, оставляя в неизменном виде стандартный набор контролируемых элементов, расширяет перечень рекомендуемых информационных источ-

<sup>1</sup> Свод правил. СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства». М.: Госстрой России, 1997. 41 с.

<sup>2</sup> СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы и грунтов (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 16 апреля 2003 г.) (с изм. от 25 апреля 2007 г.). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_42140/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_42140/) (дата обращения 15.05.2020 г.).

ников для получения сведений о региональном природном фоне. В число таких источников включаются результаты экологического мониторинга и/или научно-исследовательских работ (фондовых и опубликованных), а также данные о фоновых значениях, установленных в ходе ранее выполненных инженерно-экологических изысканий. Всё это существенно поднимает значимость региональных исследований фоновых концентраций химических элементов в почвах, и в том числе с учетом их распределения по почвенным разностям и почвообразующим породам.

В ряде регионов, к числу которых относится и Удмуртия, в силу особенностей геологического строения и развития, нередко наблюдаются превышения фоновых концентраций ряда химических элементов над гигиеническими стандартами, что может создавать определенные проблемы при экологической экспертизе проектов. В то же время, в Удмуртии имеется как значительный опыт исследования фоновых характеристик загрязнения почв, так и большой объем не учитываемых при этом фактических данных. Исследования выполнялись в разные годы, с использованием разных методик отбора и анализа проб, в рамках разных задач и нормативных требований.

Целью статьи является обобщение и вовлечение в научный оборот результатов многолетних изыскательских работ, выполненных на территории Удмуртии.

### К истории вопроса

Первое исследование фоновых характеристик содержания металлов в поверхностном слое почв было выполнено в начале 1990-х гг. в связи с эколого-геохимической съемкой территории г. Ижевска [2]. В силу специфики задач, выборки формировались не по признаку почвенных разностей, а по подстилающим их отложениям. Для отбора проб были выбраны два района, удаленные от промышленных центров и в сумме имеющие аналогичный с территорией г. Ижевска набор стратиграфогенетических и литологических подразделений четвертичных отложений: южный склон Тыловайской возвышенности, к востоку от с. Шаркан, и участок долины р. Валы и прилегающего песчаного массива, к северу от с. Водзимонье. Содержание химических элементов определялось путем полуколичественного спектрального анализа на 40 элементов, в лаборатории предприятия «Аэрогеология» (г. Москва), что не обеспечивало точность, соответствующую современным требованиям.

Средние содержания элементов для наиболее распространенных в Удмуртии почвенных разностей были определены в 1999 – 2003 гг. и опубликованы [3] по материалам инженерно-экологических изысканий в связи с проектированием объектов уничтожения химического оружия и изучения геохимических особенностей нефтяных месторождений [4], преимущественно в юго-западной и юго-восточной частях Удмуртии. Анализы выполнялись в Геоэкологической лаборатории УдГУ рентгеноспектральным флуоресцентным методом на основании аттестата аккредитации № РОСС RU 0001.511338 от 23 июня 1999 г.; исполнитель В.М. Габдуллин.

Значительные объемы геохимических исследований (тысячи анализов) геолого-поисковой и эколого-геологической направленности были выполнены ГПП «Волгагеология», при геологических съемках масштаба 1:200000, в 1990-2000-х гг. [5; 6]. В этих исследованиях также использовался не соответствующий современным требованиям полуколичественный спектральный анализ на 40 элементов, а результаты группировались по стратиграфическому и литолого-стратиграфическому признакам.

Почвенно-геохимические исследования сельскохозяйственной направленности на протяжении многих лет выполнялись Удмуртским научно-исследовательским институтом сельского хозяйства, Ижевской государственной сельскохозяйственной академией [7; 8] и Лабораторией экологии почв УдГУ под руководством М.Ф. Кузнецова [9; 10]. В этих исследованиях значительное внимание уделяется не только валовым, но и подвижным формам элементов, распределению их по почвенному профилю, в то время как почвообразующие породы подразделяются по принятой в почвенном картографировании упрощенной схеме (покровные суглинки и глины, карбонатные суглинки и глины, аллювиальные отложения и т.п.). Элементам, контролируемым при инженерно-экологических изысканиях, в рамках исследований сельскохозяйственной направленности уделялось относительно скромное внимание.

В целом в рамках рассмотренных исследований прошлых лет почти не определялись наиболее токсичные элементы – кадмий, ртуть, мышьяк. Сводные данные о средних концентрациях валовых содержаний тяжелых металлов, контролируемых при инженерно-экологических изысканиях, по достаточно полным выборкам упомянутых выше исследований приводятся в табл. 1.

