6. Ryabinina N.O. Territorial'no-ekologicheskaya optimizaciya prirodno-antropogennyh landshaftov i formirovanie seti osobo ohranyaemyh prirodnyh territorij v Volgogradskoj oblasti [Territorial-ecological optimization of natural-anthropogenic landscapes and the formation of a network of specially protected natural areas in Volgograd Region], avtoref. dis. … k. geogr. n., Volgograd, 1997, 25 p.
7. Shatskiy N.S. Osnovnye cherty stroeniya i razvitiya Vostochno-Evropejskoy platformi [The main features of the structure and development of the East European platform], Izbrannye trudy, t.2., Moscow: Nauka, 1964, 720 p.
8. Yarkov A.A. Obosnovaniye vydeleniya geografo-paleontologicheskikh pamyatnikov prirody Volgogradskoy oblasti na baze paleogeograficheskikh rekonstruktsiy [Substantiation of the allocation of geographical and paleontological monuments of nature in Volgograd Region on the basis of paleogeographic reconstructions], dis. … kand. geogr. n., Volgograd, 1999, 248 p.
9. Yarkov A.A., Shurkhovetskiy A.V. Osobennosti geoinformatsionnogo obespecheniya geobiosistemnykh OOPT [Features of geoinformation support for geobiosystem guarded natural territories], Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki, 2008, No 4 (36), pp. 230–238.

УДК 528.92, 504.06 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-242-255

Д.В. Власов[1], Н.С. Касимов[2], Н.Е. Кошелева[3]

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ МОСКВЫ)

АННОТАЦИЯ

Разработан и апробирован метод составления картосхем ландшафтно-геохимической структуры урбанизированных территорий, загрязненных тяжелыми металлами и металлоидами. Функциональная структура показывает дифференциацию техногенного воздействия и загрязнение ландшафтов, характеристика ландшафтной структуры территории включает анализ геоморфологических условий и распространения родов элементарных геохимических ландшафтов и городских почв. С помощью разработанного метода проведено комплексное картографирование ландшафтно-геохимической структуры восточной части Москвы, которая отражает функциональное зонирование, ландшафтные особенности и локализацию различных типов техногенных геохимических аномалий тяжёлых металлов и металлоидов. Полученные комплексы образуют три района: центральный (возвышенный, относительно плоский с автономными ландшафтами, с преимущественно низкоэтажной застройкой и достаточно крупными участками рекреационной и промышленной зон, с устойчивыми, прогрессивными, регрессивными и биопрогрессивными аномалиями тяжёлых металлов и металлоидов), северо-западный (пониженный с трансаккумулятивными ландшафтами, с доминированием промышленной зоны, с преимущественно реликтовыми, а также регрессивными, устойчивыми и биоаккумулятивными аномалиями тяжёлых металлов и металлоидов) и юго-восточный (пониженный с трансаккумулятивными, супераквальными и аквальными ландшафтами, с преобладанием рекреационной зоны и высокоэтажной

---

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв; Россия, 199991, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail:* vlasgeo@yandex.ru
[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв; Россия, 199991, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail:* secretary@geogr.msu.ru
[3] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв; Россия, 199991, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail:* natalk@mail.ru

застройкой, с участками промышленной и постагрогенной зон и относительно небольшими районами низко- и среднеэтажной застройки, с устойчивыми, прогрессивными, неопрогрессивными, регрессивными и реликтовыми аномалиями тяжёлых металлов и металлоидов).

Разработанный метод позволяет более точно, компактно и наглядно охарактеризовать ландшафтные и техногенные особенности урбанизированной территории и пространственное распределение геохимических аномалий поллютантов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

экогеохимия, городские ландшафты, зонирование, загрязнение, тяжёлые металлы

ВВЕДЕНИЕ

Одной из глобальных тенденций социально-экономического развития общества является урбанизация – возникновение и постоянное увеличение площади и численности населения городов, приобретение сельскими поселениями городских признаков, повышение роли городов в экономическом развитии общества. Глобальный процесс урбанизации и рост загрязнения городских ландшафтов вызывает необходимость эколого-географического картографирования их территорий, которое предполагает комплексную оценку состояния городской среды путём изучения структуры, взаимодействия и развития всех составляющих урбогеосистем [Макаров и др., 2002]. Одной из составляющих этого направления является ландшафтно-геохимическое картографирование городов, теоретическую и методическую основу которого составляют геохимия ландшафтов и геохимия окружающей среды [Геохимия…, 1990; Перельман, Касимов, 1999; Mapping…, 2011].

При ландшафтно-геохимическом картографировании учитывается ландшафтная структура территории города, характеризующая его природную неоднородность, и функциональные зоны, различающиеся по характеру техногенного воздействия на природную среду [Авессаломова, 1986]. Представление о ландшафтно-функциональной структуре урбанизированных территорий дают карты, содержащие информацию о видах их хозяйственного использования, характере и интенсивности техногенной нагрузки и уровнях загрязнения депонирующих сред, а также об основных особенностях природных условий, определяющих перераспределение и аккумуляцию поллютантов в компонентах городских ландшафтов [Касимов и др., 2012]. Чаще всего используются и оцениваются следующие карты: функционального зонирования, рыхлых отложений и почв, природных (коренных) и преобразованных (антропогенных) ландшафтов, а также геохимические карты, отражающие суммарное загрязнение компонентов городских ландшафтов [Хайбрахманов, 2011]. Ландшафтно-функциональные комплексы выделяются путем совмещения контуров карт с использованием процедуры оверлея слоев в геоинформационных продуктах [Макаров и др., 2002].

В восточной части Москвы сконцентрированы десятки крупных предприятий разного профиля, которые наряду с автомагистралями являются основными источниками техногенного воздействия на городские ландшафты, которое обусловлено выбросами (эмиссией) загрязняющих веществ в воздушный бассейн. Одними из ведущих поллютантов городских ландшафтов являются тяжёлые металлы и металлоиды (ТММ). Поэтому цель работы – провести картографирование ландшафтно-геохимической структуры урбанизированной территории Восточной Москвы с учетом условий миграции ТММ и сформированных в различных компонентах городского ландшафта (снег, почвы, растения) техногенных геохимических аномалий поллютантов, представляющих экологическую опасность.

Комплексные геохимические исследования Восточной Москвы как модели промышленной части города ведутся сотрудниками кафедры геохимии ландшафтов и географии почв с 1980-х гг. в южной части Восточного административного округа (ВАО), включающей муниципальные районы Соколиная гора, Перово, Ивановское, Новогиреево, Вешняки, Новокосино и Косино-Ухтомский. За более чем 20-летний период накоплен значительный статистический материал и исследованы особенности миграции и многолетняя динамика накопления

ТММ и их форм в разных компонентах ландшафтов и функциональных зонах округа, составлены и проанализированы карты распределения ТММ в почвенном и снежном покровах, разработана типология техногенных геохимических аномалий ТММ в городских ландшафтах [Никифорова, Лазукова, 1991; Касимов и др., 2012; Власов, Касимов, 2016; Касимов и др., 2016]. Результаты этих исследований послужили основой для выполнения настоящей работы, в которой решались следующие задачи:

- функциональное зонирование восточной части Москвы, показывающее дифференциацию техногенного воздействия и, следовательно, загрязнения ландшафтов;
- характеристика ландшафтной структуры территории на основе анализа геоморфологических условий и распространения родов элементарных геохимических ландшафтов и городских почв;
- комплексное ландшафтно-геохимическое картографирование восточной части Москвы с учетом функционального зонирования, ландшафтных особенностей и пространственного распределения различных типов техногенных геохимических аномалий ТММ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Характер использования городских территорий играет ведущую роль в формировании техногенных геохимических аномалий [Перельман, Касимов, 1999], поэтому для учёта этого фактора проводилось функциональное зонирование территории Восточной Москвы по специально разработанной методике [Лабутина, Хайбрахманов, 2012; Касимов и др., 2012]. Функциональные зоны выделены на основе анализа снимков 2009 г. со спутника QuickBird (Digital Globe, США) с разрешением в панхроматическом канале 0,61 м и в многозональном – 2,44 м на территории южной части ВАО методами автоматизированного и визуального дешифрирования [Касимов и др., 2012]. Границы зон уточнялись по результатам полевых ландшафтно-геохимических исследований [Регионы..., 2014; Власов, 2015; Касимов и др., 2016].

