

© **Н.В. МОРОЗОВА, Н.С. ЛАРИНА, Т.П. КОТОВА,
Д.З. ШАЙХУТДИНОВА***

*Тюменский государственный университет
MorozovaTSU@rambler.ru, nslarina@yandex.ru*

УДК 543.544; 550.42

**ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ВАЛОВОГО СОДЕРЖАНИЯ РТУТИ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ
ОЗЕР ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

**FEATURES OF GEOCHEMICAL DISTRIBUTION
OF THE GROSS CONTENT OF MERCURY IN SEDIMENTS
OF LAKES IN WESTERN SIBERIA**

Определение содержания ртути в донных отложениях водоемов является важной характеристикой при оценке экологического состояния изучаемого природного объекта в связи с их высокими аккумуляционными свойствами. В работе проведен послойный анализ распределения валового содержания ртути в донных отложениях озер, принадлежащих к разным природным зонам: арктической тундры (озера Гольцовое и Лангатибейто), северной тайги (озеро Пягунто) и средней тайги (озера Лохтоткurt и Рангетур) атомно-абсорбционным методом на ртутном анализаторе РА-915М с использованием приставки РП-91С.

Установлено, что наибольшая концентрация ртути для всех объектов характерна для верхних слоев и поверхностных отложений, при этом среднее содержание ртути в донных отложениях исследованных озер значительно различается в разных климатических зонах. Наиболее высокие концентрации характерны для озер средней тайги.

The assessment of the content of mercury in sediments of lakes is the important characteristics in case of an assessment of the ecological status of the studied natural object in connection with their high accumulative properties. The article provides the results of the layer by layer analysis of the distribution of the gross content of mercury in sediments of lakes belonging to different natural zones, i.e. the arctic tundra (Lakes Goltsovoye and Langatibeyto), northern taiga (Lake Pyagunto), and an average taiga (Lakes Lokhtotkurt and Rangetur) using the atomic and absorption method on the RA-915M mercury analyzer with the aid of the RP-91C fixture.

It is revealed that the greatest concentration of mercury is characteristic of higher layers and surface deposits, whereas the average content of mercury in sediments of the

** Работа выполнена в рамках мегагранта по постановлению Правительства №220 ПГ34.31.0036 (2010-2012 гг.) «Формирование качества вод в условиях изменения окружающей среды и климата Западной Сибири».*

investigated lakes considerably varies from one climatic zone to another. The highest concentrations are typical of the lakes of the middle taiga.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Ртуть, донные отложения водоемов, фоновые концентрации, Западная Сибирь.

KEY WORDS. Mercury, sediments of lakes, background concentrations, Western Siberia.

При оценке экологического состояния природных объектов особое внимание уделяют наличию в них тяжелых металлов как наиболее опасных токсических веществ [1-4]. Распределение содержания металлов в объектах окружающей среды имеет тенденцию к пропорциональности с их кларками, которые в свою очередь обратно пропорциональны токсичности [5]. В группе тяжелых металлов наименьший кларк имеет ртуть: в земной коре $0,5 \cdot 10^{-5} \%$ ($7,2 \cdot 10^{-6}$), почве $1 \cdot 10^{-6} \%$ (50 мкг/кг), золе растений — $1 \cdot 10^{-7} \%$, речных водах — 0,07 мкг/л, в атмосфере — 20-50 нг/м³ [6]. По токсичности ртуть относится к 1 классу опасности [7] и занимает особое место среди загрязнителей окружающей среды. Высокая летучесть и подвижность ртути и ее соединений обуславливает атмосферный перенос ртути на значительные расстояния от источников природного и антропогенного загрязнения. Попадая в водотоки и водоемы различными путями, ртуть, благодаря своей высокой миграционной способности, которая в свою очередь определяется ее физико-химическими свойствами, проходит различные пути превращения. В биогеохимическом цикле ртути принято выделять два круговорота: большой, где ртуть и ее соединения мигрируют между литосферой, атмосферой и гидросферой, и малый, характеризующийся переходом между дном и водой всех форм ртути [1].

Как правило, загрязнение данными элементами природных объектов носит техногенный характер [3]; [8]; [9]. Исследования озерных отложений, почв и тканей организмов показали, что особую опасность накопление тяжелых металлов, в том числе и ртути, имеет в северных арктических регионах, где современные концентрации ртути в среднем в 3 раза выше, чем в доиндустриальную эпоху [10]. Изучение процессов переноса и трансформации соединений ртути в различных природных средах является одной из актуальных проблем.

