

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **ПАНКРАТОВА Фиделя Федоровича**  
**«ДИНАМИКА АТМОСФЕРНОЙ РТУТИ В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ**  
**ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДОЛГОВРЕМЕННОГО МОНИТОРИНГА»**

на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности  
25.00.36 – Геоэкология

Диссертация Ф.Ф. Панкратова посвящена исследованию одного из важнейших вопросов в области мониторинга загрязнения окружающей среды в настоящий период - региональному исследованию содержания газообразной ртути в нижней тропосфере Арктики по результатам измерений, проводимых с высокой точностью и высоким временным разрешением. Диссертационная работа практически полностью базируется на данных многолетнего (около 12 лет) мониторинга ртути в атмосфере на одной из российских станций, проводящегося в рамках международной программы АМАП в части исследования приоритетных токсичных загрязняющих веществ в Арктическом регионе. Поставленная в исследовании цель достигалась в рамках решения соответствующих научных задач, сформулированных автором ясно и четко.

Актуальность работы проявляется в востребованности результатов на национальном и международном уровне. Полученные результаты, в целом выраженные в виде основных положений, вынесенных на защиту, несомненно, являются новыми, исключительно информативными и уникальными, что ставит их в один ряд с известными публикациями исследований по вопросам ртути в атмосфере, как в Арктике (на станциях Бэрроу, Нью-Алезунд, Флерт), так и на станциях глобального мониторинга атмосферы (Mice-Head, Zingst, Cape Head). Особенно важно, что автор не только с полным знанием дела и деталей применения использовал современный высокоточный инструмент измерений – анализатор известной фирмы «ТЕКРАН», но и показал практические сложности и ограничения этой аппаратуры для регулярного мониторинга и долговременных исследований.

Диссертация достаточно хорошо структурирована, с разделением вопросов исследования и материалов по главам, состоит из введения, 5 глав, приложения и заключения. Материал изложен на 142 страницах, т.е. выглядит относительно экономно для такого объема материала; нужно отметить большое количество качественных иллюстраций (86 рисунков), обширный список использованной литературы из 148 наименований, в том числе более 10 самого автора или с его участием.

В главе 1 представлены обзорные сведения о содержании газообразной ртути в атмосфере по данным измерений и регулярных наблюдений, в ряду которых приведены обобщения (суммарные оценки) полученных автором данных. Сравнение и сопоставимость средних значений концентраций с учетом крайней разреженности точек наблюдений, отмеченные далее оценка качества, достоверности и репрезентативности измерений, возможность более детальных исследований характерных изменений содержания этого вещества с использованием дополнительной информации (например, метеорологической или синоптической) позволяют признать результаты измерений автора и в целом работы в качестве одного из наиболее важных и уникальных источников информации об уровнях и поведении ртути в воздухе Арктического бассейна. В целом, выводы из содержания главы показывают, что практическая значимость материала несомненна. Особенно сейчас, в условиях продолжающегося с октября 2013 г. процесса подписания «Минамата Конвенции по ртути» (Глобальной конвенции о ртути в окружающей среде, инициированной ЮНЕП), когда доказательная информация о существующих уровнях загрязнения играет важную роль не только при выработке мер и оценке затрат на соответствующие мероприятия, но и для проверки их эффективности в ходе реализации.

В главе 2 представлены использованные методы и средства измерения, особенности работы прибора и применение калибровки, оценка погрешности измерений (технических и при обработке) во время проведения мониторинга. Интересна оценка новых подходов и перспективного оборудования для измерения ртути в приземном слое атмосферы, данная с точки зрения практического экспериментатора. Вероятно, для читателя приведено очень много технических деталей работы с ртутным анализатором «Tekran 2537A», процедур «обработки сигнала», однако они ведут к доказательству главной мысли: полученные и используемые данные достоверные, качественные и не содержат систематических или других ошибок, не учтенных методом.

В главе 3 приведены результаты обработки и оценки данных наблюдений на полярной станции «Амдерма», где был установлен прибор, рассмотрены характеристики средних, изменчивости и тенденций за весь период наблюдений. Материал исследован очень детально, хотя к подходам для выделения периодов возникают вопросы, например:

- один из выводов об устойчивой тенденции к понижению концентрации ртути в приземном слое соседствует с рассматриваемым утверждением об изменении уровней концентраций при перемещении точки измерений по направлению к береговой черте Карского моря (для периода мониторинга 2010–2013 г.г.), у которой, как доказывает

автор, существуют интенсивные процессы вывода ртути из приземного слоя атмосферы. Большое количество демонстрируемых статистических оценок доказывает и то, и другое, но что является более значимым - остается скрытым для не очень внимательного читателя за большим объемом цифр и графиков;

- выбор градаций «повышенных» ( $> 1,81 \text{ нг/м}^3$ ), средних и «пониженных» значений концентрации ( $< 1,01 \text{ нг/м}^3$ ) не очень сочетается с графиками плотности вероятности логнормального распределения для концентрации ЭГР в период мониторинга, и следовательно, вклады этих градаций достаточно приблизительны;

- интересен разбор случаев «истощения ртути» и связи их с метеорологическими параметрами, однако при сравнении с публикациями других авторов заметно, что приведенный диссертантом анализ отличается от условий возникновения этого явления на других станциях; тем не менее, этот интересный феномен, вероятно, не оказывает значительного влияния на долгосрочные оценки потоков выведения ртути из атмосферы.