Таблица 1

**Сводные данные о средних концентрациях валовых содержаний тяжелых металлов, контролируемых при инженерно-экологических изысканиях, по материалам исследований прошлых лет**

Природные объекты	Концентрации, мг/кг					Источники (№ по списку литературы)
	Pb	Zn	Cu	Ni	Cd	
Почвы, подстилаемые верхнечетвертичным аллювием	20	33	8	25		[2]
Почвы, подстилаемые современным балочным аллювием	21	30	6	30		
Почвы, подстилаемые эоловыми песками	19	35,5	5	22		
Почвы, подстилаемые делювиально-солифлюкционными суглинками	20,5	35	9	31		
Почвы, подстилаемые элювиально-делювиальными суглинками и глинами	20	37	10	42		
Дерново-сильнопodzolistые почвы на эоловых песках	25	40	17	30		[3]
Серые лесные почвы на элювиально-делювиальных и делювиально-солифлюкционных суглинках и глинах	25	71	23	72		
Аллювиальные и аллювиально-болотные почвы на аллювиальных отложениях	19	30	15	28		
Среднее содержание в осадочных породах территории листа О-39-XXIX (Ува)	28	26	16	45		[5]
Среднее содержание в почвах территории листов О-39-XXXIII (Малмыж), О-39-XXXIV (Вятские Поляны)	33	23	25	46		[6]
Почвы Северной зоны Удмуртии. Пески и супеси до 12%	7	35	13	23	0,4	[7]
Почвы Центральной зоны Удмуртии. Пески и супеси 14–28 %	6,5	27	8,5	19	0,35	
Почвы Западной зоны Удмуртии. Пески и супеси 20–53 %	5,0	27	6,0	16	0,3	
Почвы Ижевской зоны. Пески и супеси 8–10 %	7,0	31	10,0	24,0	0,4	
Почвы Шарканской зоны. Пески и супеси 2,5–5 %	8,0	34,0	14,0	25,0	0,4	
Почвы Южной зоны Удмуртии. Пески и супеси до 6 %	8,0	37,0	14,0	38,0	0,4	
Почвы Закамской зоны Удмуртии. Пески и супеси 40 %	6,0	27,0	6,0	18,0	0,3	
Почвы тяжелого гранулометрического состава				76,8		[10]
Дерново-карбонатные почвы				95,2		

Довольно значительные различия средних концентраций одних и тех же элементов по данным разных исследований, вероятно, объясняются разными интервалами опробования: 0-5 см согласно рекомендаций [11] для районов преобладания дерново-подзолистых почв, 0-20 см при геологических исследованиях [5; 6], верхний гумусированный горизонт вне зависимости от его мощности при исследованиях сельскохозяйственной направленности.

В связи с вступлением в силу гигиенических нормативов ГН 2.1.7.2511-09<sup>3</sup>, устанавливающих дифференциацию величин ориентировочных допустимых концентраций (ОДК) в зависимости от свойств почв (три основных ассоциации почв), использование в качестве фоновых характеристик результатов исследований прошлых лет стало проблематичным.

### Материалы и методы исследований

Отбор почвенных проб проводился при инженерно-экологических изысканиях для разработки проектов нефтепромысловых объектов (Горлинское, Гремихинское, Дебесское, Заборское, Золотаревское, Зотовское, Есенейское, Карсовайское, Кияйское, Коробовское, Кулигинское, Мишкинское, Мушаконское, Нефедовское, Новоселкинское, Областновское, Окуневское, Патраковское, Пибаньшурское, Пионерское, Пограничное, Полоское, Потаповское, Смольниковское, Сосновское, Тукмачевское, Центральное, Черновское, Шадбеговское, Южно-Киенгопское, Юськинское месторождения, трассы межпромысловых нефтепроводов), высоковольтной линии (Кизнерский, Можгинский, Малопургин-

<sup>3</sup> Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_88788/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_88788/) (дата обращения 15.05.2020 г.).

ский районы), месторождений песчано-гравийной смеси (Дебесский, Воткинский и Завьяловский районы), вышек связи (Алнашский район), в 2006-2013 гг. Пробы отбирались с площадок размером 10 x 10 м, из 5 точек «по конверту», из верхнего 5-сантиметрового слоя, без видимых органических (корни, побеги и т.п.) и неорганических (камни, обломки) включений. Пробы отбирались преимущественно на лесных землях, на пастбищах и сенокосах, в балках и т.п., что позволяет свести к минимуму воздействия, связанные с ведением сельского хозяйства и с современными эрозионно-аккумулятивными процессами. Пробы, отобранные на нарушенных и/или рекультивированных землях техногенных объектов, в рассматриваемую ниже выборку не включались. Одновременно на тех же площадках описывались почвенные разрезы, отбирались и анализировались агрохимические пробы, что позволяло определять почвенные разности и относить их к одной из ассоциаций согласно ГН 2.1.7.2511-09. С учетом указанных требований, в выборку вошли результаты анализов 117 проб на каждый из видов анализа.

