

8. Бузмаков С.А., Кулакова С.А. Природно-техногенные экосистемы на территории нефтяных месторождений (на примере Пермского края)// Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2011. №1. С.39–44.
9. Бузмаков С.А., Кулакова С.А. Дegradация и загрязнение земель на территории нефтяных месторождений // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2011. №3. С.13–21.
10. Звягинцев Д.Г., Гузев В.С., Левин С.В., Оборин А.А. Диагностические признаки различных уровней загрязнения почв нефтью// Почвоведение. 1989. № 1. С.72–78.
11. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: МГУ, 1980. С.130–138.
12. Оборин А.А. Стадник Е.В. Нефтегазопроисковая геомикробиология. Екатеринбург: УрО РАН, 1996. 408 с.
13. Оборин А.А., Рубинштейн Л.М., Хмурчик В.Т., Чурилова Н.С. Концепция организованности подземной биосферы. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 148с.
14. Пиковский Ю.И. Геохимические особенности техногенных потоков в районах нефтедобычи //Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. М.: Наука, 1981. С.134–148.
15. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: МГУ, 1993. 206с.
16. Пиковский Ю.И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах //Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 7–22.

S.A. Buzmakov

BIOINDICATION INDUSTRIAL TRANSFORMATION ECOSYSTEM IN THE OIL FIELDS AS MICROBIAL COMPLEX

The most significant and specific factors of technogenic influence on operation of oil field believe: atmospheric pollution, water-oil emulsions emergency gas vents, pollution of water bodies and floodplain soils saline waters. Bioindication of man-made changes to the ecosystem as the main groups of microorganisms allows to determine the stage of its transformation.

Key words: oil field, ecosystem, microorganism, transformation stage, technogenic factor, pollution.

Sergey A. Buzmakov, Doctor of Geography, Professor, Head of Department of Biogeocenology and Nature Protection, Perm State National Research University; 15, Bukirev, Perm, 614990 Russia; lep@psu.ru

УДК 502.1:502.55:504.5

Е.А. Ворончихина, А.В. Щукин, Н.И. Щукина

К ОЦЕНКЕ ГЕОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УРБЭКОСИСТЕМЫ ПЕРМИ В СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ

Рассмотрены эколого-геохимические процессы, обусловленные рассеиванием техногенных химических элементов, вносимых с противогололедными реагентами в урбэкоцистему. Дана оценка техногенной нагрузки и ее экологические последствия.

Ключевые слова: урбанизированные экосистемы; гололеда; противогололедные реагенты; загрязнение среды; экологические последствия.

© Ворончихина Е.А., Щукин А.В., Щукина Н.И., 2014

Ворончихина Евгения Александровна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Естественнонаучного института Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; voronchihina-ea@yandex.ru

Щукин Артем Владимирович, Щукина Надежда Ивановна магистранты геологического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; N.Shc_1992@mail.ru

Большая часть населения нашей страны живет в городах. По данным последней переписи населения доля горожан составляет в России 73,3 %, в Пермском крае она еще выше – 75 % [8]. В этой связи благополучное экологическое состояние городской среды является без преувеличения важнейшим условием сохранения здоровья нации. Вместе с тем эксперты в области урбанизации и здравоохранения, прогнозируя дальнейший рост численности городского населения, отмечают тревожную тенденцию повышения уровня заболеваемости и смертности горожан, причинами которой называют экологические условия [13]. До настоящего времени экологический контроль в городах не охватывает значительную часть техногенных воздействий, влияющих на среду обитания [1; 7; 24]. Такая ситуация характерна для всех урбоэкосистем России, не является исключением и Пермский край, включая краевую столицу.

С экологической точки зрения города, будучи очагами концентрации промышленности, представляют собой экосистемы, сформировавшиеся под влиянием сложного взаимодействия природных и хозяйственных факторов. Из природных факторов наиболее значимы в данном процессе климатические и орографические, поскольку именно они перераспределяют основные потоки техногенного вещества и энергии в экосистемах. В меньшей степени, но весьма существенно, в средообразовании участвует растительный покров – зеленые насаждения города. Человек, рассматриваемый как компонент урбоэкосистемы, влияет на ее состояние через группу хозяйственных факторов, объединяющих промышленные и социогенные виды воздействий.

Промышленная деятельность в большинстве случаев оказывает негативное влияние на среду обитания человека; социогенный фактор не столь однозначен, поскольку представляет собой усилия социума, осознанно направленные на улучшение условий жизни и хозяйственной деятельности человека. С учетом того что по климатическим показателям наша страна самая суровая в мировом сообществе, многие ее регионы, например Пермский край, характеризуются длительным зимним периодом, с частыми перепадами температур, вызывающими гололедицу, важную роль в группе социогенных факторов играют хозяйственные мероприятия, направленные на борьбу с гололедными явлениями. Их основу составляет обработка участков урбоэкосистемы – автодорог, тротуаров, придомовых территорий и др. – противогололедными реагентами (ПГР). Состав ПГР весьма разнообразен и включает разнокачественные группы веществ, обладающих фрикционным, химическим или комбинированным воздействием [25].

Фрикционные реагенты работают по принципу повышения шероховатости покрытой льдом поверхности. В большинстве случаев они представлены природными сыпучими или искусственно дроблеными материалами – песком, гравием, гранитной или мраморной крошкой, щебнем. Нередко в качестве ПГР фрикционного действия используются промышленные отходы – зола или шлак. Реагенты химического действия включают вещества, размягчающие ледовую массу посредством понижения температуры ее замерзания. Их основу составляют солевые смеси, среди которых особо выделяются хлориды, обладающие наибольшим противогололедным эффектом, активно работающие на размягчение ледяной корки при наиболее низких температурах по сравнению с прочими солями. Комбинированные реагенты представлены различными композициями химических и фрикционных ингредиентов.

По имеющейся информации наиболее безопасны для урбанизированных экосистем реагенты фрикционного действия – песок, щебень, гранитная и мраморная крошка. Именно таковым отдается предпочтение за рубежом, причем, гранитная и мраморная крошка используются многократно: собранный по завершению гололеда дорожный смет промывают и просушивают, после чего он вновь служит для подсыпки [1; 17; 24; 25].

В Пермском крае необходимая частота противогололедных обработок на порядок превышает западноевропейские требования, использование фрикционных реагентов в таких условиях малоэффективно. Их применение оправдано только на дорогах с низкой плотностью движения. На городских магистралях, где плотность автотранспортных потоков высока, фрикционные материалы, налипая на колеса, быстро удаляются с дорожного полотна. Расход фрикционных смесей при этом многократно возрастает, большие объемы рассеивания сопровождаются смывом рыхлого материала в ливневую канализацию, вследствие чего происходит засорение водоотводов, требующее значительных материальных затрат на очистку [17; 25]. Поэтому ПГР фрикционного и комбинированного действия, несмотря на экологические предпочтения, вытесняются из хозяйственного оборота химическими реагентами на основе простых (галит, техническая соль) и

сложных солей, зачастую не имеющих экологических сертификатов и не изученных в плане влияния на природные компоненты урбоэкосистем.

Поток неофициальной информации о возможных негативных экологических последствиях применения солевых реагентов для борьбы с гололедными явлениями предопределил цель данного исследования – оценку геохимических последствий рассеивания ПГР в урбоэкосистеме.

Объект и предмет исследования

Территориальным объектом исследования послужила урбоэкосистема Перми, характеризующаяся продолжительным гололедоопасным периодом, составляющим согласно региональным нормативным документам около 6 мес. [15]. При оценке учитывалось, что протяженность автодорог в Перми на сегодня около 1100 км, площадь распространения на них гололедоопасных процессов выражается величиной 9,643 млн м² [6]. Вся эта площадь в зимнее время года нуждается в противогололедной обработке, нормативный годовой объем внесения реагентов согласно дорожному регламенту не менее 2 кг/м², или 16–18 т/км дороги [15]. Химический состав реагентов «нового поколения», применяемых для борьбы с гололедицей в Перми, отражает табл.1.

