

УДК 504:550.4

АНОМАЛИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ И СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ ГОРОДА ПЕРМИ КАК ПРОЯВЛЕНИЯ ФАКТОРОВ ГЕОДИНАМИКИ И ТЕХНОГЕНЕЗА

Копылов И.С.*Естественнаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, Пермь, e-mail: georif@yandex.ru*

В статье рассмотрены вопросы комплексной эколого-геохимической оценки состояния городской среды. Приводятся результаты геохимического картирования Приуралья и города Перми. Изучены закономерности и пространственное распределение тяжелых металлов в почвах и снежном покрове. Построены эколого-геохимические карты с выделением аномальных зон. Наиболее опасными являются элементы: Pb, Cd, Zn, Co, Ni, Cu, Mo, Cr, все они имеют высокий фон и создают контрастные аномалии. Впервые для городской среды выполнена экологическая оценка состояния окружающей среды по геохимическим критериям на основе методики эколого-геохимического, эколого-геодинамического и медико-геоэкологического анализа. Установлено комплексное влияние геодинамики и техногенеза на формирование геохимических аномалий, установлена их связь с участками с повышенной заболеваемости населения. При сопоставлении медицинских данных и геохимических аномалий показано, что участки с повышенной заболеваемостью населения, как правило, приурочены к участкам с концентрацией токсичных элементов. Результаты геохимического картирования доказали возможность использования этой технологии при эколого-геохимической оценке территории города. Методика картирования геоэкологической обстановки может быть использована для других городов со сходными природно-техногенными условиями.

Ключевые слова: экологическая геохимия, геохимическое картирование, городские ландшафты, почвы, снежный покров, микроэлементы, тяжелые металлы, геохимические аномальные зоны, здоровье населения

ANOMALIES OF HEAVY METALS IN SOILS AND SNOW COVER OF THE CITY OF PERM, AS MANIFESTATIONS OF GEODYNAMIC AND TECHNOGENIC FACTORS

Kopylov I.S.*Natural Science Institute of Perm State National Research University, Perm, e-mail: georif@yandex.ru*

In article questions of a complex ecological and geochemical assessment of a condition of an urban environment are considered. Results of a geochemical mapping of Perm Priurals and the city of Perm are given. Regularities and spatial distribution of heavy metals in soils and snow cover are studied. Ecologo-geochemical maps with allocation of anomalous zones are constructed. Elements are the most dangerous: Pb, Cd, Zn, Co, Ni, Cu, Mo, Cr, all of them have a high background and create contrast anomalies. For the first time, for an urban environment the ecological assessment of a state of environment by geochemical criteria on the basis of a technique of the ecological-geochemical, ecological-geodynamic and medico-geoecological analysis is executed. Complex influence of geodynamics and technogenesis on formation of geochemical anomalies is established, their connection with sites from the increased incidence of the population is established. By comparison of medical data and geochemical anomalies, it is shown that sites with the increased incidence of the population, as a rule, are dated for sites with concentration of toxic elements. Results of a geochemical mapping proved possibility of use of this technology at an ecological-geochemical assessment of the territory of the city. The technique of a mapping of a geoecological situation can be used for other cities with similar natural and technogenic conditions.

Keywords: ecological geochemistry, geochemical mapping, urban landscapes, soils, snow cover, elements, heavy metals, geochemical anomalous zones, public health

Одной из фундаментальных проблем экологии и геоэкологии является оценка экологического состояния крупных городов, где сосредоточена основная часть населения урбанизированных территорий, особенно сильно подверженная воздействию техногенеза. Территории городов представляют собой селитебно-промышленные зоны, являются объектами социально-экологической опасности. При этом, оценивая экологическую ситуацию города, не всегда уделяется должное внимание природным – геологическим – факторам, которые также могут серьезно влиять на здоровье человека.

Пермь – один крупнейших городов России, третий по площади после Москвы и Санкт-Петербурга (площадь горо-

да 799,68 км², население – более 1 млн), имеет сложную эколого-геологическую обстановку, обусловленную сильнейшим техногенным воздействием и геологическими факторами, влияющими на городскую среду. По объёму промышленного производства Пермь занимает первое место на Урале. Это центр нефтеперерабатывающей, химической, целлюлозно-бумажной, машиностроительной, металлургической, лесопромышленной, энергетической и других промышленности.