Картосхема типов рельефа составлена по данным [Большой атлас Москвы, 2012]. Для выявления катенарной геохимической структуры ландшафтов и преобладающих латеральных потоков поллютантов между водораздельными пространствами и сопряженными с ними подчиненными позициями на основе схемы типов рельефа составлена картосхема родов элементарных ландшафтов, в основу содержания которой положена геохимическая типология природных ландшафтов М.А. Глазовской [Глазовская, 2002]. Картосхема почв изучаемой территории составлена на основе функционального зонирования, схемы типов рельефа, классификации городских почв [Прокофьева и др., 2014], а также результатов почвенных исследований авторов. Аналогичный метод построения карт почвенного покрова на основе функционального зонирования и данных полевых исследований применялся для г. Торунь в Польше [Charzyński *et al.*, 2013].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Функциональная структура территории

На территории южной части ВАО выделены следующие функциональные зоны: транспортная (Т); промышленная и нежилой застройки (П); селитебная: жилая застройка низкой (до 5 этажей, Н), средней (6–9, С) и высокой (10 и выше, В) этажности; рекреационная (Р); неиспользуемые сельскохозяйственные угодья (А), или постагрогенная (рисунок 1).

Промышленная зона располагается преимущественно на северо-западе (промзоны «Соколиная гора», «Прожектор»), в центральной части («Перово»), на востоке («Косино-1») и юго-востоке территории («Косино-2», «Руднево»). Здесь находится большое количество предприятий разных отраслей: теплоэнергетики, металлообработки и машиностроения, химии и нефтехимии, производства строительных материалов, целлюлозно-бумажной, пище-

вой и некоторых других, выбросы которых наряду с автотранспортом содержат различные ТММ.

Низкая этажность характерна для старых жилых кварталов в районах Перово, Ивановское, Новогиреево, Вешняки и индивидуальной застройки в Косино-Ухтомском районе; повышенная этажность – за МКАД в Новокосино и Косино-Ухтомском; средняя этажность – для жилой зоны в пределах МКАД. Относительно большие участки рекреационной зоны представлены лесопарками Кусково (Вешняки), Терлецким (Ивановское), Перовским (Новогиреево), а также Косинским Триозёрьем (Косино-Ухтомский). Постагрогенная зона занята Косинским лесопарком, на территории которого ранее располагались земли сельскохозяйственного назначения, и микрорайоном Кожухово с приусадебными участками (Косино-Ухтомский район).

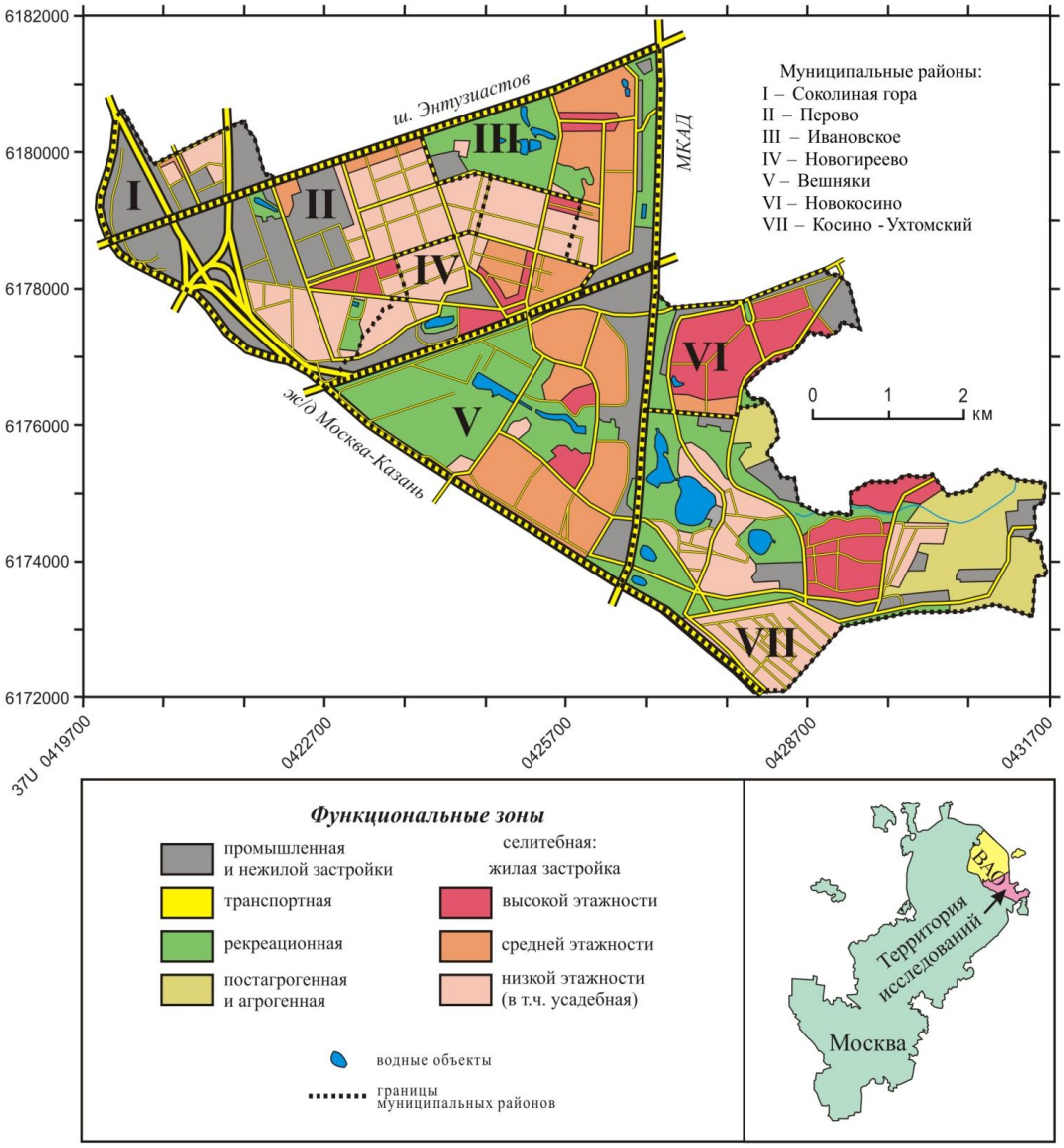


Рисунок 1. *Функциональное зонирование восточной части Москвы [Касимов и др., 2012; Лабутина, Хайбрахманов, 2012] с изменениями и дополнениями авторов. Система координат UTM*

Figure 1. *Land-use zoning of the eastern part of Moscow [Kasimov et al., 2012; Labutina, Khaibrakhmanov, 2012] with the changes and additions of the authors. Applied system of coordinates is UTM*

Типы рельефа и роды элементарных геохимических ландшафтов

Восточная часть Москвы расположена в краевой части Мещерской слаборасчленённой заболоченной озёрно-ледниковой равнины с общим уклоном на юго-восток, на фоне которой выделяются Котельниковская и Лыткаринская возвышенности с относительно большой мощностью четвертичных водно-ледниковых и аллювиальных отложений [Экологический атлас…, 2000].