Таблица 1

Химический состав ПГР по данным производителя [21]

Компоненты состава	Класс экологической опасности компонента	Массовая доля компонентов (%) в составе ПГР марки		
		«Бионорд»	«Биодор»	«Экосол»
Хлористый кальций	3	< 90	20-50	10–25
Хлористый калий	3	< 25	5-20	5–10
Хлористый магний	3	Нет	3- 15	Нет
Хлористый натрий	3	< 80	15-70	< 85
Ацетат калия	3	< 98	Нет	Нет
Мочевина	3	< 25	30-50	Нет
Карбонат кальция	4	< 80	Нет	Нет
Формиат калия	4	<98	Нет	Нет
Формиат натрия	4	< 80	10-30	Нет
Нерастворимые примеси	-	< 2,5	< 2,5	< 2,5
pH водного раствора	-	5–9	5–9	5–9

Исходя из нормативов использования ПГР, несложно рассчитать массу рассеиваемых при их хозяйственном использовании чужеродных для урбоэкосистемы продуктов. Она составляет не менее 20 тыс. т/год. Очевидно, что это не проходит бесследно для экосистемы города, реальная экологическая опасность рассеивания зависит от фонового состояния городской среды и химического состава используемых реагентов.

Поставщиком продукции для противогололедных обработок является ООО «Пермская Соляная Компания», основной производитель – ОАО «Уральский завод противогололедных материалов» (далее – ОАО «УЗПМ»). Продукция ОАО «УЗПМ» включает группы реагентов марок «Бионорд», «Биодор», «Экосол». Из характеристики химического состава ПГР, представленной в техническом паспорте изготовителя [21], очевидно, что долевое соотношение компонентов имеет очень широкие пределы колебаний. Допустимая техническим регламентом концентрация хлоридов натрия и кальция, относящихся к 3-му классу экологической опасности, может достигать в реагентах 80 и 90 % соответственно (см. табл.1). Помимо стандартного набора хлоридов, составляющих основу ПГР, в их составе имеется ацетат калия и мочевины, формиаты калия и натрия, около 2,5 % нерастворимых примесей. Состав примесей иллюстрирует табл.2, в которой приведена официальная информация, подтвержденная протоколом испытаний образца ПГР,

выполненных аналитическим центром Института токсикологии ФМБА РФ (г.Санкт-Петербург) в 2012 г. [22]. Согласно аналитическим данным в составе ПГР присутствуют 14 химических элементов, относящихся к первому (мышьяк, ртуть, таллий, кадмий, свинец и цинк), второму и третьему классам экологической опасности. Несложный расчет показывает, что с учетом нормативного объема хозяйственного использования ПГР – 2 кг/м² [15] – ежегодное поступление элементов-примесей в урбоэкосистему Перми превышает 500 т/год, в том числе свыше 0,6 т химических элементов 1–3-го классов экологической опасности (см.табл.2). Расчетный объем рассеивания, приведенный в табл.2, существенно занижен, поскольку в нем учтена только дорожная обработка. В связи с отсутствием информации об объемах внесения ПГР на придомовые территории и тротуары данная нагрузка не учитывалась.

Экологическая специфика химических элементов-примесей, присутствующих в составе ПГР, обусловлена их устойчивостью в среде обитания в связи с предрасположенностью к механической и биогенной аккумуляции, из чего следует, что даже при небольшой, но продолжительной по времени нагрузке элементы-примеси способны сформировать опасные для здоровья человека очаги геохимической напряженности. Данное обстоятельство позволяет с большой долей вероятности прогнозировать накопление экологически опасных элементов в дорожном смете, в атмосферной пыли и в почвенном покрове города, поэтому при оценке геохимических последствий рассеивания ПГР основное внимание уделено именно этим компонентам среды.

Таблица 2

Содержание и объем рассеивания элементов, выявленных в составе ПГР

Элемент	Класс экологической опасности элемента по [23]/[20]	Допустимое содержание по техническому регламенту мг/кг,[21]	Фактическое содержание по данным анализа мг/кг,[22]	Допустимое содержание в воде, мг/л,[20]	Расчетный объем рассеивания в урбоэкосистеме Перми, кг/год
As	1/1	2,0	0,05	0,01	1
Hg	1/1	2,1	<0,0005	0,0005	0,01
Tl	-/1	-	<0,00005	0,0001	0,001
Cd	1/2	1,0	0,002	0,001	0,04
Pb	1/2	6,0	1,83	0,01	36,6
Zn	1/3	23,0	1,03	1,00	20,6
Ba	3/2	3,6	0,70	0,70	14
B	2/2	5,0	<1,00	0,50	20
Ni	2/2	4,0	<0,2	0,02	4
Co	2/2	5,0	<0,05	0,10	1
Cr	2/3	6,0	0,013	0,05	0,26
Cu	2/2	3,0	<0,2	1,00	4
Mn	3/3	100,0	2,3	0,10	46
Al	-/3	-	26	2,00	520
Всего					667,6

Материал и методика

Организационную основу исследования составляют рекомендации по оценке загрязнения природных компонентов и нормативы допустимого содержания в них техногенных продуктов [10–12;16; 19; 23]. Сложность решения поставленных задач обусловлена широким спектром загрязнителей, поступающих в урбоэкосистему из других источников, зачастую более мощных в

сравнении с ПГР. В таких условиях важнейшим условием получения объективного результата оценки является веское обоснование территориального размещения площадок наблюдений. Они должны размещаться в однотипных фоновых условиях, но существенно отличаться объемами поступления ПГР. Поэтому на территории урбоэкосистемы размещено 6 стационарных площадок наблюдений: площадка 1 (фоновая) – в границах зеленой зоны города (лесной массив в районе лыжной базы «Динамо»); площадки 2 и 3 – за пределами ареалов прямого внесения ПГР на участках внутригородского озеленения (газоны в скверах на ул.Сибирская и на ул.Хохрякова); площадки 4–6 – в границах ареалов рассеивания ПГР (газон на ул.Ленина напротив здания культурно-делового центра и газоны на перекрестке ул.Островского и ул.Революции).

Оценка загрязнения выполнена по апробированной методике, разработанной коллективом авторов под руководством Ю.Е. Сае и др. [11]. Согласно данному документу наиболее объективную информацию о техногенной нагрузке дает совмещенный анализ содержания загрязняющих элементов в снежном покрове и подстилающем его слое почв. Химический состав данных компонентов, рассматриваемых совместно, отражает различные временные состояния техногенной нагрузки на урбоэкосистему: снежного покрова – текущие и сезонные; почвенного покрова – многолетние. Информация о химическом составе данных компонентов позволяет не только анализировать текущий уровень загрязнения, но и прогнозировать его последствия.

Наблюдения за содержанием технофильных элементов в снеге и почвах урбоэкосистемы Перми проводились на протяжении 2009–2013 гг. с ежегодным отбором проб на стационарных площадках наблюдений. Пробы снега отбирались в период, предшествующий снеготаянию (начало марта), почвенного субстрата – после схода снега (конец апреля). Снеговые пробы отбирались на всю мощность залегания снеговой толщи, почвенные – из верхнего (0–10 см) слоя [10–12]. Сведения об участках пробоотбора даны в табл.3.

Химический анализ компонентных проб выполнен в лабораториях, имеющих соответствующие сертификаты, в том числе: общие химические показатели талых вод и водной вытяжки из почв – в Лаборатории гидрохимического анализа ПГНИУ (РОСС.RU.0001.518916); микроэлементный состав – в Лаборатории физико-химических методов исследования Института геологии и геохимии УрО РАН (РОСС.RU.0001.516761).

При постановке исследования учитывалось, что почвенный покров в зависимости от физико-химического состояния обладает разной депонирующей активностью по отношению к загрязнителям. Избирательно поглощая химические ингредиенты, в зависимости от содержания органического вещества, глины и кислотно-основных свойств при равном объеме рассеивания почвенный субстрат будет отличаться составом и массой накопленных загрязнителей. Общее количество минерального вещества в субстрате характеризуется показателем зольности, по величине которой, допуская равенство прочих условий, можно косвенным образом судить об уровне техногенной атмосферической нагрузки – чем выше показатель зольности, тем выше содержание в субстрате минеральных ингредиентов. По данным табл. 3 можно заключить, что наиболее подвержены техногенной нагрузке территориальные ареалы участков рассеивания ПГР, зольность почвенного субстрата и плотного остатка снеговых вод которых существенно выше, чем у аналогичного субстрата фоновой площадки (см. табл. 3, площадки 4–6).