Анализы на тяжелые металлы выполнялись в Геоэкологической лаборатории УдГУ рентгеноспектральным флуоресцентным методом на основании аттестатов аккредитации № РОСС RU 0001.511338 от «27» июня 2003 г. и № РОСС RU 0001.512044 от 4 февраля 2009 г. (ЦЭЛХА УдГУ); исполнитель В.М. Габдуллин (свинец, цинк, медь, никель). Агрохимические показатели определялись в Лаборатории экологии почв (ЦЭЛХА УдГУ), также на основании аттестата аккредитации № РОСС RU 0001.512044 от 4 февраля 2009 г.

Математическая обработка результатов выполнена с использованием метода многомерного кластерного анализа. Под кластерным анализом обычно подразумевается анализ множества объектов, классификационная принадлежность которых неизвестна. В нашем случае это обстоит несколько иначе, и в целях анализа и демонстрации взаимосвязей между концентрациями элементов как наиболее приемлемый приём выбран Ward's method [12]. На первом шаге предполагается, что каждый кластер состоит из одного объекта. Первоначально в класс объединяют два ближайших элемента, далее группируются объекты, которые минимизируют сумму квадратов дистанции для любых двух кластеров, которые могут быть сформированы на каждом шаге.

### Результаты и их обсуждение

Средние концентрации контролируемых при инженерно-экологических изысканиях валовых содержаний тяжелых металлов по трем ассоциациям основных почв согласно ГН 2.1.7.2511-09, а также сведения о повторяемости и кратности превышений ОДК представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Средние концентрации валовых содержаний тяжелых металлов по трем ассоциациям основных почв согласно ГН 2.1.7.2511-09 и сведения о повторяемости и кратности превышений ОДК**

Ассоциации почв, показатели		Число проб	Элементы						
			Pb	Zn	Cu	Ni	Cd	Hg	As
а) песчаные и супесчаные	Средняя концентрация, мг/кг	54	<b>10,3</b>	<b>35,6</b>	<b>15,1</b>	<b>34,7</b>	<b>0,38</b>	<b>0,4</b>	<b>3,7</b>
	Повторяемость превышений ОДК, в %		–	11,1	5,6	75,5	16,7	–	71,8
	Наибольшая кратность превышения		–	1,36	1,97	4,2	2,3	–	4,05
б) кислые (суглинистые и глинистые), рН КСl < 5,5	Средняя концентрация, мг/кг	35	<b>11,9</b>	<b>49,4</b>	<b>18,0</b>	<b>50,0</b>	<b>0,36</b>	<b>0,06</b>	<b>4,9</b>
	Повторяемость превышений ОДК, в %		–	–	–	62,9	–	–	48,0
	Наибольшая кратность превышения		–	–	–	3,2	–	–	2,2
в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), рН КСl > 5,5	Средняя концентрация, мг/кг	28	<b>14,1</b>	<b>49,7</b>	<b>16,4</b>	<b>48,2</b>	<b>0,46</b>	<b>0,046</b>	<b>4,4</b>
	Повторяемость превышений ОДК, в %		–	–	–	7,1	–	–	–
	Наибольшая кратность превышения		–	–	–	1,25	–	–	–

Обращает на себя внимание тот факт, что чем тяжелее состав почв и выше значения рН, тем реже встречаются превышения гигиенических нормативов, то есть размах реальных концентраций элементов в Удмуртии меньше, чем степень дифференциации величин ОДК.

Средние концентрации тяжелых металлов для наиболее часто встречающихся почвенных разностей приводятся в табл. 3.

Таблица 3

**Средние концентрации валовых содержаний тяжелых металлов для отдельных, наиболее часто встречающихся почвенных разностей, мг/кг**

Почвенные разности	Число проб	Элементы						
		Pb	Zn	Cu	Ni	Cd	Hg	As
Дерново-сильноподзолистые песчаные	12	6,1	32	15,6	32,7	0,24	0,56	3,1
Дерново-сильноподзолистые супесчаные	24	10,6	34,3	13,5	31,8	0,2	0,37	3,4
Дерново-среднеподзолистые песчаные	6	10,2	40,2	22,7	44,5		0,033	4,7
Дерново-среднеподзолистые супесчаные	7	12,6	38,4	12,3	41,1			4,4
Дерново-сильноподзолистые суглинистые	25	12,8	51,2	16,0	46,6	0,36	0,06	5,0
Дерново-среднеподзолистые суглинистые	25	13,1	50,9	20,4	56,2	0,32	0,07	5,4
Дерново-слабоподзолистые суглинистые	5	15,1	45,8	10,1	51,4	0,83	0,04	4,0

Как видно из приведенных табл. 1-3, с уменьшением степени подзолистости и увеличением глинистости почв концентрации тяжелых металлов закономерно повышаются. При этом схожие почвы характеризуются в целом схожими их концентрациями и соотношениями концентраций.