Рельеф Восточной Москвы в центральной и северной частях представлен преимущественно флювиогляциальным аккумулятивным типом, соответствующим флювиогляциальной аккумулятивной равнине, сложенной песками, песчано-гравелистыми отложениями и суглинками; в северо-западной и юго-восточной частях – флювиальным аккумулятивно-денудационным типом с надпойменными террасами притоков р. Москвы, сложенными песками, озёрной равниной в Новокосино и вокруг озёр Белое и Святое на древнеаллювиальных и флювиогляциальных отложениях, и днищами балок, ложбин, долин малых рек с постоянными или временными водотоками (рисунок 2).

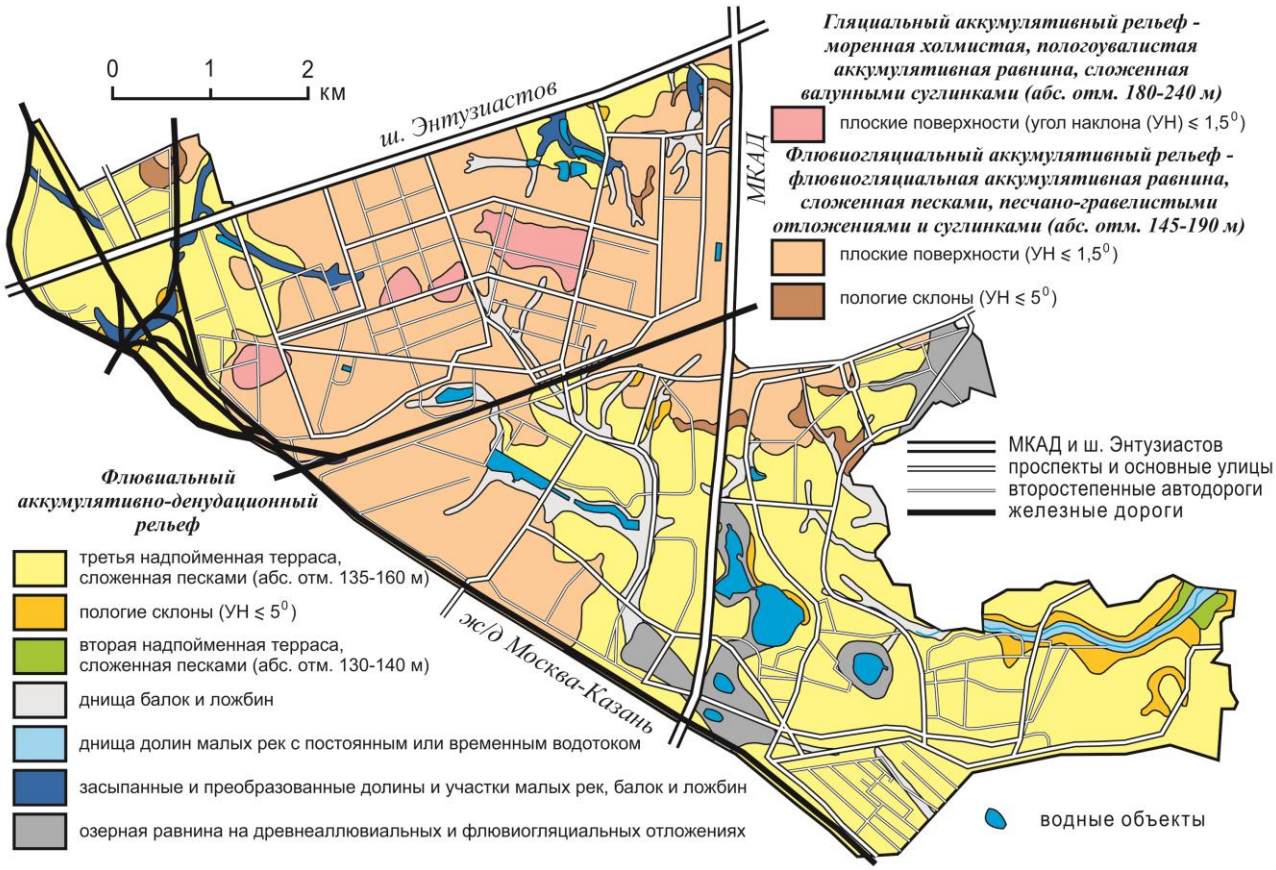


Рисунок 2. *Типы рельефа. Составлено по [Большой атлас Москвы, 2012]*
Figure 2. *Relief types. Compiled by [The big atlas of Moscow, 2012]*

Для отдельных участков на севере территории характерен гляциально-аккумулятивный рельеф, представленный моренной холмистой, пологоувалистой аккумулятивной равниной, сложенной валунными суглинками.

В восточной части Москвы выделены пять родов элементарных ландшафтов (рисунок 3): автономный, трансэлювиальный, трансаккумулятивный, супераквальный и аквальный, а также участки трансаккумулятивных ландшафтов на месте супераквальных, что обусловлено засыпкой и антропогенной спланированностью последних при строительстве жилых и торговых сооружений.