Особый интерес представляет послойное распределение содержания ртути в донных отложениях водоемов в связи с их высокими аккумуляционными свойствами [1]; [8]; [11]; [12]. Как большинство тяжелых металлов, ртуть не подвергается биодegradации и при определенных условиях может высвободиться из донных отложений в водную толщу, претерпевая при этом различные трансформации [4]; [11].

Основными антропогенными поставщиками металла являются сжигание всех видов топлива, бытовые и медицинские отходы, высокотемпературные процессы плавки, обжига и получения металлов, цемента и извести, химическая и золотодобывающая промышленность и др. [10]; [13]; [14]. Ртуть и ее соединения представляют серьезную опасность при хроническом воздействии практически на все системы живого организма, оказывая токсическое, аллергическое, канцерогенное действие [15]; [16].

Материалы и методы. В работе были исследованы образцы донных отложений озер, относящихся к различным природным зонам (рис. 1): озер Голь-

цовое Тазовского района и Лангтибейто Ямальского района Ямало-Ненецкого автономного округа (арктическая тундра), озера Пягунто Пуровского района Ямало-Ненецкого автономного округа (северная тайга), озер Лохтоткурт Октябрьского района и Рангетур Советского района Ханты-Мансийского автономного округа (средняя тайга) [17]; [18].



Рис. 1. Карта-схема распределения озер Тюменской области по природным зонам

Отбор проб донных отложений исследуемых озер производился сотрудниками университета по программе мегагранта по постановлению Правительства №220 11G34.31.0036 (2010-2012 гг.) «Формирование качества вод в условиях изменения окружающей среды и климата Западной Сибири» [17] с использованием бура Эйдельмана.

Колонка донных отложений делилась на слои толщиной 1 см, пробы доводились до воздушно-сухого состояния и измельчались.

Определение содержания общей ртути осуществляли атомно-абсорбционным методом на ртутном анализаторе РА-915М с использованием приставки РП-91С.

Данный метод основан на термическом разложении пробы с последующей атомизацией ртути, и измерении ее атомного поглощения. Достоинством метода является простота пробоподготовки, прямое измерение концентрации ртути, низкий предел обнаружения, высокая селективность измерений [19].

Результаты и их обсуждение. Проведение послойного анализа проб донных отложений позволило выявить ряд характерных особенностей в распределении содержания валовой ртути в озерах Западной Сибири, расположенных в разных климатических зонах и не испытывающих непосредственной антропогенной нагрузки.

Статистическая обработка результатов определений (табл. 1) показала, что медианные значения концентраций ртути для озер тундры и северной тайги достаточно близки, хотя различие превышает доверительный интервал. Для озер характерны низкие концентрации ртути, медианные значения которых составляют $0,021 \pm 0,024$ мг/кг. Вероятно, это соответствует фоновым концентрациям валовой ртути в донных отложениях данного региона. Полученные значения меньше нижней границы фоновых уровней валовой ртути в почвах $0,05 \pm 0,1$ мг/кг и донных осадках $0,1 \pm 0,2$ мг/кг [20]. Сравнение определенных концентраций общей ртути с предельно допустимой концентрацией (ПДК) донных отложений не представляется возможным из-за отсутствия установленных норм.

Таблица 1

Валовое содержание ртути в донных отложениях некоторых озер Западной Сибири

Озеро	Количество образцов, n	Интервал изменений, мг/кг	Среднее значение, мг/кг	Медианное значение, мг/кг
Лангатибейто	16	0,018ч0,077	0,029±0,013	0,024±0,011
Гольцовое	26	0,014ч0,073	0,027±0,012	0,024±0,011
Пягунто	29	0,011ч0,047	0,022±0,010	0,021±0,009
Лохтонкурт	19	0,053ч0,485	0,127±0,034	0,080±0,036
Рангетур	17	0,046ч0,234	0,101±0,027	0,066±0,029

Для озер средней тайги (Лохтонкурт и Рангетур) средние содержания валовой ртути в 4 раза выше и составляют соответственно $(0,127 \pm 0,034)$ мг/кг и $(0,101 \pm 0,027)$ мг/кг, т.е. входят в диапазон фоновых уровней ртути в донных отложениях [20].