Таблица 4

**Матрица коэффициентов корреляции валовых содержаний тяжелых металлов в глинистых и суглинистых почвах в пределах нефтяных месторождений (рН <5,5)**

	Pb	Zn	Cu	Ni	Cd	Hg	As
Pb	x						
Zn	0,45	x					
Cu	0,14	0,64	x				
Ni	0,21	0,63	0,67	x			
Cd	0,74	0,32	0,03	0,25	x		
Hg	0,71	0,26	-0,003	0,24	0,99	x	
As	0,37	0,44	0,49	0,34	0,40	0,36	x

Таблица 5

**Матрица коэффициентов корреляции валовых содержаний тяжелых металлов в глинистых и суглинистых почвах в пределах нефтяных месторождений (рН >5,5)**

	Pb	Zn	Cu	Ni	Cd	Hg	As
Pb	x						
Zn	0,58	x					
Cu	0,09	0,43	x				
Ni	0,29	0,68	0,56	x			
Cd	0,43	0,47	0,21	0,19	x		
Hg	0,73	0,48	0,22	0,20	0,99	x	
As	0,31	0,34	0,17	0,10	0,27	0,26	x

В целях выявления ассоциаций элементов в почвах Удмуртии были определены коэффициенты корреляции и построены дендрограммы взаимосвязей содержания тяжелых металлов. В табл. 4, 5, 6 приведены коэффициенты корреляции валового содержания тяжелых металлов в глинистых и суглинистых почвах в пределах нефтяных месторождений (для рН<5,5 и рН>5,5), в песчаных и супесчаных

почвах. Из глинистых и суглинистых почв с показателем  $pH < 5,5$  в пределах нефтяных месторождений было отобрано 48 проб. Наиболее тесная связь характерна для Hg и Cd (0,99), Cd и Pb (0,74), Ni и Cu (0,67). Из глинистых и суглинистых почв с показателем  $pH > 5,5$  в пределах нефтяных месторождений было отобрано 32 пробы. Наиболее тесная связь характерна для Hg и Cd (0,99), Hg и Pb (0,73), Ni и Zn (0,68). Из супесчаных и песчаных почв отобрано 32 пробы. Наиболее тесная связь характерна для Hg и Cd (0,99), Cu и Zn (0,87), Cd и Pb (0,76).

Таблица 6

**Матрица коэффициентов корреляции валовых содержаний тяжелых металлов в песчаных и супесчаных почвах в пределах нефтяных месторождений**

	Pb	Zn	Cu	Ni	Cd	Hg	As
Pb	x						
Zn	0,73	x					
Cu	0,72	0,87	x				
Ni	0,64	0,68	0,75	x			
Cd	0,76	0,38	0,34	0,51	x		
Hg	0,73	0,33	0,31	0,48	0,99	x	
As	0,77	0,72	0,31	0,60	0,58	0,55	x

В табл. 7-9 приведены схемы объединения объектов методом Варда (дистанция Евклида) для каждой группы почв.

Таблица 7

**Схема объединения объектов методом Варда (дистанция Евклида) в кластеры для элементов, присутствующих в глинистых и суглинистых почвах в пределах нефтяных месторождений ( $pH < 5,5$ )**

Расстояние объединения	Объекты						
	1	2	3	4	5	6	7
5,000881	Cd	Hg					
40,83966	Cd	Hg	As				
81,98013	Pb	Cd	Hg	As			
126,4388	Zn	Ni					
144,8257	Pb	Cd	Hg	As	Cu		
636,5790	Pb	Cd	Hg	As	Cu	Zn	Ni

Таблица 8

**Схема объединения объектов методом Варда (дистанция Евклида) в кластеры для элементов, присутствующих в глинистых и суглинистых почвах в пределах нефтяных месторождений ( $pH > 5,5$ )**

Расстояние объединения	Объекты						
	1	2	3	4	5	6	7
4,945558	Cd	Hg					
27,56603	Cd	Hg	As				
68,69352	Pb	Cu					
85,85564	Zn	Ni					
130,6546	Pb	Cu	Cd	Hg	As		
567,9832	Pb	Cu	Cd	Hg	As	Zn	Ni

На рис. 1-3 в форме дендрограмм приведена классификация, соответствующая результатам многомерного анализа. Как видно из их сравнения, всем трем группировкам почв свойственны одни и те же ассоциации металлов: никель и цинк; кадмий, ртуть, мышьяк; медь и свинец. Это отражает общность геохимических особенностей почвообразующих пород, каковыми для всего региона в конечном счете являются верхнепермские отложения.

Таблица 9

**Схема объединения объектов методом Варда (дистанция Евклида) в кластеры для элементов, присутствующих в песчаных и супесчаных почвах в пределах нефтяных месторождений**

Расстояние объединения	Объекты						
	1	2	3	4	5	6	7
4,653779	Cd	Hg					
23,15283	Cd	Hg	As				
25,58691	Pb	Cu					
76,41510	Zn	Ni					
94,95388	Pb	Cu	Cd	Hg	As		
378,6929	Pb	Cu	Cd	Hg	As	Zn	Ni