Миграционная активность рассматриваемых загрязнителей в почвах корректируется кислотностью почвенных растворов: в кислых почвах осаждаются преимущественно анионогенные элементы, в нейтральных и щелочных – катионогенные [18]. Существенную роль в почвенной аккумуляции загрязняющих элементов играют процессы химического взаимодействия между ними, зависящие от катионо-анионного состава почвенных растворов. Поэтому при оценке уровня загрязнения учитывались не только элементы-загрязнители, но и общие химические показатели рассматриваемых компонентов (табл.4).

Обзор результатов исследования

Средние за период наблюдений характеристики геохимического состояния оцениваемых природных компонентов представлены в табл. 4–6. Данные, приведенные в табл.4, позволяют оценить влияние ПГР на общие химические показатели талых снеговых вод и водную вытяжку из почвенного субстрата. Так, по результатам анализов уровень кислотности снеговых вод в пробах, отобранных на фоновой территории в период наблюдений, колебался с небольшими отклонениями от значения рН 5,6 (кислые воды), в то время как на участках, подверженных воздействию ПГР, во всех случаях отмечалась щелочная реакция вод – рН 8,0 и выше (табл.4, пп.4–6). Уровень

минерализации вод в границах ареала рассеивания ПГР имел значения на два порядка выше фоновых и на порядок выше, чем на городской территории, расположенной за пределами прямого воздействия ПГР – на газонах городских скверов. Фациальный состав талых снеговых вод, будучи гидрокарбонатно-кальциевым на фоновой территории, в границах участков рассеивания ПГР становится хлоридно-натриевым (табл.4, пп.1, 4–6).

Таблица 3

Показатели пробоотбора за период наблюдений 2009–2013 гг.

Территориальная привязка площадок отбора проб		Компонентная принадлежность пробы	Общее количество проб	Характеристика проб		
№ площадки	Местонахождение			Механический состав	Зольность, %	Плотность, г/см ³
<i>Фоновая территория</i>						
1	Зеленая зона города в границах лыжной базы «Динамо»	Снег	5	- ⁽¹⁾	26 ⁽²⁾ /±3,1	0,4/±0,2
		Почва	5	Средний суглинок	72/±2,7	1,3/±0,1
<i>Территориальные ареалы за пределами прямого поступления реагентов</i>						
2	Газон в сквере на ул. Сибирская	Снег	5	-	43/±3,8	0,6/±0,1
		Почва	5	Легкий суглинок	78/±3,3	1,1/±0,1
3	Газон в сквере на ул. Хохрякова	Снег	5	-	41/±3,0	0,6/±0,1
		Почва	5	Легкий суглинок	86/±3,9	1,1/±0,4
<i>Участки очевидного рассеивания реагентов</i>						
4	Газон на ул. Ленина возле КДЦ	Снег	5	-	71/±2,2	0,7/±0,3
		Почва	5	Легкий суглинок	91/±5,7	1,1/±0,1
5	Газон на перекрестке ул. Островского и ул. Революции (за тротуаром)	Снег	5	-	86/±7,1	0,7/±0,3
		Почва	5	Легкий суглинок	94/±3,6	1,1/±0,1
6	Газон на перекрестке ул. Островского и ул. Революции (у дороги)	Снег	5	-	96/±3,0	0,7/±0,3
		Почва	5	Супесь	98/±1,3	1,0/±0,1

Примечания:

⁽¹⁾ – прочерк в графе означает, что показатель не определялся;

⁽²⁾ – зольность снега дана по результатам озоления плотного остатка фильтрата снеговых вод.

Содержание элементов-примесей в талых снеговых водах и в водной вытяжке из почв оценено по стандартному показателю Z_c [11,23], отражающему сумму превышений концентрации элементов в субстрате над нормативно допустимым уровнем. В качестве нормативно допустимого уровня при расчете использованы значения ПДК [19], ОДК [16] и почвенный кларк [14].

Полученные средние значения Z_c применительно к водному компоненту рассматриваемых территориальных ареалов урбозкосистемы колеблются в пределах 2,4–35,0 (см. табл.4). Из

количественных значений Z_c , приведенных в табл.4, видно, что наименьшая суммарная геохимическая нагрузка, оцененная по содержанию элементов в воде, характеризует ситуацию, сложившуюся в границах зеленой зоны урбоэкосистемы, наиболее высокая – на площадке наблюдений, расположенной в границах придорожного газона (перекресток ул.Революции и ул.Островского). Учитывая, что при значениях Z_c менее 16,0 загрязнение относится к категории «допустимое» [23], на уровне удовлетворительного состояния можно рассматривать экологическую ситуацию в зеленой зоне урбоэкосистемы и в городских скверах. Придорожные участки урбоэкосистемы характеризуются загрязнением, соответствующим категориям «умеренно опасное» (Z_c от 16,0 до 32,0 единиц) и «опасное» (Z_c свыше 32,0 единиц).

В соответствии с нормативами показатель Z_c объективно отражает химическую нагрузку только в тех случаях, когда формирующие ее элементы 1-го класса опасности превышают ПДК не более двух раз [23]. При наличии больших превышений экологическая опасность загрязнения повышается на ступень. В этой связи для оценки фактической опасности загрязняющей нагрузки необходимо учитывать ее элементный состав. Таковой представлен в виде геохимических рядов распределения (см. табл.4, последний столбец), согласно которым спектр геохимической нагрузки по содержанию в снеговых водах и водной вытяжке из почв с разных участков урбоэкосистемы существенно различается.

В пробах, отобранных на фоновой территории зеленой зоны города в границах лыжной базы «Динамо», из технофильных элементов, рассматриваемых в качестве загрязнителей, только медь содержится в концентрации, превышающей нормативно допустимую. Кратность превышений достигает 2,4 ПДК. Учитывая, что данный элемент относится ко 2-му классу опасности, категория загрязнения оценена по СанПиН [23] как допустимая. В снеговых водах с территории города спектр элементов с превышениями над нормативным уровнем расширяется, причем элементный состав загрязнителей в пробах, отобранных на участках за пределами внесения реагентов и на участках рассеивания, существенно различается. На городской территории за пределами прямого рассеивания ПГР (газоны в скверах) состав загрязнителей 1-го класса опасности представлен цинком и кадмием (1,3 ПДК); из прочих элементов содержатся никель, медь и сурьма в концентрациях до 3 ПДК. На участках рассеивания ПГР (придорожные газоны) из элементов 1-го класса опасности, наряду с цинком и кадмием, появляются мышьяк и свинец (до 3 ПДК), в составе прочих элементов к никелю, меди и сурьме добавляются кобальт и вольфрам (до 8 ПДК).

Таким образом, в результате оценки экологического состояния водного компонента урбоэкосистемы можно заключить, что опасный уровень геохимической нагрузки (с превышением Z_c свыше 16,0 и участием в составе загрязнителей химических элементов 1-го класса опасности в концентрации свыше 2 ПДК) характерен для участков урбоэкосистемы с непосредственным влиянием ПГР, к которым относятся придорожные газоны (см. табл.4, площадки 4–6).

Расчет фактических объемов поступления загрязняющих элементов 1–3-го классов опасности в урбоэкосистему, выполненный в соответствии с методикой [11] по их концентрации в снеговых водах, показал, что в рассматриваемый период наблюдений (2009 – 2013 гг.) объемы рассеивания элементов на участках с разным уровнем влияния ПГР существенно различались, составляя в среднем: для зеленой зоны – 120,7 ($\pm 21,3$) г/га в год; в центре города на газоны в скверах поступало 184,4 ($\pm 28,0$); на придорожные газоны – 341,2 ($\pm 72,9$) г/га в год. Рассчитанный ранее по данной методике региональный фоновый уровень рассеивания рассматриваемых элементов в указанный период составил 193,7 г/га в год [3].