Основными геологическими и экологическими проблемами города являются: химическое загрязнение всех природных сред – грунтов, почвенно-растительного покрова, донных осадков, поверхностных

и подземных вод, атмосферы; накопление огромного количества промышленных и бытовых отходов; развитие опасных геологических и природно-техногенных процессов (подтопление, заболачивание, оползни, абразия и переработка берегов водохранилищ, различные виды эрозии, карстовые, суффозионные процессы, деформация земной поверхности над подземными горными выработками и др.); проблема геодинамической опасности (зоны повышенной трещиноватости, формирующие геодинамические активные зоны, определяющие активность геологических процессов и уязвимость инженерно-строительных сооружений); проблема подработанных пространств города и др. Одной из важнейших является проблема геохимической опасности – загрязненности опасными химическими веществами, в первую очередь – тяжелыми металлами, агрессивными к геологической среде (грунтов и вод к строительным конструкциям и коммуникациям) [1, 6].

Основные результаты эколого-геохимических исследований

В Пермском Приуралье в последнее десятилетие проведены региональные геоэкологические и геохимические исследования, многоцелевое геохимическое картирование (Г.А. Вострокнутов, В.И. Демидов, Г.П. Гапонцев и др., 2001; И.С. Копылов и др., 2001, 2004). Проведено геохимическое районирование [5, 7] и установлена 21 комплексная литогеохимическая (эколого-геохимическая) аномальная зона (А3).

Территория г. Перми по геохимическому районированию расположена в пределах Среднекамской литогеохимической А3. Это крупная геохимическая зона, занимает площадь около 4 тыс. км², картируется как площадная аномалия по: Р (100% площади А3), Ni (95%), Cu (90%), Ga (90%), Pb (75%), V (40%), Zn (30%); с локальным и точечным распространением: Mn (15%), Cr (10%), Zr (10%), Ti (5%), Mo (5%), Ba (5%), Be (5%), Cd (3%), Co (3%), Sn (3%). Генетическая природа этой аномальной зоны комплексная. Основным источником поступления тяжелых металлов в приповерхностные горизонты литосферы (грунты, почвы, донные осадки) – вещество формаций нижнепермских отложений, особенно – континентальных терригенных красноцветных шешминских отложений, включающих в значительном объеме медистые песчаники. Компоненты геологической среды получают в разной степени (от незначительного до очень сильного) загрязнение от техногенных источников, поэтому участки Среднекамской А3 в пределах промышлен-

ных зон классифицируются как природно-техногенные.

В целом по комплексу геоэкологических критериев Пермь (Пермско-Краснокамская промзона) в региональном плане (масштаб 1:500 000–1:200 000) классифицируется как территория с катастрофическим экологическим состоянием природной среды и отвечает категории экологического бедствия. Однако территория города не однородна по факторам и уровням воздействия на окружающую среду и при детализации изучения эколого-геохимическими и другими методами дифференцируется на участки с различной степенью экологического состояния.