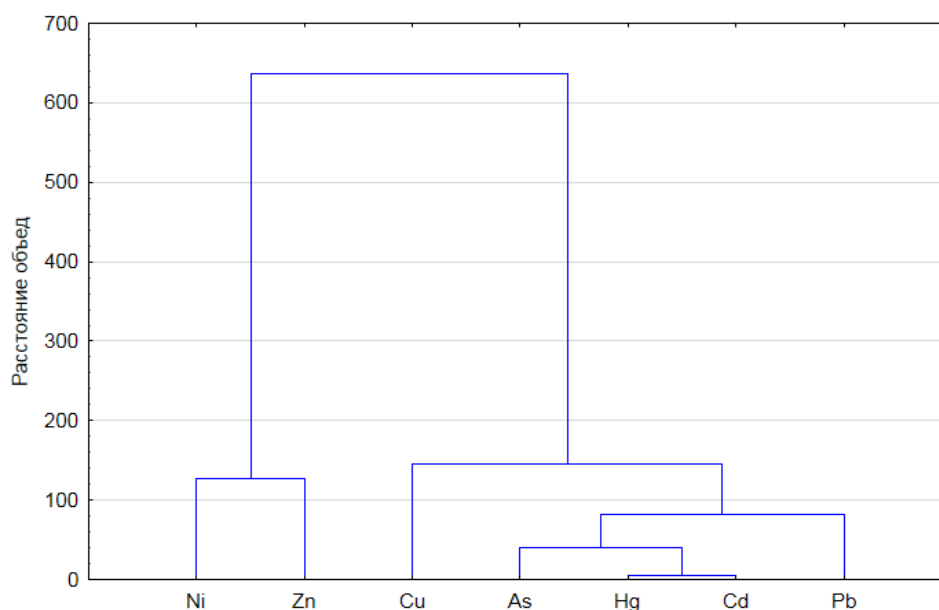


Рис. 1. Дендрограмма взаимосвязи содержания тяжелых металлов в глинистых и суглинистых почвах в пределах нефтяных месторождений (рН <5,5) по методу Варда (дистанция Евклида)

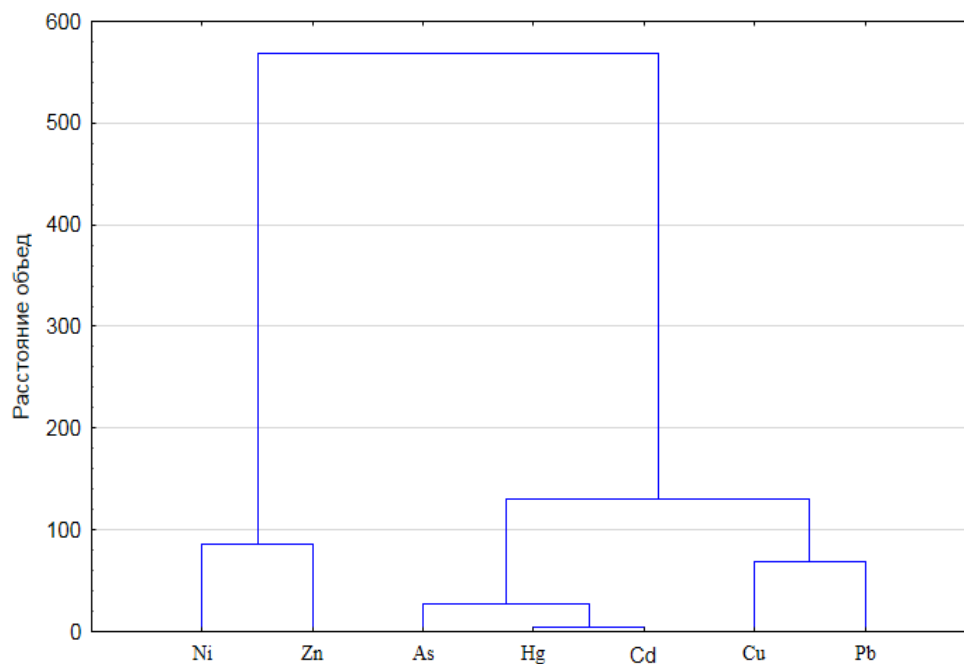


Рис. 2. Дендрограмма взаимосвязи содержания тяжелых металлов в глинистых и суглинистых почвах в пределах нефтяных месторождений (рН >5,5) по методу Варда (дистанция Евклида)

