

**ОТЗЫВ официального оппонента  
на диссертацию на соискание ученой степени  
кандидата географических наук Васильчук Джессики Юрьевны  
на тему: «Фракционирование тяжелых металлов и металлоидов в снеге,  
дорожной пыли, почвах и донных отложениях в бассейне реки Сетунь  
(юго-запад Москвы)»  
по специальности 1.6.12 – физическая география и биогеография,  
география почв и геохимия ландшафтов**

**Актуальность темы диссертационного исследования.** Техногенная трансформация ландшафтов в промышленных городах происходит в результате механических нарушений поверхности, изменения гидрогеологических условий и геохимического воздействия на компоненты природной среды. Особенности этой трансформации находятся в сложной зависимости от характера и состава загрязнителей, длительности их воздействия, ландшафтно-геохимической обстановки. Эколого-геохимическая оценка состояния городских ландшафтов в результате антропогенной деятельности является одним из приоритетных направлений геохимии ландшафтов. Она приобретает все большую роль для мониторинга и охраны городских почв и ландшафтов.

В городах России, включая Московский мегаполис, за последние десятилетия произошли значительные изменения в хозяйственной и социальной сфере. Это существенно отразилось на структуре городских ландшафтов и границах техногенно изменённых территорий. Возрастают площади городской застройки за счет сокращения доли сельскохозяйственных угодий и лесных массивов. Наблюдаемое изменение ландшафтной структуры на территории юго-западной части г. Москвы, формирование новых почвенных тел на техногенных субстратах разного генезиса, а также запечатанных различного рода покрытиями, увеличение антропогенной нагрузки в результате развития дорожно-транспортной сети и высоких темпов застройки обуславливают необходимость новых исследований поведения тяжелых металлов и металлоидов (ТММ) в транзитных и депонирующих средах уже сегодня. Содержание поллютантов в микрочастицах снеговой и

дорожной пыли, придорожных почв и донных отложений (ДО) на территории урбанизированного водосборного бассейна р. Сетуни ранее не изучалось. В этом заключается научное, познавательное значение представленной диссертации

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.** Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы, включающего 424 источника, в том числе 267 – на английском языке. Работа изложена на 147 страницах, включает 29 таблиц, 62 рисунков и 6 приложений. Приложения свидетельствуют о создании соискателем огромного банка данных о пространственном распределении отдельных ТММ в пыли, почвах и донных отложениях бассейна р. Сетунь - материалах сопряженных и в очень большой степени являющихся методической базой для дальнейших исследований и эколого-геохимического мониторинга ландшафтов г. Москвы.

Д.Ю.Васильчук собран в 2019-2021 гг. и обобщен многоплановый фактический материал (277 образцов снега, дорожной пыли, почв и ДО, с учетом анализа фракций - 600 образцов), а работа базируется на большом количестве экспериментальных данных. Проведенные исследования лежат в русле ландшафтно-геохимического подхода к изучению городов и компонентов городских ландшафтов, особенно ярко представленного в трудах А.И.Перельмана, М.А.Глазовской, Н.С.Касимова, М.И.Герасимовой, Е.М. Никифоровой, Н.Е.Кошелевой и их учеников.

К объектам изучения (глава 2 диссертации) - снежный покров, дорожная пыль, почвы и ДО бассейна р. Сетунь в выделенных автором функциональных зонах (селитебная, производственная, ландшафтно-рекреационная, инженерно-транспортная, специального назначения) на юго-западе Москвы - применен комплекс полевых и лабораторных исследовательских методов, проведен сопряженный ландшафтно-геохимический и сравнительно-географический анализ. Особенно следует отметить использование в работе специальных методов выделения фракций  $PM_{10}$  снеговой пыли,  $PM_1$  и  $PM_{1-10}$

дорожной пыли, почв, ДО, а также масс-спектрального и атомно-эмиссионного для определения содержания широкого спектра ТММ, в том числе слабоизученных в геохимическом плане Sb, As, Mo, Bi, W. Это позволило соискателю установить факторы накопления ТММ в микрочастицах придорожных почв и пыли, а также впервые изучить их фракционный состав в почвах и дорожной пыли, как показатель трансформации поллютантов, поступающих в городские ландшафты.