Оценка накопления загрязняющих элементов в урбоэкосистеме выполнена по их валовому содержанию в почвенном субстрате. В соответствии с методиками [10–12] элементный состав рассматривался применительно к верхнему (0–10 см) слою почв (см. табл.5), поскольку наибольшую опасность для человека в городской среде рассматриваемые элементы представляют в виде пыли, рассеиваемой преимущественно из верхнего почвенного слоя.

Почвенная концентрация загрязнителей, выраженная валовым содержанием элементов в субстрате почв на площадках с разным уровнем влияния ПГР, сходна с рассмотренным выше распределением элементов в водах (см. табл.4). Наиболее высокие концентрации элементов, соответствующие категории загрязнения «умеренно опасное» ($Z_c = 27,4$), выявлены в почвах придорожных газонов, наименьшие ($Z_c = 7,7$) – в почвах зеленой зоны (табл.5).

Таблица 4. Средние показатели состояния водного компонента урбоэкосистемы Перми на площадках наблюдений в период 2009 – 2013 гг.

№ площадки	Принадлежность пробы	Общие химические показатели талых снеговых вод и водной вытяжки из почвы			$Z_c^{(1)}$	Состав элементов-загрязнителей
		$pH_{вод}$	Минерализация, мг/л	Гидрохимическая фация		
<i>Фоновая территория</i>						
1	Снег	5,6/±0,3	54,7/±9,1	$HCO_3^- - Cl^- - SO_4^{2-} - Ca^{++}$	2,4/±1,1	<i>Cu</i>
	Почва	5,7/±0,1	267,1/±7,3	$HCO_3^- - SO_4^{2-} - Cl^- - Ca^{++}$	7,5/±1,9	<i>As⁽²⁾ > Ni > Cr</i>
<i>Территориальные ареалы за пределами прямого поступления ПГР:</i>						
2	Снег	6,8/±0,3	85,3/±21,9	$Cl^- - HCO_3^- - SO_4^{2-} - Na^+ - Ca^{++}$	4,8/±2,7	<i>Zn > Cd > Ni > Cu > Sb...</i>
	Почва	7,6/±0,2	479,3/±18,3	$HCO_3^- - SO_4^{2-} - Cl^- - Ca^{++}$	8,3/±3,1	<i>Pb > As > Cr > Ni > W > Co...</i>
3	Снег	7,4/±0,3	120,2/±26,0	$HCO_3^- - Cl^- - SO_4^{2-} - Ca^{++} - Na^+$	4,7/±2,8	<i>Zn > Cd > Ni > Cu > Sb...</i>
	Почва	7,1/±0,5	384,6/±19,7	$HCO_3^- - SO_4^{2-} - Cl^- - Ca^{++}$	8,3/±3,5	<i>As > Pb > Cr > Ni > W > Co...</i>
<i>Участки очевидного рассеивания ПГР:</i>						
4	Снег	8,0/±0,7	1010,2/±139,6	$Cl^- - HCO_3^- - SO_4^{2-} - Na^+ - Ca^{++}$	16,9/±3,3	<i>As > Zn > Cd > Pb > Co > Ni > Cu > Sb...</i>
	Почва	8,2/±0,2	923,1/±54,4	$HCO_3^- - Cl^- - SO_4^{2-} - Na^+ - Ca^{++}$	21,5/±5,1	<i>As > Pb > Zn > Ni > Cr > Cu > Co > W...</i>
5	Снег	8,4/±0,3	1019,6/±217,1	$Cl^- - HCO_3^- - SO_4^{2-} - Na^+ - Ca^{++}$	17,3/±3,9	<i>As > Zn > Cd > Pb > Co > Ni > Cu > Sb...</i>
	Почва	8,9/±0,2	558,1/±93,5	$HCO_3^- - Cl^- - SO_4^{2-} - Na^+ - Ca^{++}$	35,0/±2,7	<i>As > Zn > Ni > Cr > Cu > Co > W...</i>
6	Снег	8,3/±0,5	1058,1/±197,3	$Cl^- - HCO_3^- - SO_4^{2-} - Na^+ - Ca^{++}$	16,6/±4,0	<i>As > Zn > Cd > Pb > Co > Ni > Cu > Sb...</i>
	Почва	8,8/±0,3	756,9/±79,0	$HCO_3^- - Cl^- - SO_4^{2-} - Na^+ - Ca^{++}$	31,9/±4,6	<i>As > Zn > Ni > Cr > Cu > Co > W...</i>

Примечания:

⁽¹⁾ – суммарный показатель загрязнения (в норме – менее 16,0 [23]); ⁽²⁾ – жирным шрифтом выделены элементы 1-го класса экологической опасности.

Таблица 5

Валовые концентрации технофильных элементов в почвах Перми

Элемент	Класс опасности элемента [22]	Концентрация в верхнем (0-10 см) слое почв, в долях от нормативно допустимого содержания			Нормативно допустимое содержание в почвах, мг/кг: ПДК [19]/ОДК [16], (кларк) [14]
		Фоновая территория (площадка 1)	Газоны в скверах (площадки 2,3)	Придорожные газоны (площадки 4-6)	
As	1	3,0 ⁽¹⁾ /±0,1	3,6 /±0,1	3,3 /±0,1	2,0/5,0
Cd	1	0,0//±0,0	0,4/±0,1	0,4/±0,01	- ⁽²⁾ /1,0
Hg	1	0,0//±0,0	0,0/±0,0	0,3/±0,01	1,0/- ⁽²⁾
Pb	1	1,1 /±0,3	2,4 /±0,3	1,9 /±0,3	20,0/65,0
Zn	1	0,7 /±0,3	0,9/±0,7	1,5 /±1,3	-/110,0
Cr	2	2,9 /±0,9	2,6 /±1,1	2,2 /±1,0	(94)
Co	2	0,9 /±0,1	1,2 /±0,8	2,9 /±1,5	(13)
Ni	2	3,6 /±0,6	2,0 /±1,9	10,5 /±1,1	-/40,0
Cu	2	0,4 /±0,1	0,9/±0,3	3,5 /±0,8	-/66,0
Sb	2	0,2 /±0,01	0,3/±0,1	0,7/±0,1	4,5/-
V	3	0,8 /±0,1	1,0/±0,3	1,4 /±0,5	100,0/-
Mn	3	0,5 /±0,2	0,7/±0,5	0,6/±0,3	1000/-
Sr	3	0,4 /±0,1	0,4/±0,1	0,6/±0,1	(380)
Ba	3	0,5 /±0,1	0,7/±0,2	0,6/±0,1	(500)
W	3	1,4 /±0,3	2,9 /±0,1	8,2 /±0,7	(1,5)
Среднее значение Z _C		7,7/±1,3	9,7/±4,3	27,4 /±7,3	16,0 [23]

Примечания:

⁽¹⁾ – жирным шрифтом здесь и далее в таблицах выделены значения, превышающие нормативно допустимое содержание;

⁽²⁾ – прочерк означает отсутствие нормативного показателя.

Элементы, поступающие в урбозкосистему, перераспределяются в ней в соответствии с геохимическими законами. Водорастворимые ингредиенты удаляются водными потоками, часть общей массы элементов рассеивается в процессе дефляции, остальная масса аккумулируется почвенным покровом, из которого благодаря корневому поглощению растениями поступает в биогеохимический круговорот. При этом объемы концентрируемых и удаляемых элементов корректируются их геохимической спецификой. В геохимическом отношении рассматриваемые элементы относятся к двум группам: кадмий, медь, свинец, никель, цинк – к группе катионогенных элементов; мышьяк, хром и ванадий – к группе анионогенных. Важнейшим природным фактором, влияющим на миграционную активность элементов данных групп, является кислотность водных растворов. Миграционный потенциал катионогенных элементов возрастает обратно пропорционально значению pH – чем ниже значение pH, тем большая масса элементов переходит в водный раствор, с которым удаляется за пределы урбозкосистемы, аккумулятивный потенциал последней при этом снижается. Поведение анионогенных элементов развивается в противоположном режиме: с повышением кислотности растворов их миграционная активность снижается, соответственно увеличивается уровень аккумуляции в урбозкосистеме [5; 9; 18].