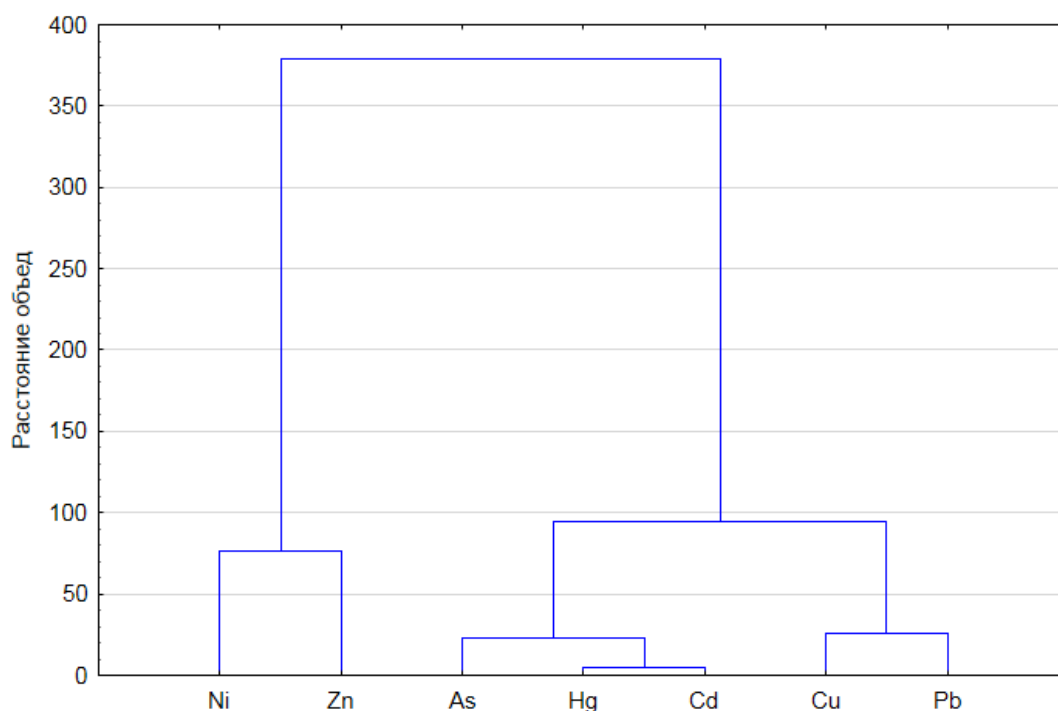


Рис. 3. Дендрограмма взаимосвязи содержания тяжелых металлов в супесчаных и песчаных почвах в пределах нефтяных месторождений по методу Варда (дистанция Евклида)

На приведенных дендрограммах видно, что практически каждый тип переменной имеет свою ветвь кластера. Исключением являются Ni и Zn, эти элементы образуют отдельный блок. Наибольшие значения расстояния объединения характерны для Hg и Cd. Очень малые расстояния объединения на высоком уровне заставляют полагать, что блоки «Ni и Zn» и блок «Cu, As, Yg, Cd, Pd» практически независимы.

### Заключение

Приведенные в табл. 2 сведения о средних концентрациях, повторяемости и кратности превышений ОДК тяжелых металлов означают, что превышения гигиенических стандартов по таким элементам, как никель, мышьяк, а также в меньшей степени цинк, медь и кадмий, в Удмуртии не только не являются чем-то исключительным, но и пользуются распространением. В особенности это относится к почвам легкого состава. Хотя, как отмечено выше, от легких почв к тяжелым и от кислых к нейтральным и слабощелочным концентрации тяжелых металлов закономерно повышаются, но в меньшей степени, чем соответствующие гигиенические нормативы. Это, вероятно, отражает особенности представленных в Удмуртии почв и почвообразующих отложений легкого гранулометрического состава – относительно слабую промытость песков и значительную долю в их составе глинистых частиц. Поскольку хорошо промытые песчаные отложения крупных водных объектов в Удмуртии не пользуются широким распространением, это закономерно, то есть дифференциация гранулометрического состава почв и почвообразующих пород в условиях Удмуртии не столь велика как это предполагается гигиеническими нормативами.

Из числа изученных элементов, контролируемых при инженерно-экологических изысканиях, в рамках работ по перечисленным выше объектам превышений ОДК не выявлено только по свинцу и ртути. Следует отметить, что ранее при исследованиях в Камбарском районе были отмечены превышения действующего ныне норматива свинца согласно ГН 2.1.7.2511-09 для песчаных и супесчаных почв (до 2,8 раз) [4]. Это уникальное или по крайней мере редкое для Удмуртии явление может быть как особенностью природного фона, связанной в том числе со «струйными» ореолами металлов в краевых зонах нефтяных залежей [13], так и загрязнением, вероятнее всего связанным с военной деятельностью в прошлом.

Изученным группам почвенных разностей свойственны похожие ассоциации элементов: никель и цинк; кадмий, ртуть, мышьяк; медь и свинец, что отражает общность геохимических особенностей почвообразующих пород, каковыми для всего региона в конечном счете являются верхнепермские отложения.