Изучение послойного распределения ртути в донных отложениях (рис. 2) позволило выявить, что для более северных озер (Лангатибейто, Гольцовое и Пягунто) в диапазоне глубин отбора донных отложений от ≈ 5 см до 40-45 см наблюдается незначительный разброс содержания общей ртути, который составляет от 0,015 до 0,030 мг/кг. Значительное увеличение концентрации определяемого компонента наблюдается в верхних слоях донных отложений (в 2-3 раза), причем для озер тундры этот тренд выражен сильнее, что подтверждает высокую уязвимость арктических объектов.

Содержание общей ртути в пробах озер Лохтонкурт и Рангетур по всему разрезу донных отложений превышает концентрации в соответствующих пробах представленных озер арктической тундры и северной тайги (рис. 2). Хотя медианные значения содержания ртути в данных озерах не превышают 0,1 мг/кг (табл. 1), средние значения возрастают в 4 и более раз за счет увеличения содержания ртути в верхних слоях донных отложений от 10 см и выше. Так, максимальная концентрация общей ртути $(0,48 \pm 0,13)$ мг/кг зафиксирована для оз. Лохтонкурт на глубине 2-3 см, в поверхностном слое ее содержание

несколько снижается — $(0,41 \pm 0,11)$ мг/кг, но тоже находится на очень высоком уровне. Уменьшение содержания ртути в поверхностном слое может быть связано с процессами ее вымывания в придонный слой воды. Аналогичные зависимости были получены при исследовании донных отложений Белового моря [11].

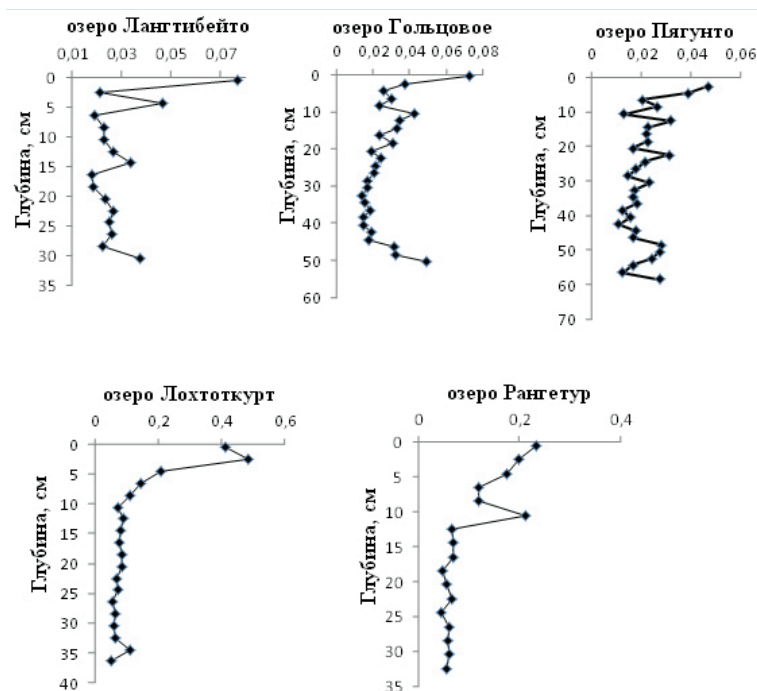


Рис. 2. Содержание валовой ртути (мг/кг) на различных глубинах донных отложений

В донных отложениях оз. Рангетур максимальная концентрация общей ртути в поверхностном слое составляет $(0,234 \pm 0,063)$ мг/кг, что в 2 раза ниже, чем в оз. Лохтонкурт. Однако особенностью распределения ртути по разрезу донных отложений данного озера является наличие максимума содержания ртути на глубине 10-11 см, где содержание ртути близко к концентрации в поверхностном слое. Резкий рост содержания ртути в этом слое и дальнейшее падение концентраций с глубиной может свидетельствовать об антропогенном или стихийном вбрасывании данного элемента в озеро, после чего в ходе процесса самоочищения ее концентрация существенно снижается. В верхних слоях отмечается устойчивый рост содержания ртути в донных отложениях. Данный факт позволяет предположить, что пик связан с началом разработок нефтедобычи в данном районе.