При оценке содержания ТММ в компонентах природной среды применялись традиционные геохимические показатели и коэффициенты. Кроме того, для всех объектов рассчитан коэффициент обогащения EF относительно кларковых содержаний и новый показатель - суммарный коэффициент обогащения TEF. Общее загрязнение депонирующих сред поллютантами оценивается с помощью показателей суммарного загрязнения. Уровни интегральных показателей TEF и Zc определялись в соответствии с принятыми градациями экологической опасности. Применен метод главных компонент, позволивший идентифицировать источники в формировании химического состава гранулометрических фракций дорожной пыли. Источники растворенной и взвешенной форм ТММ в снежном покрове выявлены путем кластерного и корреляционного анализов. Проведена статистическая обработка данных в пакете Statistica 10.

Таким образом, постановка темы – сопряженный анализ распределения ТММ в микрочастицах депонирующих сред городских ландшафтов на примере территории юго-западной части Москвы – потребовала от автора широты ландшафтно-геохимического и географического кругозора и использования многогранного исследовательского арсенала. Защищаемые положения и выводы основаны на обширном фактическом материале и представляются обоснованными.

**Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** В первой главе работы проанализировано поведение ТММ в компонентах городских ландшафтов.

Показано, что при исследовании загрязнения окружающей среды в городах основные задачи связаны с индикацией источников и определением вклада этих источников. В обзоре обосновано, что именно выбранные для исследования тонкие частицы  $PM_{1-10}$  и  $PM_1$  наиболее обогащены токсичными компонентами, негативно воздействующими на человека. Однако концентрация загрязняющих веществ и их накопление в депонирующих средах Москвы остается неизученной. Поэтому особую актуальность представляет изучение фракционирования ТММ в микрочастицах, позволяющее оценить уровни экологической опасности микрочастиц и источники поступления в них поллютантов.

Один из ключевых вопросов исследования и который вынесен в качестве защищаемого положения – характеристика загрязнения снега в растворенной и взвешенной формах и фракции  $PM_{10}$  снеговой пыли (глава 3).

На основе комплекса ландшафтно-геохимических методов в работе представлено аргументированное доказательство, что техногенное воздействие приводит к значительному увеличению пылевой нагрузки (в 2-7 раз), содержания твердых частиц в снеге (в 2-6 раз), минерализации (в 1,4-2,7 раз) в городском бассейне по сравнению со снегом фоновой территории (Можайский район), а также к смене ионного состава талой снеговой воды с гидрокарбонатно-кальциевого в фоновых условиях на хлоридно-кальциевый-натриевый на исследуемой территории. Новым результатом является вывод о накоплении в результате воздействия автотранспорта во всех исследованных функциональных зонах территории юго-запада Москвы в микрочастицах  $PM_{10}$  снеговой пыли Sb, Cu, Cd, Bi, Zn, Pb.

В отсутствие снежного покрова информативным индикатором загрязнения атмосферы служит дорожная пыль, которая в работе рассматривается как отдельный источник элементов, формирующийся под воздействием различных факторов антропогенного воздействия. В бассейне р. Сетунь выявлено подщелачивание пыли крупных дорог со значениями рН до 9,6, которое автор связывает с остатками противогололёдных смесей, абразией

бордюрного камня, поступлением на дорожное полотно строительной пыли и уборкой дорог щелочными моющими средствами. Сделан вывод об обогащении фракций  $PM_{10}$  и  $PM_{1-10}$  дорожной пыли Sb, Bi, Zn, Cu и Sn, поступающих с выбросами транспорта, As с воздействием промышленности, а также из загрязненных придорожных почв и субстратов.