Представленные средние концентрации тяжелых металлов для изученных ассоциаций почв определены на основе достаточно представительных выборок по результатам анализов, выполненных с соблюдением метрологических требований и могут приниматься за фоновые при последующих инженерно-экологических изысканиях в регионе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации. Материалы Пятнадцатой Общероссийской научно-практической конференции изыскательских организаций. М.: ООО «Геомаркетинг». 2019. 518 с.
2. Геоэкологические проблемы Удмуртии / под ред. В.И. Стурмана. Ижевск: Изд. Удм. ун-та, 1998. 158 с.
3. Габдуллин В.М., Стурман В.И. Фоновые концентрации тяжелых металлов в поверхностном слое почв Удмуртии и основные факторы, влияющие на них // Вестн. Удм. ун-та. 2004. № 8. С. 3-16.
4. Стурман В.И., Габдуллин В.М. Перспективы внедрения геохимических методов поисков залежей нефти, применительно к условиям Удмуртии // Вестн. Удм. ун-та. 2005. № 11. С. 249-255.
5. Руднев М.Л., Воропаев А.С., Коновалова О.А. и др. «Отчет о геологической, гидрогеологической, инженерно-геологической съемке и геологическому доизучению с эколого-геологическими исследованиями масштаба 1:200000 в пределах листа О-39-XXIX (Ува), выполненных Центральной ГГЭ в 1995-2001 гг.», в 3-х т. Центральная ГГЭ ФГУП «Волгагеология». Н. Новгород, 2001.
6. Ильин Ю.Г., Трофимычев С.А., Манылов И.Г., Морозова О.А., Руднев М. Л., Коновалова О.А. Отчет по групповой гидрогеологической и инженерно-геологической съемке, геологической съемке и геологическому доизучению площадей с эколого-геологическими исследованиями масштаба 1:200 000 в пределах листов О-39-XXXIII (Малмыж), О-39-XXXIV (Вятские Поляны), выполненных Центральной ГГЭ в 1996-2002 гг. Центральная ГГЭ ФГУП «Волгагеология». Н. Новгород, 2002.
7. Безносков А.И., Башмаков Л.Б., Нелюбин В.Г. Содержание тяжелых металлов в пахотных почвах Удмуртской Республики. Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2005. 74 с.
8. Леднёв А.В., Ложкин А.В., Безносков А.И. Тяжёлые металлы в почвах Удмуртской Республики и приёмы, снижающие их миграцию в системе почва-растение. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2016. 174 с.
9. Кузнецов М.Ф. Микроэлементы в почвах Удмуртии. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1994. 287 с.
10. Зыкина Н.Г., Кузнецов М.Ф. К вопросу о фоновом содержании некоторых микроэлементов (V, Ni, Ti, Sn, Sc, Sr, Zr, Y, Yb) в почвах Удмуртии // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2020. Т.30, вып. 1. С. 43-52.
11. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. М.: Недра, 1990. 335 с.
12. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. М.: Академия, 2004. 416 с.
13. Путиков О.Ф., Руханин А.С. О возможном механизме формирования «струйных» ореолов рассеяния // Докл. Академии наук. 1994. Т. 338. № 2. С. 219-221.

Поступила в редакцию 19.08.2020

Стурман Владимир Ицхакович, доктор географических наук, профессор,  
профессор кафедры экологической безопасности телекоммуникаций  
E-mail st@izh.com

Логиновская Алена Николаевна, кандидат географических наук,  
доцент кафедры экологической безопасности телекоммуникаций  
E-mail aloginovskaja@bk.ru

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
имени проф. М.А. Бонч-Бруевича»  
193232, Россия, Санкт-Петербург, пр. Большевиков, 22

*V.I. Sturman, A.N. Loginovskaya*

**BACKGROUND CONCENTRATION OF HEAVY METALS (LEAD, CADMIUM, ZINC, COPPER, NICKEL, ARSENIC, MERCURY) IN SURFACE SOILS OF UDMURTIA CONTROLLED AT ENGINEERING-ECOLOGICAL RESEARCHES**

DOI: 10.35634/2412-9518-2020-30-3-285-294

Materials of engineering-ecological researches on various economic objects in Udmurtia are processed and systematized. Average (background) concentration of the heavy metals which are subject to obligatory control at engineering-ecological researches (lead, cadmium, zinc, copper, nickel, arsenic, mercury) for the main associations of soils and most wide-distributed kinds of soils are defined. It is revealed that with decreasing the soil's podzol content and increasing

the soil's clay content, concentrations of heavy metals naturally raise. In general, similar soils are characterized by similar concentrations of heavy metals and similar ratios of concentration. It is established that excesses of hygienic standards on such elements as nickel, arsenic and to a lesser extent zinc, copper and cadmium, are not only something exclusive in Udmurtia, but also spreading more and more widely, especially in soils of light structure. The received average concentration can be accepted as background one at the subsequent engineering-ecological researches in the region.

*Keywords:* geochemistry, heavy metals, soils, engineering-ecological researches, Udmurtia.