При анализе распределения валового содержания ртути в донных отложениях исследованных озер были выявлены диапазоны глубин, где размах варьирования содержания концентраций незначителен. Для данных диапазонов были рассчитаны средние и медианные значения концентраций ртути (табл. 2).

Близость средних и медианных значений в этом случае свидетельствует о том, что полученные значения, вероятно, являются фоновыми концентрациями валовой ртути в донных отложениях соответствующих озер. Из полученных данных видно, что фоновые концентрации валовой ртути в целом подчиняются зональным закономерностям, однако зональность не является единственным фактором, определяющим содержание ртути в озерах, что наиболее наглядно проявилось в озерах средней тайги.

Таблица 2

Валовое содержание ртути в определенных глубинах донных отложений некоторых озер Западной Сибири

Озеро	Диапазон глубины отбора, см	Интервал изменений, мг/кг	Среднее значение, мг/кг	Медианное значение, мг/кг
Лангатибейто	6-31	0,018÷0,038	0,025±0,011	0,024±0,011
Гольцовое	20-41	0,014÷0,024	0,018±0,008	0,018±0,008
Пягунто	6-59	0,011÷0,032	0,020±0,009	0,019±0,008
Лохтоткурт	6-37	0,053÷0,146	0,081±0,037	0,076±0,034
Рангетур	12-33	0,046÷0,070	0,060±0,027	0,062±0,028

Заклучение. В результате проведенных исследований по определению содержания общей ртути в донных отложениях озер трех природных зон: арктической тундры, северной тайги и средней тайги установлено, что средние концентрации общей ртути в озерах средней тайги в 4-5 раз превышают соответствующие значения в озерах, расположенных в арктической и тундровой зонах. Выявлено также, что для всех исследованных озер наблюдается увеличение концентрации общей ртути в верхних слоях донных отложений. Послойный анализ донных отложений позволяет установить фоновые содержания ртути в донных отложениях озер разных зон, а также оценить степень антропогенной нагрузки на озеро и тренд ее воздействия. Общая тенденция роста содержания ртути в донных отложениях исследованных озер, которые условно были отнесены к фоновым (не испытывающим непосредственного воздействия человека), позволяет предположить возможность влияния трансграничного переноса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моисеенко Т.И. Ртуть в гидросфере // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: м-лы международ. симпозиума. М.: ГЕОХИ РАН, 2010. С. 19-24.
2. Скугорева С.Г., Ашихмина Т.Я. Содержание ртути в компонентах природной среды на территории вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2012. Вып. 3(11). С. 39-45.
3. Thevenon F., Guedron St., Chiaradia M., Loizeau J.-L., Pote J. (Pre-) historic changes in natural and anthropogenic heavy metals deposition inferred from two contrasting Swiss Alpine lakes // Quaternary Science Reviews. 2011. 30. Pp. 224-233.
4. Ulrich, S.M., Tanton, T.V., Abdrashitov, S.A. Mercury in natural water objects: the review of the factors influencing Methylation // Environmental Science and Technology. 2001. № 31(3). Pp. 241-293.
5. Овсепян А.Э., Федоров Ю.А. Ртуть в устьевой области реки Северная Двина. Ростов-н/Д., М.: Росиздат, 2011. 198 с.