Еще один итог проведенного Д.Ю.Васильчук исследования – оценка факторов накопления ТММ в микрочастицах придорожных почв и их вклада в загрязнение, что также является одним из защищаемых положений работы. Результаты проведенного исследования показывают, что Cd, Sb и Zn поступают во фракцию  $PM_{1-10}$  почв преимущественно из дорожной пыли, во фракцию  $PM_{10}$  – с транспортными выбросами.

В главе 5 дается характеристика физико-химических свойств (гранулометрический состав, Сорг., рН) наиболее распространенных на территории исследования почв и ТПО, рассматривается их геоморфологическое положение. Анализируются микроэлементный состав по всему профилю природных и техногенных почв разных функциональных зон (дерново-подзолистая, глеезём и аллювиальная серогумусовая, урбаноземы, реплантоземы), латеральная дифференциация ТММ в почвах и ДО. Выделены основные типы радиальной дифференциации элементов (поверхностно-аккумулятивный, недифференцированный и др.). Этим исследование Д.Ю.Васильчук выгодно отличается от многих работ, в которых приводятся данные о содержании поллютантов только в верхнем горизонте городских почв, при этом за рамками рассмотрения остаются нижележащие горизонты, и, соответственно, влияние на особенности распределения этих элементов почвообразовательных процессов и седиментогенеза. Подтвержден установленный ранее исследователями поведения ТММ в почвах Восточного и Западного округа Москвы и других промышленных городов России вывод о широком распространении радиального сорбционного геохимического барьера, связанного с органическим веществом и его наибольшей

выраженности в транспортной и промышленной функциональных зонах, т.е. в зонах с интенсивным поступлением поллютантов.

При анализе распределения ТММ в придорожных почвах и их фракциях на основании двух подходов – расчета коэффициентов загрязнения (Кс) и обогащения (ЕF) - установлены основные поллютанты фракций придорожных почв территории бассейна р. Сетунь - Sb, Zn, и Sn. Кроме того, выявлен не часто встречающийся эффект повышенного загрязнения дорожной пыли по сравнению с почвами. Ранее проведенные исследования в промышленных районах, например, на востоке Москвы показали, что почвы были сильнее загрязнены ТММ, чем дорожная пыль (Власов, 2015). Это факт автор объясняет с одной стороны очень значительным транспортным воздействием, приводящим к сильному загрязнению пыли, с другой регулярной рекультивацией почв в бассейне р. Сетунь, подсыпанием нового материала или созданием горизонта РАТ. Выявленный «эффект рекультивации закономерно проявляется не только в почвах в целом, но и в её гранулометрических фракциях» (стр. 18 автореферата). В этом заключается определенный вклад в знание об особенностях педоседиментогенеза в городах и понимания его роли в формировании и эколого-геохимическом состоянии городских почв.

Новым результатом является и определение состава ТММ гранулометрических фракций ДО. В донных отложениях как конечных звеньях катен наиболее разнообразный спектр элементов относительно кларка выявлен во фракции РМ<sub>1-10</sub> р. Сетунь (Cd<sub>12</sub>, Sb<sub>9</sub>, Zn<sub>7</sub>, Sn<sub>6</sub>, и др.), что связано с её значительной протяженностью и большим разнообразием источников поступления материала.

**Научная новизна полученных результатов.** Научная новизна полученных результатов определяется сопряженным исследованием химического состава микрочастиц в системе «снег–дорожная пыль–почвы–донные отложения» на территории урбанизированного водосборного бассейна р. Сетуни, применением комплекса как традиционных ландшафтно-

геохимических подходов, так и тонких инструментальных методов. Впервые установлены факторы накопления широкого спектра ТММ, включая слабоизученные в геохимическом плане Sb, As, Mo, Bi, W, в микрочастицах придорожных почв и дорожной пыли и рассчитаны вклады факторов в поступление поллютантов в депонирующие среды. Введен новый суммарный коэффициент, позволяющий провести оценку загрязнения ТММ в разных депонирующих средах и их фракциях.