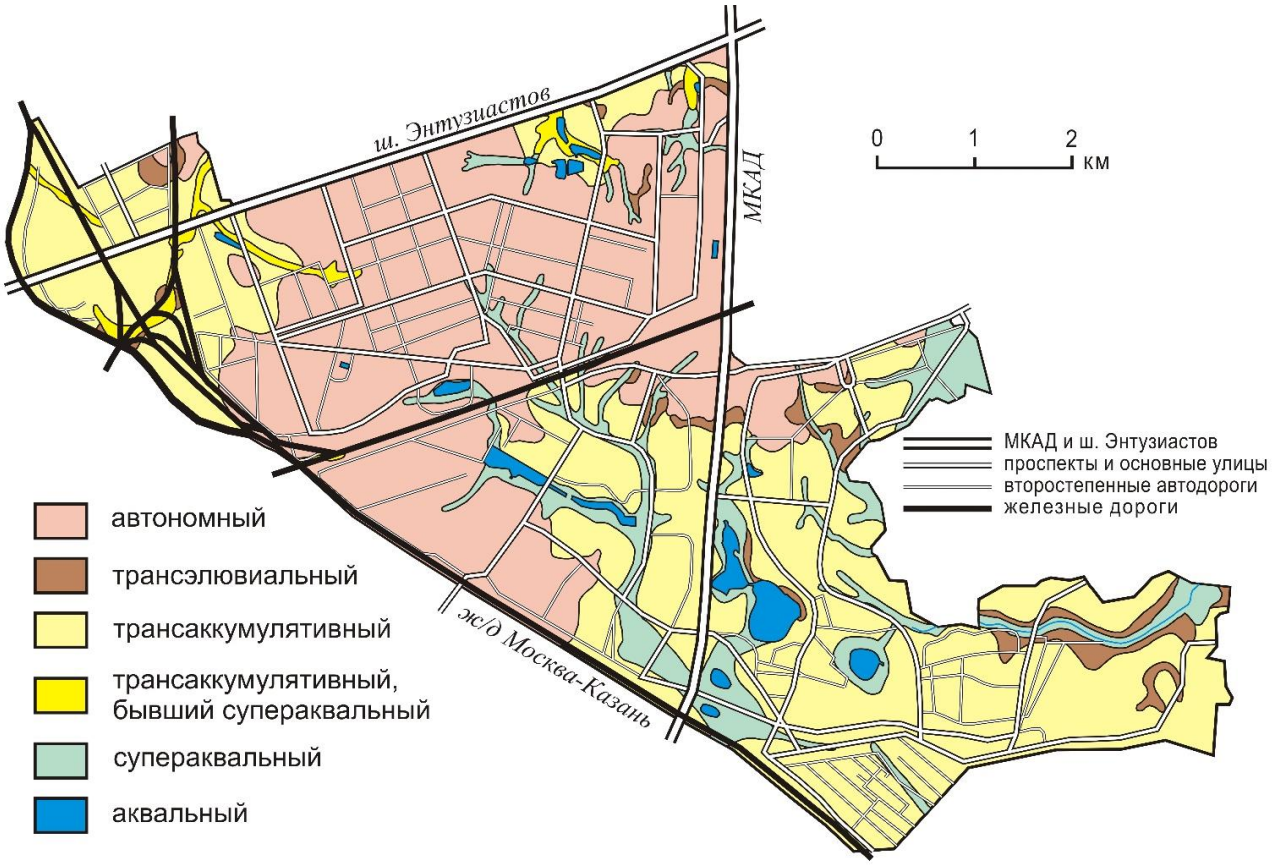


Рисунок 3. *Роды элементарных ландшафтов*
Figure 3. *Elementary geochemical landscapes*

Автономные ландшафты занимают наиболее высокие позиции в центре территории на моренной холмистой пологоувалистой аккумулятивной и на флювиогляциальной аккумулятивной равнинах, трансэлювиальные – пологие склоны крутизной до 5°, супераквальные – днища долин малых рек, балок и ложбин и зерные равнины, трансаккумулятивные – третьи надпойменные террасы, а также частично засыпанные и преобразованные долины малых рек, балок и ложбин. Таким образом, большая часть района исследований занята геохимически подчиненными ландшафтами с пониженной миграционной способностью многих поллютантов и их накоплением в почвах.

Почвенный покров

Урбанизация и производственная деятельность человека в Москве становятся преобладающими над естественными факторами почвообразования, формируя в новых экологических условиях специфические группы почв и сложный почвенный покров. Городские почвы включают *урбанозёмы* – почвы селитебных территорий; *культурозёмы* – высокогумусные почвы ботанических садов, дендропарков, бывших садов или старых огородов с признаками урбопедогенеза; *рекреазёмы* – природно-антропогенные почвы городов с многоразовыми подсыпками органо-минеральных или торфосодержащих плодородных субстратов и распространенные на озелененных рекультивированных участках, в том числе вдоль дорог, в плодовых садах, дендропарках; *реплантозёмы* – почвоподобные тела, состоящие из реплантированного маломощного горизонта с высоким содержанием органического вещества, нанесённого на оставшиеся после строительства породы или специально сделанную отсыпку; *некрозёмы* – слабоизученные почвы городских кладбищ; *экранозёмы* – городские существенно уплотнённые почвы, запечатанные под дорожным асфальтобетонным или каменным покрытием [Прокофьева и др., 2014].

Почвенный покров Восточной Москвы достаточно разнообразен (рисунок 4).

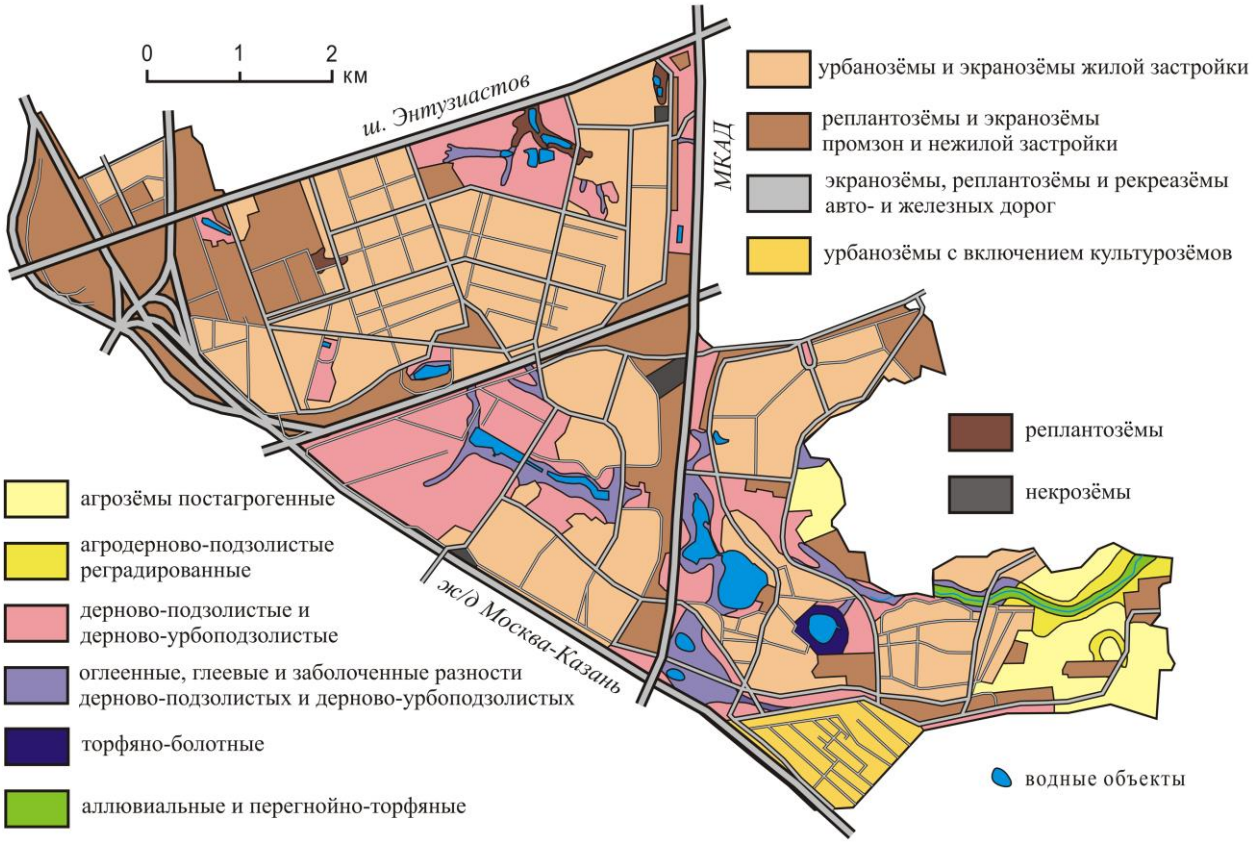


Рисунок 4. *Почвенный покров*
Figure 4. *Soil cover*

Среди антропогенных почв наиболее распространены *урбанозёмы*, локализованные в пределах жилых кварталов, где помимо них под асфальтовым покрытием встречаются также *экранозёмы* (рисунок 4). В транспортной зоне формируются *экранозёмы*, *реплантозёмы и рекреазёмы*. На территории промышленных зон и нежилой застройки широкое распространение получили *реплантозёмы* и *экранозёмы*. В индивидуальной застройке дачного типа Косино-Ухтомского района помимо *урбанозёмов* на частных приусадебных хозяйствах сформировались *культурозёмы*.