Данная специфика геохимического поведения загрязняющих элементов разных групп проявляется в почвенной среде, иллюстрацией чему является рис. 1, на котором видно, как уровень почвенной аккумуляции элементов различается в зависимости от pH среды. Содержание катионогенных элементов в почвах урбозкосистемы увеличивается с ростом техногенной нагрузки – чем больше масса поступающих элементов, тем выше их содержание в почвенном субстрате. При нарастании

техногенного потока анионогенных элементов их почвенная аккумуляция сохраняет равные значения в почвах кислых и нейтральных, резко уменьшаясь, несмотря на увеличение элементной нагрузки, в почвах со щелочной реакцией среды (рис.2,б).

Из выявленных различий почвенно-геохимической аккумуляции вытекает закономерное следствие – в урбоэкосистеме как территориальном объекте, характеризующемся развитием процессов подщелачивания среды, создаются предпосылки для формирования геохимических аномалий катионогенного профиля, анионогенные элементы проявляют склонность к рассеиванию, большая их часть удаляется с водными потоками. Таким образом, загрязнители, относящиеся к катионогенной группе элементов, представляют наибольшую эколого-геохимическую опасность для урбоэкосистемы, нежели анионогенные, фактическое же содержание технофильных элементов в почвах урбоэкосистемы может не совпадать с очагами их аэрогенной нагрузки, установленной по содержанию элементов в снеге.

Различия в интенсивности процессов почвенной аккумуляции и рассеивания элементов разных геохимических групп, развивающиеся в урбоэкосистеме, проиллюстрированные рис.1, дополняет рис.2, на котором показано содержание технофильных элементов в верхнем (0–10 см) слое почв урбоэкосистемы на период окончания данного исследования (апрель 2013 г).

На рис. 2 видно, что концентрация загрязняющих элементов, входящих в состав ПГР, распределяется в почвенном покрове урбоэкосистемы в соответствии с геохимическими особенностями. Катионогенные элементы (кадмий, медь, свинец, никель, цинк) имеют более высокие концентрации на участках газонов и скверов, почвы которых характеризуются щелочной средой, в то время как различия в почвенной концентрации анионогенных элементов (мышьяк, хром) между зеленой зоной урбоэкосистемы и участками техногенной нагрузки незначительны.

При оценке загрязнения конкретной урбоэкосистемы важно иметь представление о том, какое положение она занимает на фоне техногенной нагрузки других, более крупных территориальных ареалов, в том числе планетарного уровня. Такая оценка позволяет проанализировать, насколько рассматриваемая урбоэкосистема экологичнее или, наоборот, насколько менее экологична, по сравнению с общепланетарным состоянием. Для данной цели наиболее подходят 3 используемых в настоящее время показателя: модуль техногенного давления, планетарное значение которого рассчитано М.А.Глазовской [5], показатели абсолютного и относительного накопления техногенных продуктов в среде обитания (соответственно – ПАН и ПОН), предложенные для использования в эколого-геохимических исследованиях В.А.Алексеевко [2]. Перечисленные показатели не относятся к официальным, законодательно нормируемым, однако их совместное применение представляется актуальным, поскольку позволяет получить количественную оценку техногенной нагрузки с вычленением в ее составе загрязнителей, проявляющих склонность к концентрированию в урбоэкосистеме.

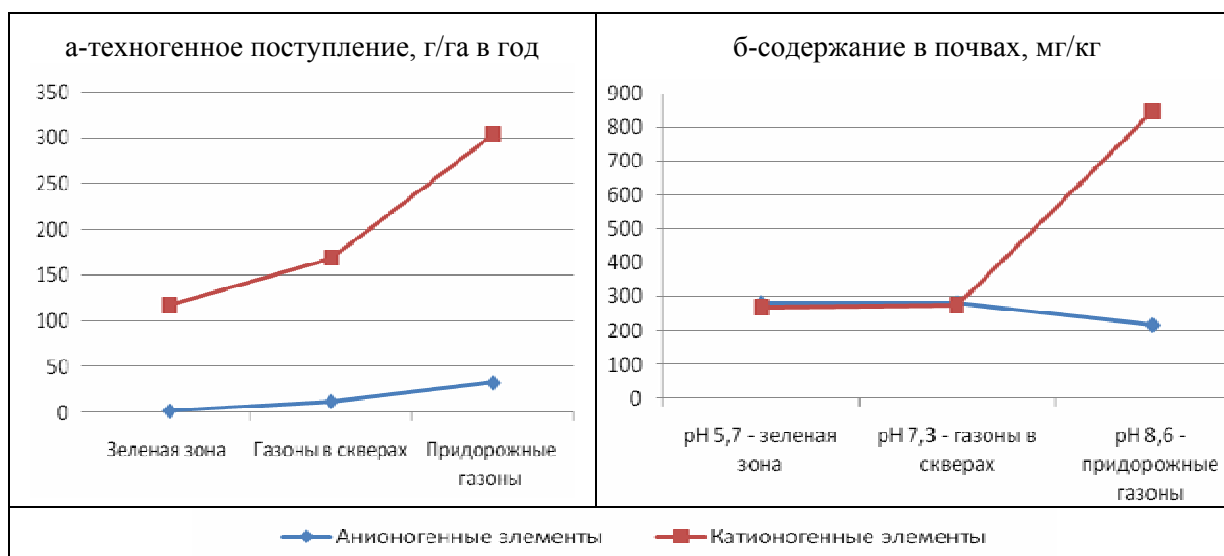


Рис.1. Объем техногенного поступления в урбоэкосистему и почвенная аккумуляция химических элементов разных геохимических групп

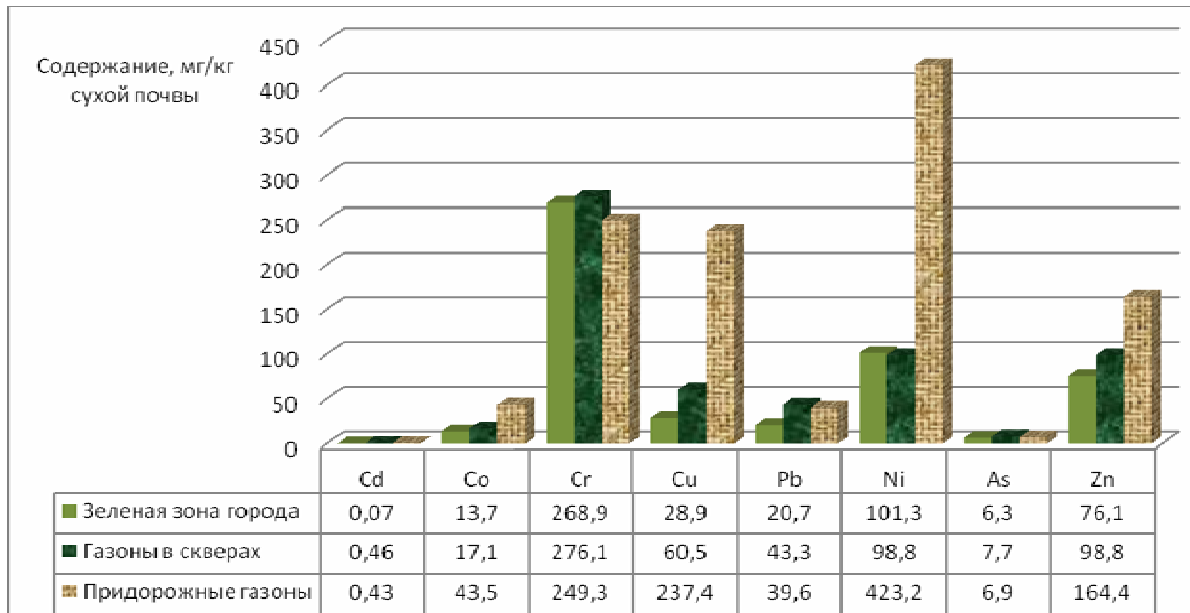


Рис. 2. Валовое содержание загрязняющих элементов в почвах урбозкосистемы Перми (по состоянию на апрель 2013 г.)