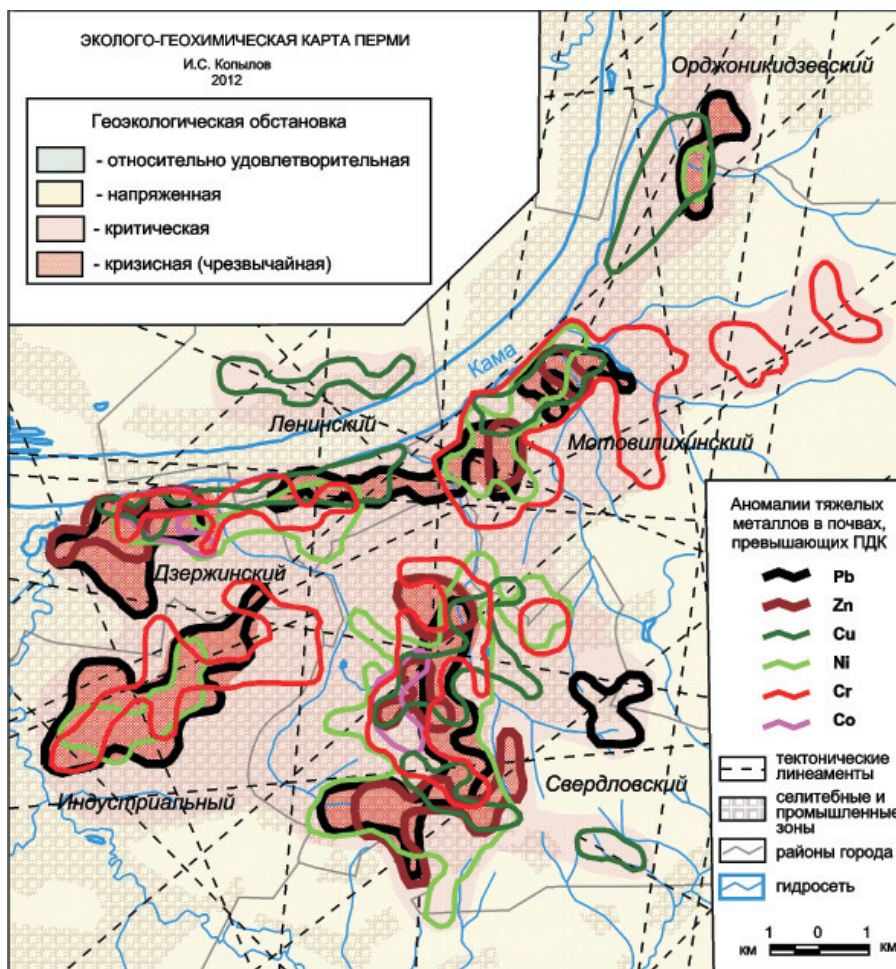
Непосредственно на территории г. Перми тяжелые металлы в почвах и других средах изучаются около 40 лет отдельными тематическими и специализированными исследованиями [4 и др.]. Наибольший объем геохимической информации по геологической среде города Перми был получен в последнее десятилетие при проведении эколого-геохимической съемки масштаба 1:50 000 (с изучением почвенного и снежного покрова, где было отобрано более 1 тыс. проб), гидрогеологического доизучения, геоэкологического картографирования, проведенных Пермским университетом, ФГУП «Геокарта-Пермь», ГП «Запурал-гидрогеология». По результатам этих исследований установлено, что по всем компонентам природной и геологической среды во многих местах города наблюдаются локальные аномалии с высоким уровнем концентраций. Автором составлена эколого-геохимическая карта города Перми масштаба 1:50 000 и выполнена комплексная эколого-геохимическая оценка состояния городской среды (рисунок).

Обсуждение результатов геохимических исследований

В почвах Перми отмечается превышение средних концентраций металлов в 1,5–15 раз по сравнению с фоном. Наиболее опасными являются элементы: 1 класса опасности Pb и Cd (оба – до 1000 ПДК), Zn (27), Be (10); 2 класса опасности – Co (400), Ni (250), Cu (106), Mo (100), Cr (23). Все они имеют высокий фон 1,2–4 ПДК (кроме Co) и создают контрастные аномалии. Малоопасные и не лимитируемые элементы – Mn, Zr, Ti (преимущественно – до 3 ПДК) имеют широкое распространение, но невысокие концентрации, другие элементы – Sb (до 22 ПДК), As (20), создают точечные высококонтрастные аномалии. Особое внимание обращают на себя техногенные аномалии в почво-грунтах по свинцу, установленные практически повсеместно. Крупнейшая

аномалия расположена в центральной части Индустриального района и совпадает с аномалией по снежному покрову, причем совпадает по максимальным точкам. Далее свинцовые аномалии протягиваются в север-северо-восточном направлении в Дзержинский, Ленинский и Мотовилихинский районы. Несколько аномалий с высокими содержаниями свинца установлены на юге и юго-востоке города в Свердловском районе. Четко прослеживается увеличение со-

держания свинца около автомагистралей. «Ураганные» значения свинца (а также кадмия, кобальта, никеля, хрома, мышьяка, сурьмы) установлены на 3-километровом участке ул. Героев Хасана. Комплексные аномалии в почвах группируются в трех крупных аномальных геохимических зонах: в западной части города в Индустриальном районе, в центральной части в Ленинском и Мотовилихинском районах и в южной части в Свердловском районе.



Эколого-геохимическая обстановка г. Перми

В снежном покрове жилой зоны города химический макрокомпонентный состав и минерализация снеговых вод (талой воды) в целом близки к фоновым по Пермскому краю, но несколько выше (примерно на 20–25%). Минерализация снега изменяется от 30,1 до 118,1 мг/дм³, в среднем – 53,4 мг/дм³. Химический состав гидрокарбонатно-натриевого. Преобладающим анионом является гидрокарбонат-ион с содержанием 6,1–42,7 мг/дм³. На втором месте хлор-ион с содержанием 3,6–42,6 мг/дм³. На третьем месте – сульфат-ион с содержанием 1,2–12,3 мг/дм³. Среди катионов преоблада-