В рекреационной зоне развиты антропогенно преобразованные и естественные почвы: *дерново-подзолистые и дерново-урбоподзолистые*. Ухудшение естественного дренажа в понижениях и при повышении уровня почвенно-грунтовых вод приводит к подтоплению и формированию полугидроморфных и гидроморфных почв: *оглеенных*, *глеевых* и *заболоченных* разностей *дерново-подзолистых и дерново-урбоподзолистых* почв. Для поймы р. Рудневки характерны *аллювиальные* и *перегнойно-торфяные* почвы. *Торфяно-болотные* почвы сформировались под сфагновым сообществом вокруг Святого озера. В постагрогенной зоне на юго-востоке территории распространены *постагрогенные агрозёмы* и *агродерново-подзолистые реградированные* почвы; первые формируются на третьей надпойменной террасе в трансаккумулятивных ландшафтах, а последние – на склонах в трансэлювиальных ландшафтах. Почвы кладбищ представлены *некрозёмами*, а в засыпанных и преобразованных долинах и на участках водосборов малых рек, балок и ложбин сформировались *реплантозёмы*.

Ландшафтно-геохимическая структура

Центры геохимических аномалий в разных компонентах ландшафта обычно территориально разобщены. Совместный анализ пространственного распределения ТММ в

компонентах городских ландшафтов позволяет выявить различные типы аномалий поллютантов, отражающие характер динамики загрязнения [Геохимия..., 1990]. Взаимное расположение геохимических аномалий ТММ в снеге, почвах и растениях Восточной Москвы анализировалось с помощью интегральных показателей загрязнения отдельных компонентов ТММ, что позволило учесть основные процессы, определяющие состояние городских ландшафтов: выпадение ТММ (по снежному покрову), загрязнение почв и отклик живых организмов (биогеохимическая трансформация) [Власов, Касимов, 2016].

Результатом обобщения физико-географических данных и информации об основных источниках и интенсивности техногенного воздействия на окружающую среду Восточной Москвы стала картосхема ландшафтно-геохимической структуры территории, построенная на основе картосхем функционального зонирования, типов рельефа, родов элементарных ландшафтов, почвенного покрова и типов техногенных геохимических аномалий ТММ (рисунок 5).

В основу легенды картосхемы ландшафтно-геохимической структуры территории положена геохимическая систематика городских ландшафтов [Перельман, Касимов, 1999], которая учитывает два главных фактора:

1) интенсивность и характер техногенной нагрузки, обусловливающих уровень воздействия основных источников загрязнения;

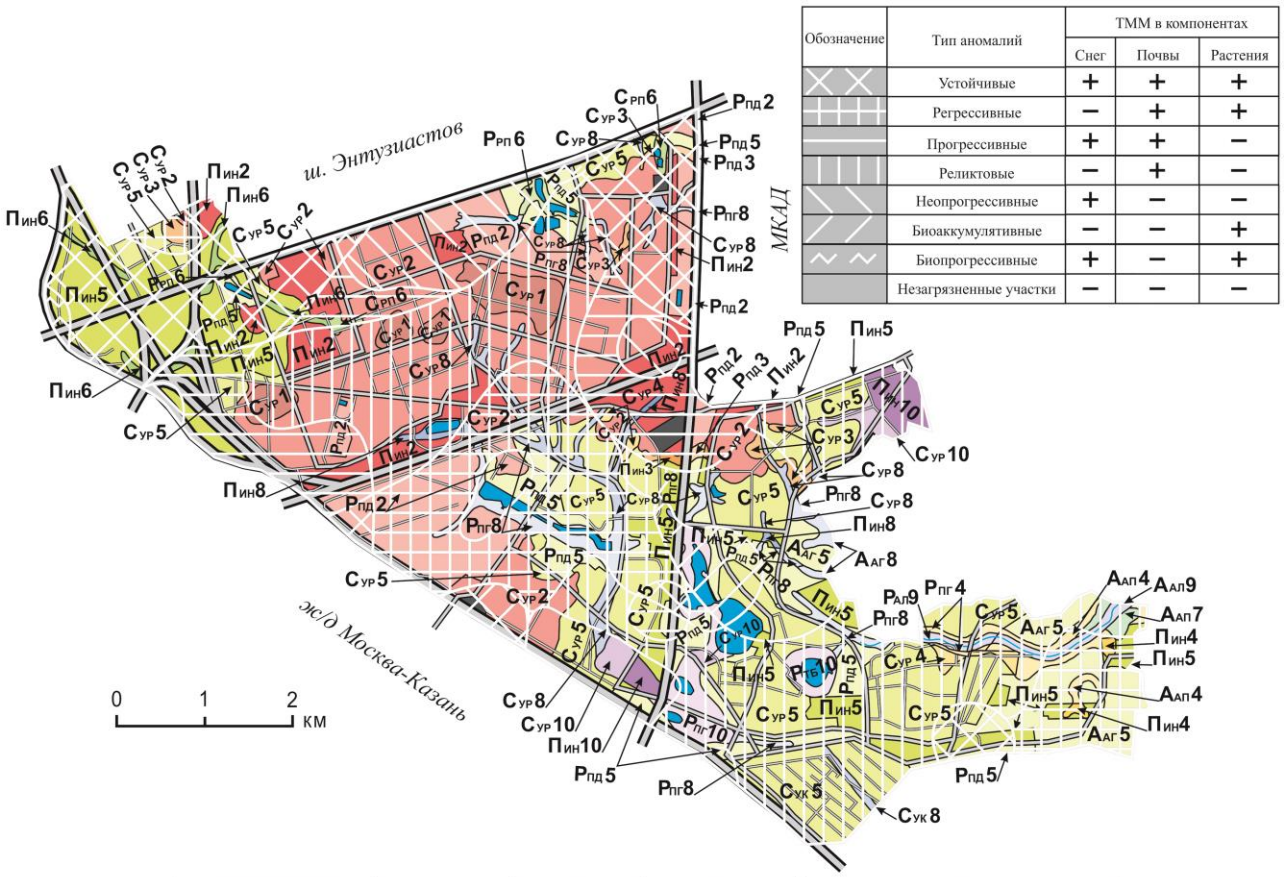
2) ландшафтно-геохимическую обстановку, контролирующую накопление и рассеяние загрязняющих веществ и в конечном итоге определяющую результаты этого воздействия.