**Значимость для науки и практики полученных результатов. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.** Полученные результаты представляют интерес не только с позиций расширения представлений о химическом составе тонких фракций снеговой и дорожной пыли, почв и ДО, но могут быть использованы и в прикладных целях при крупномасштабном эколого-геохимическом мониторинге ЮЗАО и для улучшения экологической ситуации в мегаполисе. Впервые составлена картосхема почв территории бассейна р. Сетунь, в которой использована обширная информация о почвах и факторах почвообразования. Эта картосхема, соотнесенная с функциональными зонами и источниками антропогенного воздействия (промышленными предприятиями и автодорогами разного размера), может быть базовой для серии карт прикладного назначения, главным образом экологических.

**Оценка содержания диссертации.** Работа Д.Ю.Васильчук отличается новизной и глубокой научной проработкой проблемы оценки экологического состояния Московского мегаполиса на основе анализа химического состава микрочастиц в системе «снег–дорожная пыль–почвы–донные отложения». Основные положения диссертации опубликованы в статьях, рекомендованных ВАК, автореферат раскрывает содержание диссертации, выводы содержательны и обоснованы. Заключая часть отзыва, посвященную достоинствам работы, отмечу, что диссертация написана хорошим языком, иллюстрирована рисунками, графиками и авторскими фотографиями.

**Недостатки в содержании и оформлении диссертации.** Вместе с тем к работе имеется несколько замечаний и вопросов:

1) Чем обусловлен выбор фракции  $PM_{1-10}$  (мелкая и средняя пыль) как индикатора загрязнения, а не фракции  $PM_{2,5}$ ?

2) В качестве основного подхода к изучению геохимии компонентов городских ландшафтов был выбран метод сопоставления. В качестве фоновых проб для почв использованы содержания элементов в почвах в районе НУС «Сатино». О каких типах почвах идет речь? В диссертации (стр. 30) показано, что на юго-западе Москвы распространены природные (дерново-подзолистые, серогумусовые, аллювиальные серогумусовые, перегнойно-глеевые и торфяно-глеевые), антропогенно-преобразованные почвы, экраноземы и ТПО из разных групп. Правильно ли считать региональным фоном для всего бассейна р. Сетунь с контрастными по условиям образования и свойствам почвами содержание элементов в почвах Сатино?

3) Какова доля запечатанности (процент экранирования) в разных функциональных зонах исследуемой территории? Можно было бы представить в диссертации таблицу: площадь территории, доля мало измененных почв и ландшафтов, процент запечатанных и площади под зданиями, площадь парков и скверов и др. специального назначения.

4) Об особенностях латерального распределения ТММ в почвах 4 катен, заложенных к р. Сетунь (стр. 108), в диссертации сказаны лишь общие слова. На основании полученных данных автор вполне мог бы оценить степень выраженности латеральной дифференциации ТММ на ключевых участках в зависимости от почвенно-геохимических условий, субстратов, катенарного их положения, расстояния от техногенных источников.

**Заключение.** Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.12 – физическая география и биогеография,

география почв и геохимия ландшафтов (по географическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Джессика Юрьевна Васильчук заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.12 – физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов.

Официальный оппонент:  
доктор географических наук,  
ведущий научный сотрудник отдела  
географии и эволюции почв  
ФГБУН Института географии РАН  
Замотаев Игорь Викторович

  
27 ноября 2023 г.

Контактные данные:  
тел.: +7(495)9593786; e-mail: zivigran@rambler.ru  
Специальность, по которой официальным оппонентом  
защита диссертация:  
25.00.23 – физическая география и биогеография, география почв  
и геохимия ландшафтов, 25.00.36 – геоэкология (науки о Земле)

Адрес места работы:  
119017, Москва, Старомонетный пер., 29,  
ФГБУН Институт географии РАН,  
отдел географии и эволюции почв  
Тел.: +7(495)9593786; e-mail: zamotaev@igras.ru

Подпись сотрудника

удостоверяю

Подпись руки тов.   
заверяю

Зав. канцелярией  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт географии  
Российской академии наук