ет натрий, содержание его изменяется от 6,6 до 32,1 мг/дм³. Содержание кальция и магния примерно одинаково – соответственно 1,0–6,0 и 0,0–6,0 мг/дм³. Содержание хлоридов (элемента-индикатора, показывающего на загрязнение снега) в лесопарковых районах города, составляет 3,6–5,3 мг/дм³, во всех других точках (при условии отбора из чистых мест) – 3,6–42,6 мг/дм³. На участках вблизи автодорог отмечается резкое повышение хлоридов, которое увеличено в 100–280 раз по сравнению с фоном и составляет 500–1030 мг/дм³. Средние содержания микроэлементов (по сравнению

с фоном на контрольных участках и в среднем по Пермскому краю) превышают фон: по Cd – в 120, Cr – 109, Sn – 82, Ni – 37, Pb – 27, Sr – 21, Ba – 25, Cu – 13, P – 10, Co – 9, Zn, Mn, V в – 4 раза. Анализ распределения химических элементов в снежном покрове показывает, что наиболее опасными для г. Перми являются следующие элементы (по степени уменьшения опасности): Cd (до 70 ПДК), Pb (30), P (30); Zn (6), Ni (75), Cu (75), Cr (26), Co (20), Ba (8), Mn (3), Sr (3). Наиболее контрастные аномалии по самым опасным химическим элементам установлены в районе Осинцовского промузла; в центральной части Индустриального района; в районе Мотовилихинских заводов; в центральной и северо-восточной части Свердловского района. Аномалии по снегу хорошо коррелируются с почвенными аномалиями, довольно устойчивы во времени [6].

По классификации ИМГРЭ [2], участки с развитием химических элементов I класса опасности – Pb, Zn, Cd и др. с концентрациями, превышающими ПДК, характеризуются следующей экологической ситуацией: удовлетворительная (< 1), напряженная (1–1,5), критическая (1,6–2), чрезвычайная (2,1–3), экологическое бедствие (> 3). Следуя этой классификации, участки в пределах значительной части Индустриального района (кроме лесопарковых зон), Мотовилихинского и Свердловского районов в бассейне р. Егошихи и низовий рек Ивы и Мотовилихи (а также некоторые другие небольшие участки) могут классифицироваться как участки с чрезвычайной экологической ситуацией или экологическим бедствием. На остальной части города экологическая обстановка по приведенным критериям напряженная и критическая и лишь на окраинах города к юго-востоку и северу – удовлетворительная.

В изучении природы геохимических полей и их формирования важную роль может играть линеаментно-геодинамический анализ (по аэрокосмогеологическим, геофизическим и другим исследованиям) [3]. По данным аэрокосмогеологических исследований, проведенных автором в 2010–2012 гг., на территории города установлено 785 линеаментов, отождествляемых с тектоническими нарушениями осадочного чехла. Наибольшая их плотность отмечается в районах крупных разломов, выделенных по геофизическим материалам, где картируются локальные геодинамические зоны. Комплексный эколого-геодинамический и геохимический анализ показал на приуроченность многих геохимических аномалий к крупным тектоническим линеаментам,

особенно к местам их пересечений и геодинамическим активным зонам с очень высокой плотностью трещиноватости, и особенно сильно – в местах концентрации промышленности или автодорог, что свидетельствует о сложном воздействии геодинамики и техногенеза на городскую среду.

Важнейшим показателем экологической ситуации урбанизированных территорий является состояние здоровья людей, поэтому важное значение для экологической оценки играет медико-геоэкологический анализ. По анализу данных медицинской статистики по заболеваемости населения среди детей и взрослых г. Перми наблюдается постоянный рост различных видов заболеваний. Детский контингент более чувствителен к антропогенным нагрузкам, менее адаптирован к изменениям условий окружающей среды. Наиболее высокие уровни экологически обусловленных заболеваний у детей установлен (по материалам медицинской статистики) в Индустриальном (анемия, атопический дерматит, болезни системы пищеварения), Свердловском (бронхиальная астма), Дзержинском (врожденные пороки развития), Орджоникидзевском (инфекция почек) районах города. При сопоставлении медицинских данных и геохимических аномалий анализ показал, что участки с повышенной заболеваемостью населения, как правило, приурочены к участкам с концентрацией токсичных элементов, хотя границы между ними совпадают нечетко. Более высокая сходимость геохимических аномалий в почвах и снежном покрове отмечается с результатами анализов содержания химических элементов в биосредах детей. В Индустриальном районе установлены компоненты, являющиеся химическими факторами риска – Pb, Ni, Zn, Mn; в Мотовилихинском – Mn, Ni, Cr, Zn, Cu; в Свердловском – Mn, Cr, Zn, Ni; в Дзержинском – Mn, Ni, Pb.