Первый из показателей – модуль техногенного давления – рассчитывается по соотношению фактического и фонового рассеивания, выражается в единицах массы на единицу площади за единицу времени (например, $\text{кг}/\text{км}^2$ в год). Расчет производится по формуле

$$D_t = O_r - U_f,$$

где D_t – модуль техногенного давления, $\text{кг}/\text{км}^2$ в год; O_r – фактический объем рассеивания, $\text{кг}/\text{км}^2$ в год; U_f – региональный фоновый уровень рассеивания, $\text{кг}/\text{км}^2$ в год.

Расчетные значения данного показателя применительно к рассматриваемым территориальным объектам представлены в табл.6. В последней колонке данной таблицы показаны пределы колебаний планетарной величины модуля техногенного давления, рассчитанные на конец прошлого века М.А.Глазовской [5]. Сравнительный анализ фактического значения D_t применительно к рассматриваемой территории с его планетарной величиной свидетельствует, что техногенная нагрузка, исчисленная по превышению суммарной массы рассматриваемых загрязнителей, рассеиваемых в урбозкосистеме Перми, не выходит за пределы планетарного значения данного показателя. Даже в местах наибольшего техногенного рассеивания загрязняющих элементов, на придорожных газонах, модуль техногенного давления в период наблюдений колебался от 27,45 до 59,05 $\text{кг}/\text{км}^2$ в год при планетарных значениях данного показателя 14,51–76,12 $\text{кг}/\text{км}^2$ в год.

Данный факт, тем не менее, не является основанием для вывода об удовлетворительном экологическом состоянии урбозкосистемы. Если сравнивать загрязнители поэлементно, нельзя не отметить высокий уровень техногенного давления мышьяка, хрома, кобальта, никеля, марганца и вольфрама, D_t которых в урбозкосистеме Перми выходит за пределы колебаний планетарного уровня рассеивания (табл. 6). Наиболее высокие превышения характерны для вольфрама и никеля. Модуль техногенного давления никеля даже на относительно чистой площади зеленой зоны Перми выше уровня планетарного рассеивания, а на загрязненных придорожных участках пятикратно превышает верхний предел планетарного рассеивания.

Перечисленные элементы с высокими значениями D_t определяют специфику геохимической нагрузки на рассматриваемую урбозкосистему. Уровень эколого-геохимической опасности элементов определяется аккумулятивным потенциалом урбозкосистемы, для оценки которого использованы предложенные и апробированные В.А.Алексеевко [2] показатели абсолютного и относительного накопления, фактические значения которых применительно к рассматриваемой урбозкосистеме приведены в табл. 7.

Первый из показателей – ПАН – характеризует совокупную массу химических элементов, накапливающихся в урбозкосистеме из техногенных и природных источников рассеивания, его фактическое значение рассчитывается по формуле

$$\text{ПАН} = K_s \cdot M_n,$$

где $ПАН$ – показатель абсолютного накопления технофильного элемента или совокупности элементов, t/km^2 ; K_s – концентрация элемента (элементов) в почвенном субстрате, mg/kg ; M_n – масса оцениваемого почвенного слоя на единице площади.

Таблица 6

Расчетные значения модуля техногенного давления (D_t), kg/km^2 в год

Элемент	Класс опасности [23]	Региональный фоновый уровень рассеивания элементов [3]	Пределы колебаний (min–max) D_t в урбозкосистеме Перми в период 2009–2013 гг.			Пределы колебаний планетарного значения D_t [5]
			Зеленая зона города (площадка 1)	Газоны в скверах (площадки 2,3)	Придорожные газоны (площадки 4–6)	
As	1	0,10	0,10–0,11	0,12–0,32	0,18– 1,12	0,1–1,0
Hg	1	0,00	0,00–0,00	0,00–0,00	0,00–0,00	0,001–0,01
Cd	1	0,03	0,01–0,03	0,01–0,05	0,02–0,05	0,1–1,0
Pb	1	2,39	0,60–0,79	0,11–1,27	0,51–2,37	1,0–10,0
Zn	1	5,02	0,75–2,23	0,91 –8,90	4,21–6,21	1,0–10,0
Cr	2	3,11	0,00–0,49	0,01–0,82	0,01– 2,47	0,1–1,0
Co	2	0,34	0,00–0,14	0,00–0,27	0,01– 0,96	0,01–0,10
Ni	2	3,41	0,01– 1,57	0,07– 1,62	2,89–4,86	0,1–1,0
Cu	2	1,79	1,23–2,96	1,65–8,70	4,92–9,73	1,0–10,0
Sb	2	0,30	0,10–0,67	0,12–1,21	0,15–1,24	1,0–10,0
V	3	2,99	0,01–0,03	0,04–0,16	0,17–0,24	0,1–1,0
Mn	3	3,20	0,42–3,32	10,44–12,24	13,23– 22,12	10,0–20,0
Sr	3	22,72	0,00–0,24	0,07–0,54	0,08–0,77	0,1–1,0
Ba	3	11,60	0,12–1,19	0,71–3,16	1,02–6,04	1,0–10,0
W	3	0,49	0,00–0,01	0,00– 0,09	0,05–0,87	0,001–0,01
Всего		57,49	3,35–13,78	14,26–39,35	27,45–59,05	14,51–76,12
Всего в среднем			8,15/ \pm 3,42	22,00/ \pm 10,72	48,80/ \pm 17,29	Нет данных

Оценка $ПАН$ выполнена для верхнего (0 – 10 см) слоя почв. Масса почвенного слоя исчислена с учетом механического состава субстрата на площадках наблюдений, указанного в табл.3. Результаты оценки представлены в табл.7 и свидетельствуют, что наиболее высокий суммарный уровень аккумуляции, свыше $344 t/km^2$, характерен для почв придорожных газонов; наиболее низкий, около 228 – для городских скверов (табл.7). Фоновое значение $ПАН$, характеризующее аккумулятивный потенциал почвенного слоя в зеленой зоне города, по суммарной величине содержания элементов превышает данный показатель в городских скверах и обусловлено высокой концентрацией двух элементов – никеля и бария.

С учетом принадлежности к классу опасности (1–3) и в порядке убывания концентрации в почвах аккумулируемые элементы располагаются в геохимические ряды:

- придорожные газоны – (1) $Zn > Pb > As...$ (2) $Cr > Ni > Cu...$ (3) $Mn > Ba > Sr > V > W...$
- газоны в скверах – (1) $Zn > Pb > As...$ (2) $Cr > Ni > Cu...$ (3) $Mn > Ba > Sr > V > W...$
- почвы зеленой зоны (фон) – (1) $Zn > Pb > As...$ (2) $Cr > Ni > Cu...$ (3) $Mn > Ba > Sr > V > W...$

Таблица 7

Показатели абсолютного (ПАН) и относительного (ПОН) накопления загрязняющих элементов в верхнем (0-10 см) слое почв урбоэкосистемы Перми (по состоянию на апрель 2013 г.)

Элемент	Класс опасности	ПАН, т/км ²			ПОН, т/км ²	
		Зеленая зона города (фон)	Газоны в скверах	Придорожные газоны	Газоны в скверах	Придорожные газоны
As	1	0,79	0,94	0,84	0,15	0,05
Hg	1	0,00	0,00	0,03	-	0,03
Cd	1	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05
Pb	1	2,62	5,31	4,91	2,69	2,29
Zn	1	9,72	12,76	20,54	3,04	10,82
Cr	2	35,88	27,27	61,59	-	25,71
Co	2	1,60	2,01	4,89	0,41	3,29
Ni	2	18,89	10,25	54,78	-	35,89
Cu	2	3,75	7,54	29,86	3,79	26,11
Sb	2	0,11	0,17	0,37	0,06	0,26
V	3	10,89	12,68	18,36	1,79	7,47
Mn	3	69,09	85,87	78,40	16,78	9,31
Sr	3	22,03	19,43	30,81	-	8,78
Ba	3	59,99	43,71	36,62	-	-
W	3	0,28	0,56	1,56	0,28	1,28
Всего		235,64	228,55	344,33	29,04	131,34

Очевидное сходство последовательности элементов в рядах для участков урбоэкосистемы, различающихся уровнем техногенной нагрузки, позволяет считать, что выраженный таким образом геохимический спектр отражает фоновый состав техногенной нагрузки. Для вычленения из него геохимической специфики, объединяющей элементы, склонные к аккумуляции на определенных участках урбоэкосистемы, использован показатель относительного накопления – ПОН, рассчитанный по соотношению фонового и фактического значений ПАН:

$$ПОН = ПАН_c - ПАН_ф,$$

где $ПАН_c$ – величина абсолютного накопления элемента на рассматриваемой территории, т/км²; $ПАН_ф$ – фоновое значение показателя накопления рассматриваемого элемента или совокупности элементов, т/км². За фоновое значение ПАН принят показатель, характеризующий состояние почв зеленой зоны урбоэкосистемы Перми (см. табл. 7). Расчетные значения ПОН приведены в табл. 7 и на рис. 3.