Ландшафтный блок легенды характеризует ландшафтно-геохимические условия миграции и дифференциации ТММ, а функциональные зоны и типы геохимических аномалий отражают интенсивность техногенного воздействия на компоненты городских ландшафтов. Легенда картосхемы – матричная. В левой части легенды показаны функциональные зоны, определяющие привнос ТММ в ландшафты, а в правой части – ландшафты и природные характеристики, обусловливающие класс миграции, особенности катенарного распределения ТММ в почвах и возможность их осаждения на геохимических барьерах.

Ландшафтно-геохимические комплексы показаны на картосхеме цветовым фоном, который характеризует положение элементарного ландшафта в геохимической катене, а его интенсивность – назначение функциональной зоны. Каждый таксон на картосхеме обозначен индексом, в который входит название функциональной зоны, почв, характеристика элементарного ландшафта. Например, индекс $С_{РП}6$ характеризует трансаккумулятивный ландшафт засыпанных долин малых рек, балок и ложбин, занятый селитебной зоной, сложенный песчаными отложениями с прослоями суглинков.

Интенсивность загрязнения ландшафтов ТММ показана на картосхеме с помощью ареалов типов техногенных геохимических аномалий [Власов, Касимов, 2016]. Приоритетными поллютантами территории с накоплением относительно фона ≥ 3 раз являются (в скобках – слабо накапливающиеся): снеговая пыль – Mo, Ag (Sb, As, W, Sn); поверхностные горизонты почв – Cd, W (Bi, Zn, Sb, Pb, Ag, As, Cr, Fe); листья одуванчика лекарственного – Mo (Pb, Cd, Fe, As); листья клёна остролистного – Sb (As).

Центры геохимических аномалий в разных компонентах городского ландшафта обычно территориально разобщены, поэтому комплексный анализ пространственного распределения ТММ позволяет выявить типы аномалий поллютантов, отражающие характер динамики загрязнения. Направление штриховок показывает взаимное расположение техногенных аномалий ТММ в снеге, почвах и растениях Восточной Москвы.



Классы ландшафтов		I		II		III		IV			
Роды ландшафтов		Автономный		Трансэлювиальный		Трансаккумулятивный		Супераквальный			
Тип рельефа		Гл	Ф/г	Ф/г	Фл	Фл					
Элементы мезорельефа		плоские поверхности		склоны ≤ 5°		третья надпойменная терраса	засыпанные долины малых рек, балок и ложбин	вторая надпойменная терраса	днища балок и ложбин	днища долин малых рек	озёрная равнина
Отложения		валунные суглинки	суглинки, пески и песчано-гравелистые		суглинисто-песчаные	песчаные	песчаные с прослоями суглинков	песчаные	песчаные с прослоями суглинков		
Зоны	Почвы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Промышленная П	ИН		Пин2	Пин3	Пин4	Пин5	Пин6		Пин8		Пин10
Селитебная С	УР	Сур1	Сур2	Сур3	Сур4	Сур5			Сур8		Сур10
	РП						Срп6				
	УК					Сук5			Сук8		
Постагрогенная и агрогенная А	АГ					Ааг5			Ааг8		
	АП				Аап4			Аап7			
	АЛ									Аал9	
Рекреационная Р	ПД		Рпд2	Рпд3	Рпд4	Рпд5					
	ПГ				Рпг4				Рпг8		Рпг10
	ТБ										Ртб10
	РП						Ррп6				
	АЛ									Рал9	

Транспортная зона с экранозёмами, реплантозёмами и рекреазёмами — Территории кладбищ с некрозёмами — аквальные ландшафты

Классы ландшафтов: I – окислительный щелочной, II – окислительный щелочной и нейтральный, III – окислительно-восстановительный нейтральный и слабокислый, IV – восстановительно-глеевый слабокислый и кислый нейтрализуемый. *Тип рельефа*: Гл – гляциальный аккумулятивный – моренная холмистая, пологоувалистая аккумулятивная равнина, Ф/г – флювиогляциальный аккумулятивный – флювиогляциальная аккумулятивная равнина, Фл – флювиальный аккумулятивно-денудационный. *Почвы*: ИН – реплантозёмы и экранозёмы промзон и нежилой застройки, УР – урбанозёмы и экранозёмы жилой застройки, РП – реплантозёмы, УК – урбанозёмы с включением культурозёмов, АГ – агрозёмы постагрогенные, АП – агродерново-подзолистые реградированные, АЛ – аллювиальные и перегнойно-торфяные, ПД – дерново-подзолистые и дерново-урбоподзолистые, ПГ – оглеенные, глеевые и заболоченные разности дерново-подзолистых и дерново-урбоподзолистых, ТБ – торфяно-болотные.

Рисунок 5. *Ландшафтно-геохимическая структура восточной части Москвы*
Figure 5. *Landscape and land-use structure of the eastern part of Moscow*

Устойчивые аномалии проявляются во всех компонентах, занимая участки с наиболее интенсивным техногенным воздействием. Обширные по площади аномалии данного типа располагаются на северо-западе территории рядом с промзонами «Соколиная гора» и «Прожектор» в трансаккумулятивных ландшафтах надпойменных террас притоков р. Москвы и засыпанных долин малых рек, балок и ложбин, и на севере – вблизи пересечения МКАД и ш. Энтузиастов в транспортной, рекреационной и селитебной зонах автономного и трансаккумулятивного ландшафтов. Отдельные небольшие пятна устойчивых аномалий сформировались в центре в рекреационной зоне автономного ландшафта рядом с Кусковским парком и ул. Юности и на юге в рекреационной и постагрогенной зонах трансаккумулятивного ландшафта в зоне влияния мусоросжигательного завода в промзоне «Руднево».

Регрессивные аномалии фиксируются в почвах и растениях, они указывают на тренд снижения загрязнения, когда выпадения элементов уменьшаются, а загрязнение почв и биогеохимическая трансформация растений остаются высокими. Эти аномалии находятся в основном в рекреационной и селитебной зонах и занимают относительно ровные, плоские поверхности в автономном, трансаккумулятивном и супераквальном ландшафтах Кусковского парка и прилегающих территорий. Они также выявлены к западу от мусоросжигательного завода в «Руднево» (юго-восток территории) в постагрогенной зоне преимущественно трансаккумулятивного, местами трансэлювиального ландшафтов.

Реликтовые аномалии – только в почвах – характеризуют остаточное загрязнение территории, когда выпадения элементов уменьшились, биогеохимическая трансформация растений стала ниже, а уровень загрязнения почв по-прежнему высокий. Такие аномалии обнаружены в северной и центральной частях территории в селитебной зоне автономных ландшафтов, а также на юго-востоке и востоке в рекреационной зоне Косинского Триозерья и рядом с промзонами «Косино-1» и «Косино-2» в селитебной зоне. Наиболее распространенные здесь роды ландшафтов – трансаккумулятивный и супераквальный.

Прогрессивные аномалии в снеге и почвах выявлены рядом с реликтовыми аномалиями на севере территории к востоку от промзон «Соколиная гора», «Прожектор» и «Перово» и вдоль МКАД в промышленной и селитебной зонах преимущественно трансаккумулятивного, реже – автономного ландшафтов.

Неопрогрессивные аномалии – только в снеге – указывают на современное загрязнение атмосферы, ещё не проявившееся в остальных компонентах. Обширная неопрогрессивная аномалия сформировалась в автономном и трансаккумулятивном ландшафтах транспортной зоны вдоль ш. Энтузиастов, занимая почти всю территорию рекреационной зоны Терлецкого парка и прилегающие к нему с запада районы жилой застройки. Значительно меньшие по площади аномалии установлены в автономном ландшафте вдоль железной дороги «Москва-Казань» и вдоль МКАД.