В главе 4 представлено более детальное изучение повторяемости случаев «истощения», пониженных и повышенных концентраций ртути в воздухе, особенно с точки зрения частоты явления и градаций. Проведено поисковое исследование связей их частоты с сезонными и суточными изменениями метеоэлементов, солнечной радиацией и некоторыми возможными атмосферными примесями. Найдены определенные зависимости в проявлении роста частоты как пониженных, так и повышенных концентраций в разные сезоны. Вполне логично, что при оценке межгодовой изменчивости автор попытался связать это с климатическими изменениями, тем не менее, надо отметить, что климатические тренды определяются для средних значений температуры, временной интервал которых много больше, чем у исследуемых случаев «истощения» или «минимальных значений».

В целом, можно заключить, что найденные в результате обработки измерений и сопутствующих наблюдений связи дают много материала для более глубоких исследований, чем желаемые четкие ответы на вопросы о физико-химических процессах этого явления, так как автор не представлял определенные выборки, подтверждающие принятую им за основу какую-нибудь теорию, а разбирался со всем массивом данных целиком. Кроме того, ограничение данных измерениями только ЭГР без возможности параллельного определения «реактивной ртути», окисленных форм, аэрозолей и газовых примесей, способных играть роль катализаторов, не позволяет ни твердо подтвердить ранее выдвинутые гипотезы (например, Torunn Berg et al, 2002), ни предположить новые механизмы удаления газообразной ртути. При этом, для доказательства тезиса, что



истощение является основным процессом вывода ртути из атмосферы в Арктике, хорошо было бы видеть некоторые количественные оценки потоков удаления ртути на основе простых балансовых расчетов для пункта наблюдений.

В главе 5 были поведены исследования переносов с использованием обратных траекторий сервиса HYSPLIT с целью определения географических регионов локализации вероятных источников выбросов ртути в атмосферу. Достаточно показательно приведена связь зарегистрированных повышенных концентрации ртути в приземном слое атмосферы с извержениями вулканов в Исландии (2011 и 2012 г.) в период их активной фазы, обусловивших зарегистрированный положительный тренд средних значений впервые за последние годы (с 2010 по 2012 г.). Автор показывает с помощью обратных траекторий, что рассеивавшиеся облака выбросов при извержении вулканов проходили над местом проведения мониторинга ртути. При этом получен совершенно логичный, географически обоснованный вывод, что зарегистрированное увеличение концентрации ртути является следствием дальнего атмосферного переноса в полярную область российской Арктики вулканического облака, состоящего из газов и аэрозоля. Тем не менее, если принять во внимание, что измерительная аппаратура в Амдерме регистрирует только газообразную ртуть, вероятно, следует признать выходящим за рамки ограничения материалами исследования заявление, что осажденная на частицах аэрозоля ртуть может повлиять на увеличение ее концентрации как в месте проведения измерений (полярная станция «Амдерма»), так и в целом за полярным кругом Северного полушария.

Диссертация представляет собой завершенное исследование в рамках достаточно широкой проблемы исследований ртути в атмосфере и, глобально, в окружающей среде. Получены хорошие, обоснованные научные результаты с перспективой практического их использования как в региональных исследованиях, так и для глобального мониторинга ртути в целях соответствующих международных конвенций и соглашений. Работа сделана с высоким качеством, обширной и детальной обработкой данных и осмыслением полученных значений. Выводы соответствуют материалам и тексту работы.

Материалы диссертации изложены хорошим научным языком, снабжены значительным количеством иллюстраций, не только подтверждающих текст, но и позволяющих наглядно убедиться в полученных результатах. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к этому документу, да и в целом, к научным изданиям. Содержание автореферата соответствует диссертации, главные результаты и выводы представлены в нем полно и ясно, хотя его объем слегка превышает

рекомендуемые размеры. Публикации автора по теме работы, в том числе в изданиях из списка, составленного ВАК для опубликования статей по диссертациям, достаточно полно представляют результаты исследований.

Рассмотренная работа без сомнения соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата географических наук, а ее автор заслуживает присуждения ему искомой ученой степени по специальности 25.00.36 – Геозкология.

Кандидат географических наук,  
Старший научный сотрудник,

Заведующий лабораторией  
отдела оценки загрязнения окружающей среды  
ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»



С.А. Громов

Подпись зав. лабораторией ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» Громова С.А. заверяю.

Ученый секретарь ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»  
к.б.н.



А.А. Гладильщикова

№ 5	Вх. № 303
15	05 2014г.
ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»	