Различия ПОН, оцененные по превышению над фоном, показали, что в почвах придорожных газонов накапливается существенно большая масса техногенных элементов, чем в почвах городских скверов, – 131 т/км² против 29 (см. табл. 7). Вычленение геохимической специфики влияния ПГР на урбоэкосистему, выполненное сопоставлением значений ПОН для ее участков, расположенных в ареале рассеивания реагентов и за его пределами, представленное на диаграмме (см. рис. 3), свидетельствует, что в почвах очагов непосредственного рассеивания ПГР (почвы придорожных

газонов) лидируют 4 элемента – никель, медь, хром и цинк. Таким образом, именно никель, медь, хром и цинк можно рассматривать как результат техногенного воздействия противогололедных обработок на урбоэкосистему. Накладываясь в виде дополнительного объема на фоновый уровень техногенной нагрузки, данные элементы формируют наиболее высокое геохимическое давление.

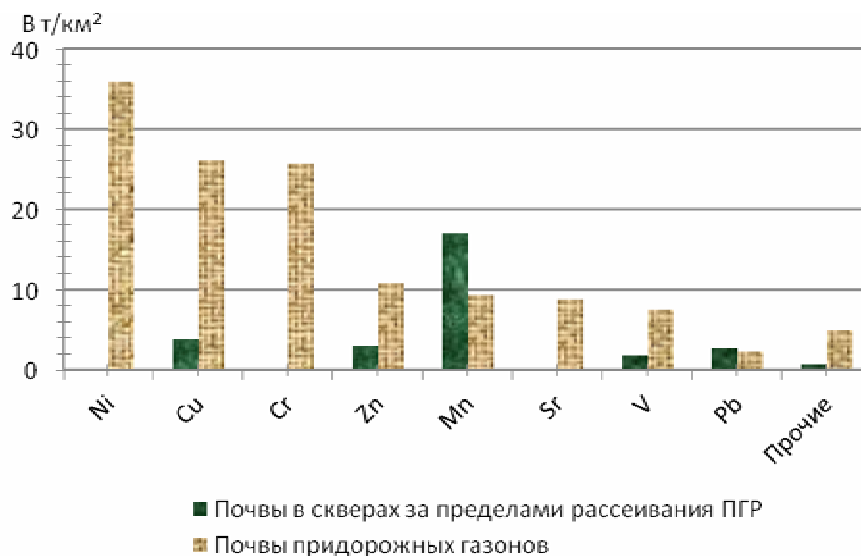


Рис.3. ПОН элементов в почвах урбоэкосистемы Перми с разным уровнем влияния ПГР

Экологическая опасность перечисленных элементов изучена к настоящему времени достаточно детально для характеристики последствий загрязнения [1;2;4;7;9 и др.]. В рамках современных геоэкологических представлений никель, медь, хром и цинк относятся к группе технофильных тяжелых металлов [2]. Техногенными источниками их рассеивания в среде обитания человека являются: сжигание и переработка углеводородородного сырья (нефти, каменного угля и др.), горнодобывающие, металлообрабатывающие, гальванические производства и др. [9]. Загрязнение среды обитания тяжелыми металлами – один из опаснейших видов техногенного воздействия, поскольку в гипергенных условиях данные загрязнители не утрачивают токсической активности десятилетиями, активно поглощаясь и накапливаясь органическим веществом, из которого, будучи однажды вовлеченными в биогеохимический круговорот, практически не имеют шансов выйти [2;5;9;18]. С водой, пищей и с атмосферной пылью тяжелые металлы поступают в организм человека. Все они в определенных концентрациях представляют опасность для здоровья, поскольку активно участвуют в биофизиологических процессах. Их избыток подавляет иммунную систему теплокровных организмов и стимулирует развитие внутренних патологических состояний, зачастую необратимых [4;7;9;24]. Исследованиями С.А.Дубровской установлено, что при массе аэрогенного рассеивания тяжелых металлов, превышающей 110 т/км², наблюдается прямая корреляция техногенной нагрузки с распространением у населения злокачественных новообразований и с теснотой связи 0,93 коррелирует со смертностью населения от лейкемии [7].

На фоне общих экотоксикологических особенностей у каждого из перечисленных элементов имеется выраженная специфика воздействия на биоту. Так, высокая концентрация никеля в городской пыли вызывает у человека аллергические реакции, при длительном воздействии – развитие бронхиальной формы онкологических заболеваний [7]. При концентрации в почвенном растворе свыше 8,5 мг/л никель оказывает негативное воздействие на растительность, поскольку, выступая в физиологических процессах антагонистом железа, препятствует его усвоению растительными клетками. Это приводит к ослаблению и гибели растительности. Иллюстрацией к сказанному служит рис.4, на котором показано состояние ели на площадке наблюдений № 4, где на протяжении всего периода наблюдений отмечалась щелочная реакция почвенной среды и высокое содержание технофильных элементов в водной вытяжке из почвы. Валовое содержание никеля в почвенном субстрате превышало допустимое нормативное значение в 10,5 раз (табл.5).

Очевидность роли ПГР в гибели ели отчетливо видна на рис.4. Расположенная на переднем плане масса снега, содержащая противогололедные реагенты и периодически сбрасываемая на газон, подщелачивает снеговые и почвенные воды ($pH > 8,0$), загрязняя их тяжелыми металлами.

Медь и хром, накапливающиеся в почвах придорожных газонов в близких концентрациях (см.рис.3), различаются по уровню экологической опасности. По данным А.Кабата-Пендиас [9] медь входит в число наиболее активно рассеиваемых человеком тяжелых металлов и отличается высокой склонностью к образованию металлоорганических комплексов. Толерантность биоты к содержанию меди в средообразующих субстратах выше, чем к содержанию хрома. Порог толерантности определяется видовой принадлежностью биоты. Многие растительные виды характеризуются безбарьерным типом поглощения меди и способны накапливать ее в очень высоких концентрациях без видимого ущерба. В организм человека медь поступает с пищей, с водой и с атмосферной пылью. Большая ее часть поглощается желудочно-кишечным трактом, концентрируется в костной ткани и печени. Избыток меди в организме человека вызывает функциональные расстройства нервной системы (ухудшение памяти, депрессивные состояния, бессонницу), нарушение деятельности желудочно-кишечного тракта, печени и почек [2; 4; 9].



Рис.4. Гибель ели на газоне рядом с КДЦ (площадка №4)

В отличие от меди хром обладает пониженной миграционной активностью в среде обитания, его доступность для растений ограничена барьерным типом биологического поглощения. В обычных природных условиях накопление хрома растительностью происходит преимущественно в корневой части и очень слабо проявляется в наземной растительной массе, поэтому избыток хрома в почве пагубно влияет на корневые системы, препятствуя усвоению ими важнейших элементов почвенного питания растений [9]. В связи с особенностями биопоглощения основной путь поступления данного технофильного элемента в организм человека в урбозкосистеме воздушный – с рассеиваемой атмосферной пылью. В пылевой составляющей вдыхаемого воздуха значительная часть хрома представлена оксидной формой (CrO_3), которая является сильным окислителем, поражающим дыхательные пути [4].