Биоаккумулятивные аномалии – только в растениях – формируются из-за усиленного фолиарного поглощения ТММ растениями. Небольшая аномалия этого типа располагается в рекреационной зоне супераквального ландшафта рядом с Чёрным озером, МКАД и Большой Косинской улицей, где в почвах велика доля подвижных форм поллютантов [Власов, 2015].

Биопрогрессивные аномалии – в снеге и растениях – занимают локальные участки селитебной, транспортной и рекреационной зон автономного и трансаккумулятивного ландшафтов рядом с неопрогрессивными аномалиями вдоль ш. Энтузиастов и промышленной зоны трансаккумулятивного ландшафта рядом с железной дорогой «Москва-Казань».

Незагрязнённые, экологически благополучные участки располагаются преимущественно в трансаккумулятивных и супераквальных ландшафтах рекреационной зоны (в Кусковском парке и рядом с Косинским Триозерьем) и жилой застройки к востоку от Кусково. При увеличивающихся уровнях техногенного воздействия велика вероятность прогрессирующего загрязнения этих территорий.

Таким образом, ландшафтно-геохимические комплексы можно объединить в три района. *Центральный* – возвышенный, относительно плоский автономных ландшафтов с пре-

имущественно низкоэтажной застройкой и достаточно крупными участками рекреационной и промышленной зон, где локализованы устойчивые, прогрессивные, регрессивные и биопрогрессивные аномалии ТММ. *Северо-западный* – пониженный трансаккумулятивных ландшафтов с доминированием промышленной зоны, где фиксируются преимущественно реликтовые, а также регрессивные, устойчивые и биоаккумулятивные аномалии ТММ. *Юго-восточный* – пониженный трансаккумулятивных, супераквальных и аквальных ландшафтов с преобладанием рекреационной зоны и высокоэтажной застройки и участками промышленной и постагрогенной зон и относительно небольшими районами низко- и среднеэтажной застройки, к которым приурочены устойчивые, прогрессивные, неопрогрессивные, регрессивные и реликтовые аномалии ТММ.

ВЫВОДЫ

На основе физико-географических данных, информации об интенсивности техногенного воздействия и различных типах техногенных геохимических аномалий ТММ в компонентах городских ландшафтов восточной части Москвы разработан метод составления картосхем ландшафтно-геохимической структуры территории путём обобщения материалов о функциональном зонировании, типах рельефа, родах элементарных геохимических ландшафтов, почвенном покрове, пространственном распределении техногенных геохимических аномалий ТММ.

На территории восточной части Москвы сформировались три ландшафтно-геохимических района:

- центральный (возвышенный автономных ландшафтов с низкоэтажной застройкой и крупными участками рекреационной и промышленной зон, с устойчивыми, прогрессивными, регрессивными и биопрогрессивными аномалиями ТММ);
- северо-западный (пониженный трансаккумулятивных ландшафтов с доминированием промышленной зоны, с реликтовыми, регрессивными, устойчивыми и биоаккумулятивными аномалиями ТММ);
- юго-восточный (пониженный трансаккумулятивных, супераквальных и аквальных ландшафтов с преобладанием рекреационной зоны и высокоэтажной застройкой, с устойчивыми, прогрессивными, неопрогрессивными, регрессивными и реликтовыми аномалиями ТММ).

Разработанный метод позволяет более точно, компактно и наглядно охарактеризовать ландшафтные и техногенные особенности урбанизированной территории и пространственное распределение геохимических аномалий поллютантов, поэтому его предлагается использовать для эколого-геохимической оценки состояния городов России и мира.

БЛАГОДАРНОСТИ

Метод составления картосхем ландшафтно-геохимической структуры загрязненных тяжелыми металлами и металлоидами урбанизированных территорий разработан при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Русского географического общества (проект № 17-05-41024), картографирование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 15-17-30009).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Авессаломова И.А.* Ландшафтно-функциональные карты при изучении геохимических аномалий в городе // Вестник Моск. ун-та. – Сер. 5. География. – 1986. – № 5. – С. 88–94.
2. Большой атлас Москвы. – М.: Феория, 2012. – 1000 с.
3. *Власов Д.В.* Геохимия тяжёлых металлов и металлоидов в ландшафтах Восточного

округа Москвы. Дисс. ...канд. геогр. наук. – М.: географ. ф-т МГУ, 2015. – 160 с.
4. *Власов Д.В., Касимов Н.С.* Геохимические аномалии металлов и металлоидов в компонентах ландшафтов Восточной Москвы: парагенезисы элементов и типология // Вестник Моск. ун-та. – Сер. 5. География. – 2016. – № 3. – С. 50–57.
5. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Сает, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
6. *Глазовская М.А.* Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. – Смоленск: Ойкумена, 2002. – 288 с.
7. *Касимов Н.С., Власов Д.В., Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М.* Геохимия ландшафтов Восточной Москвы. – М.: АПР, 2016. – 276 с.
8. *Касимов Н.С., Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е., Хайбрахманов Т.С.* Геоинформационное ландшафтно-геохимическое картографирование городских территорий (на примере ВАО Москвы). 1. Картографическое обеспечение // Геоинформатика, 2012. – № 4. – С. 37–45.
9. *Лабутина И.А., Хайбрахманов Т.С.* Структура и содержание системы карт для обеспечения ландшафтно-геохимических исследований // Геодезия и картография, 2012. – № 3. – С. 27–32.
10. *Макаров В.З., Новаковский Б.А., Чумаченко А.Н.* Эколого-географическое картографирование городов. – М.: Научный мир, 2002. – 196 с.
11. *Никифорова Е.М., Лазукова Г.Г.* Геохимическая оценка загрязнения тяжелыми металлами почв и растений городских экосистем Перовского района Москвы // Вестник Моск. ун-та. – Серия 5. География, 1991. – № 3. – С. 44–53.
12. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. – М.: Астрея-2000, 1999. – 768 с.
13. *Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С., Бахматова К.А., Гольева А.А., Горбов С.Н., Жарикова Е.А., Матинян Н.Н., Наквасина Е.Н., Сивцева Н.Е.* Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение, 2014. – № 10. – С. 1155–1164.
14. Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния. – М.: ИП Филимонов М.В., 2014. – 560 с.
15. *Хайбрахманов Т.С.* Использование космических снимков для экологических исследований городской территории // Охрана окружающей среды и природопользование, 2011. – № 2. – С. 34–38.
16. Экологический атлас Москвы. – М.: Изд-во «АБФ/ABF», 2000. – 96 с.
17. *Charzyński P., Bednarek R., Hulisz P., Zawadzka A.* Soil within Toruń urban area // Technogenic soils of Poland / Ed. by P. Charzyński, P. Hulisz, R. Bednarek. – Toruń: Polish Society of Soil Science, 2013. – Pp. 17–29.
18. Mapping the chemical environment of urban areas / Ed. by C.C. Johnson, A. Demetriades, J. Locutura, R.T. Ottesen. – Oxford: Wiley-Blackwell, 2011. – 616 p.