#### REFERENCES

1. Perspektivy razvitiya inzhenernykh izyskaniy v stroitel'stve v Rossiyskoy Federatsii. Materialy Pyatnadtsatoy Obshcherossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii izyskatel'skikh organizatsiy [Prospects for the development of engineering surveys in construction in the Russian Federation. Materials of the Fifteenth All-Russian scientific and practical conference of survey organizations], Moscow: ООО «Geomarketing», 2019, 518 p. (in Russ.).
2. Geoekologicheskie problemy Udmurtii [Geoecological problems of Udmurtia, Sturman V.I. (ed), Izhevsk: Udmurt. Gos. Univ., 1998, 158 p. (in Russ.).
3. Gabdullin V.M., Sturman V.I. [Background concentrations of heavy metals in the surface layer of Udmurtia soils and the main affecting factors], in Vestn. Udmurt. Univ., 2004, iss. 8, pp. 3–16 (in Russ.).
4. Sturman V. I., Gabdullin V. M. [Prospects for the introduction of geochemical methods for searching for oil deposits, applied to the conditions of Udmurtia], in Vestn. Udmurt. Univ., 2005, vol. 15, iss. 11, pp. 249–255 (in Russ.).
5. Rudnev M. L., Voropaev A. S., Konovalova O. A. et al. Otchet o geologicheskoy, gidrogeologicheskoy, inzhenerno-geologicheskoy s'emke i geologicheskomu doizucheniyu s'ekologo-geologicheskimi issledovaniyami masshtaba 1:200000 v predelax lista O-39-XXIX (Uva), vy'polnenny'x Central'noj GGE' v 1995-2001gg., v 3 tomah [Report on geological, hydrogeological, engineering-geological survey and geological re-study with ecological-geological studies of 1:200,000 scale within the o-39-XXIX sheet (Uva), performed by the Central GGE in 1995-2001, in 3 volumes], Central GGE FGUGP "Volgageologiya", Nizhny Novgorod, 2001. (in Russ.).
6. Il'in Yu.G., Trofim'yev S.A., Many'lov I.G., Morozova O.A., Rudnev M. L., Konovalova O.A. Otchet o geologicheskoy, gidrogeologicheskoy, inzhenerno-geologicheskoy s'emke i geologicheskomu doizucheniyu s'ekologo-geologicheskimi issledovaniyami masshtaba 1:200000 v predelakh lista O-39-XXIX (Uva), v'ypolnennykh Tsentral'noy GGE v 1995-2001gg [Report on group hydrogeological and engineering-geological survey, geological survey and geological re-study of areas with ecological and geological studies of scale 1: 200 000 within sheets O-39-XXXIII (Malmyzh), O-39-XXXIV (Vyatskiye Polyany), performed by the Central GGE in 1996-2002.] Central'naya GGE' FGUGP "Volgageologiya", Nizhny Novgorod, 2002. (in Russ.).
7. Beznosov A.I., Bashmakov L.B., Nelyubin V.G. Soderzhanie tyazhelykh metallov v pakhotnykh pochvakh Udmurtskoy Respubliki [Heavy metal content in arable soils of the Udmurt Republic], Izhevsk: Izhevsk. Gosud. Sel'skokhoz. Akad., 2005, 74 p. (in Russ.).
8. Lednev A.V., Lozhkin A.V., Beznosov A.I. Tyazhelye metally v pochvakh Udmurtskoy Respubliki i priemy, snizhayushchie ikh migratsiyu v sisteme pochva-rastenie [Heavy metals in the soils of the Udmurt Republic and methods that reduce their migration in the soil-plant system], Izhevsk: Izhevsk. Gosud. Sel'skokhoz. Akad., 2016, 174 p. (in Russ.).
9. Kuznetsov M.F. Mikroelementy v pochvakh Udmurtii [Trace elements in soils of the Udmurt Republic], Izhevsk: Udmurt. Gos. Univ., 1994. 287 p. (in Russ.).
10. Zykina N.G., Kuznetsov M.F. [On background content of some microelements (V, Ni, Ti, Sn, Sc, Sr, Zr, Y, Yb) in soils of Udmurtia], in Vestn. Udmurt. Univ. Ser. Biol. Nauki o Zemle, 2020, vol. 30, iss. 1, pp. 43–52 (in Russ.).
11. Geokhimiya okruzhayushchey sredy [Environmental Geochemistry], Yu.E.Saet, B.A.Revich, E.P.Yanin et al, Moscow: Nedra, 1990, 335 p. (in Russ.).
12. Puzachenko Yu.G. Matematicheskie metody v ekologicheskikh i geograficheskikh issledovaniyakh [Mathematical methods in environmental and geographical research], Moscow: Akademiya, 2004, 416 p. (in Russ.).
13. Putikov O.F., Rukhanin A.S. [On the possible mechanism of formation of " jet " scattering halos], in Doklady Akademii nauk [Reports of the Academy of Sciences], 1994, vol. 338, iss. 2, pp. 219-221 (in Russ.).

Received 19.08.2020

Sturman V.I., Doctor of Geography, Professor,  
Professor at Department of Telecommunications Environmental Security  
E-mail: st@izh.com

Loginovskaya A.N., Candidate of Geography, Associate Professor at Department  
of Telecommunications Environmental Security  
E-mail: aloginovskaja@bk.ru

The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications  
Bol'shevnikov Ave, 22, Saint-Petersburg, Russia, 193232