Заключение

Проведенные исследования показывают, что почвенный и снежный покров являются хорошими объектами для эколого-геохимической оценки, основные результаты исследований – геохимические аномалии – в целом устойчивы во времени и пространстве, отражают региональное и локальное распределение тяжелых металлов в различных средах. Необходимо продолжать их изучение по более плотной сети опробования (масштаб 1:10 000–1:25 000) с охватом всего Пермского мегаполиса. Отмечена важная роль линеаментов и геодинамических активных зон в экологической оценке, комплексное проведение эколого-геодинами-

ческого и эколого-геохимического анализ позволяет наиболее объективно отражать экологическое состояние городской среды в результате действия геологических факторов. Медико-геоэкологический анализ показал, что для аномальных геохимических зон существует пространственно-корреляционная связь между геохимическими параметрами геологической среды и уровнем содержания токсикантов в биосредах людей, отмечаются тенденции увеличения заболеваемости населения и изменения ее структуры, что позволяет рассматривать геохимические критерии в комплексе важнейших показателей при оценке социально-экологического риска.

Список литературы

1. Быков В.Н., Димухаметов Д.М., Димухаметов М.Ш. Эколого-геологическая обстановка города: учеб. пособие. – Пермь: Пермский ун-т, 2001. – 101 с.
2. Головин А.А., Ачкасов А.И. и др. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1 000 000. – М.: ИМГРЭ, 1999. – 104 с.
3. Гравиметрия, магнитометрия, геоморфология и их параметрические связи: монография // М.С. Чадаев, В.А. Гершанок, Л.А. Гершанок, И.С. Копылов, А.В. Коноплев.: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. – Пермь, 2012. – 91 с.
4. Ибламинов Р.Г. Тяжелые металлы в донных отложениях рек г. Перми // Экологическая безопасность зон градопромышленных агломераций Западного Урала: Тез. докл. регион. конф. – Пермь: Пермский ун-т, 1993. – С. 27–28.
5. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // Вестник Пермского университета. Геология. – Пермь, 2012. – Вып. 2 (15). – С. 16–34.
6. Копылов И.С. Эколого-геохимическая оценка территории города Перми и проблемы геологической безопасности // Геолого-геохимические проблемы экологии. Тез. докладов Всерос. научно-практической конф. – М.: ИМГРЭ, 2012. – С. 10–11.

7. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. – Saarbrücken, Germany. 2012. – 152 с.

References

1. Bykov V.N., Dimukhametov D.M., Dimukhametov M.Sh. *Ekologo-geologicheskaya obstanovka goroda: Ucheb. posobie*. Perm: Perm University, 2001. 101 p.
2. Golovin A.A., Achkasov A.I., etc. *Trebovaniya k proizvodstvu i rezul'tatam mnogo-celevogo geohimicheskogo kartirovaniya masshtaba 1:1 000 000*. M.: IMGRE, 1999. 104 p.
3. *Gravimetriya, magnitometriya, geomorfologiya i ih parametricheskie svyazi: monografiya* // M.S. Chadaev, V.A. Gershanok, L.A. Gershanok, I.S. Kopylov, A.V. Konoplev. Perm State University Perm, 2012. 91 p.
4. Iblaminov R.G. *Tjzhelye metally v donnyh otlozhenijah rek g. Permi* // Environmental safety zones of the Western Urals industrial agglomerations: Theses of reports of the Regional Conference. Perm: Perm University, 1993. pp. 27–28.
5. Kopylov I.S. *Osobennosti geohimicheskikh polej i litogeoimicheskije anomalnye zony Zapadnogo Urala i Priuralja* // Perm University Herald. Geology. Perm, 2011. Issue 1 (10). pp. 26–37.
6. Kopylov I.S. *Jekologo-geohimicheskaja ocenka territorii goroda Permi i problemy geologicheskij bezopasnosti* // Geological and geochemical environmental problems. Theses of reports of the All-Russia Scientific and Practical Conference. M.: IMGRE, 2012. pp. 10–11.
7. Kopylov I.S. *Regional'nyj landshaftno-litogeoimicheskij i geodinamicheskij analiz: monografiya* / LAP LAMBERT Academic Publishing. – Saarbrücken, Germany. 2012. 152 p.

Рецензенты:

Наумова О.Б., д.г.-м.н., профессор, зав. кафедрой поисков и разведки полезных ископаемых Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь;

Ибламинов Р.Г., д.г.-м.н., зав. кафедрой минералогии и петрографии Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 28.11.2012.