Dmitry V. Vlasov[1], **Nikolay S. Kasimov**[2], **Natalia E. Kosheleva**[3]

MAPPING OF LANDSCAPE AND GEOCHEMICAL STRUCTURE OF URBAN TERRITORY (MOSCOW CASE STUDY)

ABSTRACT

A method for mapping the landscape and geochemical structure of urban areas polluted with heavy metals and metalloids has been developed and tested. The land-use structure shows the differentiation of anthropogenic impact and pollution of landscapes, the description of the landscape structure of the territory is based on the analysis of geomorphologic conditions and spatial distribution of genera of elementary geochemical landscapes and urban soils. Using the developed method a synthetic map of the landscape and geochemical structure of the eastern part of Moscow has been compiled. It reflects the functional zoning, landscape features and allocation of various types of technogenic anomalies of heavy metals and metalloids.

The resulting units form three regions: central (elevated, relatively flat with autonomous landscapes, mainly low-rise buildings and large areas of recreational and industrial zones, with stable, progressive, regressive and bioprogressive anomalies of heavy metals and metalloids), north-western (lowered with transaccumulative landscapes and predominance of the industrial zone, with mainly relict, as well as regressive, stable and bioaccumulative anomalies of the heavy metals and metalloids), and south-eastern (lowered with transaccumulative, superaquatic and aquatic landscapes, with the predominance of the recreational zone and high-rise buildings, with areas of industrial and post-agricultural zone and relatively small areas of low and medium-rise buildings, with stable, progressive, neoprogressive, regressive and relict anomalies of heavy metals and metalloids). The developed method allows one to characterize more accurately, compactly and visually the landscape and technogenic features of the urbanized territory and allocation of geochemical anomalies of pollutants.

KEYWORDS:

ecogeochemistry, urban landscapes, zoning, pollution, heavy metals

REFERENCES

1. Avessalomova I.A. Landshaftno-funkcional'nye karty pri izuchenii geohimicheskih anomalij v gorode [Landscape-functional maps in the study of geochemical anomalies in the city], Vestnik Moskovskogo Unviersiteta, seria Geografiya, 1986, No 5, p. 88–94 (in Russian).
2. Bol'shoj atlas Moskvy [The big atlas of Moscow], Moscow: Feorija, 2012, 1000 p. (in Russian).
3. Vlasov D.V. Geohimija tjazhelyh metallov i metalloidov v landshaftah Vostochnogo okruga Moskvy [Geochemistry of heavy metals and metalloids in urban landscapes of Eastern District of Moscow], PhD Thesis in Geography, Moscow, 2015, 160 p. (in Russian).
4. Vlasov D.V., Kasimov N.S. Geohimicheskie anomalii metallov i metal-loidov v komponentah landshaftov Vostochnoj Moskvy: paragenezisy elementov i tipologija [Geochemical anomalies of metals and metalloids in landscape components of the eastern part of Moscow: parageneses of chemical elements and typology], Vestnik Moskovskogo Unviersiteta, seria Geografiya, 2016, No 3, p. 50–57 (in Russian).

[1] M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Landscape Geochemistry and Soil Geography; Leninskie Gory, 1, Moscow, 119991, Russia; *e-mail*: vlasgeo@yandex.ru
[2] M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Landscape Geochemistry and Soil Geography; Leninskie Gory, 1, Moscow, 119991, Russia; *e-mail:* secretary@geogr.msu.ru
[3] M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Landscape Geochemistry and Soil Geography; Leninskie Gory, 1, Moscow, 119991, Russia; *e-mail:* natalk@mail.ru

5. Geohimija okruzhajushchej sredy [Environmental geochemistry], Moscow: Nedra, 1990, 335 p. (in Russian).
6. Glazovskaya M.A. Geohimicheskie osnovy tipologii metodiki issledovanij prirodnyh landshaftov [Geochemical foundations of typology and methods of natural landscape studies], Smolensk: Ojkumena, 2002, 288 p. (in Russian).
7. Kasimov N.S., Vlasov D.V., Kosheleva N.E., Nikiforova E.M. Geohimija landshaftov Vostochnoj Moskvy [Landscape geochemistry of the eastern part of Moscow], Moscow: APR, 2016, 276 p. (in Russian).
8. Kasimov N.S., Nikiforova E.M., Kosheleva N.E., Khaibrakhmanov T.S. Geoinformacionnoe landshaftno-geohimicheskoe kartografirovanie gorodskih territorij (na primere VAO Moskvy). Kartograficheskoe obespechenie [Geoinformation landscape and geochemical mapping of city territories (the case of Eastern District of Moscow). Cartographic support], Geoinformatika, 2012, No 4, p. 37–45 (in Russian).
9. Labutina I.A., Khaibrakhmanov T.S. Struktura i soderzhanie sistemy kart dlja obespechenija landshaftno-geohimicheskih issledovanij [Structure and content of map system to ensure landscape-geochemical research], Geodezija i kartografija, 2012, No 3, p. 27–32 (in Russian).
10. Makarov V.Z., Novakovskij B.A., Chumachenko A.N. Ekologo-geograficheskoe kartografirovanie gorodov [Ecological and geographical mapping of cities], Moscow: Nauchnyj mir, 2002, 196 p. (in Russian).
11. Nikiforova E.M., Lazukova G.G. Geohimicheskaja ocenka zagrjaznenija tjazhelymi metallami pochv i rastenij gorodskih ekosistem Perovskogo rajona Moskvy [Geochemical assessment of heavy metals contamination of soils and plants of urban ecosystems in Perovsky District of Moscow], Vestnik Moskovskogo Unviersiteta, seria Geografiya, 1991, No 3, p. 44–53 (in Russian).
12. Perel’man A.I., Kasimov N.S. Geohimija landshafta [Landscape geochemistry], Moscow: Astreja-2000, 1999, 768 p. (in Russian).
13. Prokof’eva T.V., Gerasimova M.I., Bezuglova O.S., Gorbov S.N., Bakhmatova K.A., Matinyan N.N., Gol’eva A.A., Zharikova E.A., Nakvasina E.N., Sivtseva N.E. Inclusion of soils and soil-like bodies of urban territories into the Russian soil classification system // Eurasian Soil Science, 2014, vol. 47, No 10, p. 959–967; DOI: 10.1134/S1064229314100093
14. Regiony i goroda Rossii: integral’naja ocenka ekologicheskogo sostojanija [Regions and cities of Russia: the integrated assessment of the environment], Moscow: IP Filimonov M.V., 2014, 560 p. (in Russian).
15. Khaibrakhmanov T.S. Ispol’zovanie kosmicheskih snimkov dlja ekologicheskih issledovanij gorodskoj territorii [The use of satellite imagery for environmental studies of the urban area], Ohrana okruzhajushchej sredy i prirodopol’zovanie, 2011, No 2, p. 34–38 (in Russian).
16. Jekologicheskij atlas Moskvy [Ecological atlas of Moscow], Moscow: ABF/ABF, 2000, 96 p. (in Russian).
17. Charzyński P., Bednarek R., Hulisz P., Zawadzka A. Soil within Toruń urban area; Technogenic soils of Poland / Ed. by P. Charzyński, P. Hulisz, R. Bednarek. – Toruń: Polish Society of Soil Science, 2013, pp. 17–29.
18. Mapping the chemical environment of urban areas / Ed. by C.C. Johnson, A. Demetriades, J. Locutura, R.T. Ottesen, Oxford: Wiley-Blackwell, 2011, 616 p.