Высокий уровень современного хозяйственного использования цинка позволяет рассматривать его в составе основных загрязнителей среды обитания в урбозкосистемах. Важнейшими геохимическими особенностями данного элемента, определяющими его потенциальную экологическую опасность, являются: высокая миграционная активность в кислых и слабокислых водных растворах (pH ниже 6,0); склонность к биогенной абсорбции и хелатообразованию. В связи с перечисленными особенностями к концу прошлого столетия техногенное рассеивание цинка привело к формированию

положительного баланса «поступление > вынос» в среде обитания в планетарном масштабе [9]. Проявляя склонность к концентрированию почвенным покровом и наземной фитомассой, цинк

является активным участником биогеохимических процессов. Он обеспечивает рост, развитие, деление живых клеток и межклеточный физиологический обмен не только у растений, но и у теплокровных организмов. По отношению к животным и человеку цинк называют «двуликим Янусом». В разных дозах он может выступать благом или злом. Недостаток цинка приводит к замедлению роста и развития организма, избыток ведет к снижению иммунитета, потере зрения, онкологическим заболеваниям [4].

Выводы

Результаты исследования показали, что использование химических реагентов с высоким содержанием солей для борьбы с гололедными явлениями в урбоэкосистеме Перми, наряду с положительным хозяйственным эффектом, сопровождается негативными экологическими последствиями двоякого рода: во-первых, ведет к засолению и подщелачиванию талых снеговых и почвенных вод, усиливая тем самым аккумуляцию катионогенных элементов (никеля, меди, цинка и др.) в почвах и городской пыли до экологически опасного уровня; во-вторых, содержание в противогололедных реагентах микропримесей специфического химического состава, рассеиваемых при хозяйственном использовании реагентов, ухудшает эколого-геохимическое состояние урбоэкосистемы.

Состав микропримесей включает тяжелые металлы 1–3 классов экологической опасности, устойчивые в природной среде, обладающие длительным периодом токсической активности. Их рассеивание ведет к загрязнению снега в придорожной полосе, на тротуарах и придомовых территориях. В результате снеготаяния загрязняются поверхностные воды, стекающие в малые водотоки урбоэкосистемы, далее – в р. Каму и в Воткинское водохранилище. В связи со склонностью к геохимической аккумуляции рассеиваемые технофильные элементы концентрируются в почвенном покрове урбоэкосистемы, в донных отложениях водных объектов, формируя очаги экологического неблагополучия, представляющие реальную угрозу для человека, в организм которого они поступают с атмосферной пылью, с растительной продукцией, выращенной на загрязненной почве, с рыбой, выловленной в загрязненных водоемах.

Библиографический список

1. *Азовцева Н. А.* Влияние солевых антифризов на экологическое состояние городских почв: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.27. М., 2004. 122 с.
2. *Алексеев В. А.* Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000. 627 с.
3. *Ворончихина Е. А., Блинов С. М., Меньшикова Е. А.* Технофильные металлы в естественных и урбанизированных экосистемах Пермского края // *Экология урбанизированных территорий.* 2013. № 1. С. 18–25.
4. *Ворончихина Е. А., Ларионова Е. А.* Основы ландшафтной хемозологии. Пермь, 2002. 146 с.
5. *Глазовская М. А.* Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высш. шк., 1988. 328 с.
6. Дорожное хозяйство г. Пермь / <http://road.perm.ru> (дата обращения: 08.11.2013 г.).
7. *Дубровская С. А.* Геоэкологическая оценка состояния почвенного покрова в условиях городских ландшафтов. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 152 с.
8. *Итоги переписи населения РФ* / <http://www.perepis-2010.ru> (дата обращения: 10.09.2013).
9. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 438 с.
10. Методические рекомендации по организации мониторинга источников антропогенного воздействия на окружающую среду в составе производственного экологического контроля. Утв. Управлением по охране окружающей среды Министерства природных ресурсов Пермского края. Пермь, 2009. 102 с.
11. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве / Б. А. Ревич, Ю. Е. Саг, Р. С. Смирнова. Утв. Гл. государственным санитарным врачом 15 мая 1990 г. № 5174-90. Актуализированы 01.07.2011 г. / <http://base.consultant.ru> (дата обращения: 12.03.2014).
12. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. МУ 4266-87. Утв. зам. Гл. государственного санитарного врача СССР 13.03.1987 г. № 4266-87 (действующие, дата актуализации 21.11.2013).

13. *Моисеев Н. Н.* Проблемы мегаполисов – их возможное будущее // Экология большого города. Альманах. М.: Прима-пресс, 1996. С. 8–10.
14. *Овчинников Л.Н.* Прикладная геохимия. М.: Недра, 1990. 248 с.
15. *Организация работ* по содержанию улично-дорожной сети в зимний период // Правила организации содержания улично-дорожной сети города Перми. Утв. Пермской городской Думой 26.02.2008/ <http://perm/news-city.info> (дата обращения: 08.11.2013).
16. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. ГН 2.1.7.2511-09 г. Утв. Гл. государственным санитарным врачом РФ 18.05.2009. 8 с.
17. Оценка воздействия на окружающую среду / Технология зимней уборки объектов дорожного хозяйства г. Москвы с применением противогололедных реагентов (на зимний период 2012 г. и далее). М., 2012. Т.1. 136 с.
18. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. М: Астрейя-2000, 1999. 786 с.
19. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. ГН 2.1.7.2041-06. Утв. Гл. государственным санитарным врачом РФ 19.01.2006 г.
20. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. ГН 2.1.5.1315-03. М., 2007.
21. Противогололедные материалы. Стандарт организации СТО 001-80119761-2010. Пермь: ОАО «Уральский завод противогололедных материалов», 2010. 19 с.
22. Протокол испытаний № 21/06-113 / ИЛ «АНАЛЭКТ». СПб: Институт токсикологии ФМБА РФ, 2012. 2 с.
23. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. СанПиН 2.1.7.1287-03 (в ред. 2007г.). М., 2007. 12 с.
24. *Стародубов А. Г., Чудаков С. Б.* Эколого-гигиеническая оценка опасности антигололедных реагентов // Доклады IV Междунар. конгр. по управлению отходами. М., 2005. С.17–22.
25. Требования к противогололедным материалам. ОДН 218.2.027-2003. М.: Минтранс РФ, 2003 (с доп. от 16. 07. 2011 г.). 29 с.

Y.A. Voronchihina, A.V.Shchukin, N.I. Schukina
TO ASSESS THE STATUS OF GEOCHEMICAL URBOËKOSISTEMY PERM
IN CONNECTION WITH THE USE OF ANTI-FROST AGENTS

Considered ecological and geochemical processes from the scattering of man-made chemicals that are made with protivogolednymi reagents in urboëkosistemu. The estimation of technogenic load and its environmental consequences.

Key words: urban ecosystems, sleet, Deicing Chemicals, pollution, environmental impacts

Voronchihina Yevgeniya A., the candidate of geographical sciences, Perm State Institute of Science national research University; Russia, 614990 Perm, St. Bukireva, 15; voronchihina-ea@yandex.ru

Shchukin Artem V., Schukina Nadezhda I., undergraduates of the Faculty of geological sciences, Perm State national research University; Russia, 614990, Perm, St. Bukireva, 15; N.Shc_1992@mail.ru

УДК 379.85:504.05

А.В. Дедов, А.А. Дедов

ЭКОТУРИСТСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ФЛОРЫ ПРИРОДНО-ЗАПОВЕДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
ПОДОЛЬЯ (УКРАИНА)

Рассмотрено современное состояние экологического туризма в Украине. Дана характеристика основных объектов природно-заповедного фонда ее историко-географического края Подолье,

© Дедов А.В., Дедов А.А., 2014

Дедов Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры географии Винницкого государственного педагогического университета имени М. Коцюбинского; Украина, 21100, г. Винница, ул. Острожского, 32; alexdedov@mail.ua

Дедов Александр Александрович; аспирант кафедры географии Винницкого государственного педагогического университета имени М. Коцюбинского; Украина, 21100, г. Винница, ул. Острожского 32; grimpl@mail.ru