6. Чертко Н.К., Чертко Э.Н. Геохимия и экология химических элементов: Справочное пособие. Мн.: Издательский центр БГУ, 2008. 140 с.
7. Гигиена окружающей среды / Под ред. Г.И. Сидоренко М.: Медицина, 1985. 303 с.
8. Отмахов В.И. Методика оценки экологической безопасности водного бассейна по загрязнению донных отложений // Известия Томского политехнического университета. 2003. Т. 306. № 6. С. 39-41.
9. Kerfoot, W.Ch., Harting, S., Rossmann, R., Robbins, J.A. Anthropogenic Copper Inventories and Mercury Profiles from Lake Superior: Evidence for Mining Impacts // J. Great Lakes Res. 25(4). Pp. 663-682.
10. AMAP Assessment 2002: Heavy Metals in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programs (AMAP) report. Oslo. 2005. 265 p.
11. Федоров Ю.А., Овсепян А.Э., Савицкий В.А. Распределение ртути в донных отложениях Белого моря // «Живые биокосные системы». 2013. № 2. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-2/article-8>.
12. Ларина Н.С., Дунаева А.П., Масленникова С.С., Ларин С.И. Формы накопления и миграции некоторых элементов в донных отложениях озера Пикетное // Вестник Казахского национального университета. Серия химическая. 2010. Т. 60. № 4. С. 58-59.
13. Ртуть. Критерии санитарно-гигиенического состояния окружающей среды: Пер. с англ. Женева: ВОЗ, 1979. 150 с.
14. Ларина Н.С., Катанаева В.Г., Шелпакова Н.А. Техногенное загрязнение природных вод. Тюмень, 2004. 223 с.
15. Немова Н.Н., Комов В.Т. Показатели биохимического метаболизма у пресноводных рыб с повышенным содержанием ртути // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. м-лы международ. симпозиума. М.: ГЕОХИ РАН. 2010. С. 297-299.
16. Теплая Г.Н. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Астраханский вестник экологического образования. 2013. №1(23). С. 182-192.
17. Комплексное гидрохимическое и биологическое исследование качества вод и состояния водных и околотоводных систем: Методическое руководство. Ч. 1. Полевые исследования / Под общ. ред. Т.И. Моисеенко. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2011. 128 с.
18. Ларина Н.С., Моисеенко Т.И., Устименко А.А., Морозова Н.В., Ларин С.И., Загоруйко А.В. Геохимическая эволюция озер Западной Сибири // Тез. докл. междунар. конф. «Чистая вода: опыт реализации инновационных проектов в рамках федеративных целевых программ Минобрнауки России». М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2014. С. 76-78.
19. Методика М 03-09-2013. Методика измерений массовой доли общей ртути в пробах почв, грунтов, глин, промышленных и бытовых твердых отходов и донных отложениях атомно-абсорбционным методом с использованием анализатора ртути РА-915М. Санкт-Петербург, 2013. 24 с.
20. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта: Учебное пособие. М.: Астрель-2000, 1999. 768 с.

REFERENCES

1. Moiseenko, T.I. Mercury in the hydrosphere // *Rtut' v biosfere: ekologo-geokhimicheskie aspekty* [Mercury in the Biosphere: Ecological and Geochemical Aspects]: Proceedings of the International symposium. Moscow, 2010. Pp. 19-24. (in Russian).
2. Skugoreva, S.G., Ashikhmina, T.Ia. Level of mercury in natural components on the territory of around Kirovo-Chepetsk Chemical Works // *Izvestiia Komi nauchnogo tsentra UrO RAN — Bulletin of Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2012. Vol. 3(11). Pp. 39-45. (in Russian).
3. Thevenon, F., Guedron, St., Chiaradia, M., Loizeau, J.-L., Pote, J. (Pre-) historic changes in natural and anthropogenic heavy metals deposition inferred from two contrasting Swiss Alpine lakes. *Quaternary Science Reviews*. 2011. № 30. Pp. 224-233.

4. Ulrich, S.M., Tanton, T.V., Abdrashitov, S.A. Mercury in natural water objects: the review of the factors influencing Methylation. *Environmental Science and Technology*, 2001. № 31(3). Pp. 241-293.
5. Ovsepiyan, A.E., Fedorov, Iu.A. *Rtut' v ust'evoi oblasti reki Severnaia Dvina* [Mercury in the Estuary of the Northern Dvina River]. Rostov-on-Don — Moscow, 2011. 198 p. (in Russian).
6. Chertko, N.K., Chertko, E.N. *Geokhimiia i ekologiia khimicheskikh elementov* [Geochemistry and Ecology of Chemical Elements]: A reference book. Minsk, 2008. 140 p. (in Russian).
7. *Gigiena okruzhaiushchei sredy* [Environmental Health] / Ed. G.I. Sidorenko. Moscow, 1985. 303 p. (in Russian).
8. Otmakhov, V.I. Methods of evaluation of ecological safety of water reservoir concerning bottom deposits. *Izvestiia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta — Bulletin of Tomsk Polytechnical University*. 2003. Vol. 306. № 6. Pp. 39-41. (in Russian).
9. Kerfoot, W.Ch., Harting, S., Rossmann, R., Robbins, J.A. Anthropogenic Copper Inventories and Mercury Profiles from Lake Superior: Evidence for Mining Impacts. *Journal of Great Lakes Research*. 25(4). Pp. 663-682 (in Russian).
10. *AMAP Assessment 2002: Heavy Metals in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programs (AMAP) report*. Oslo, 2005. 265 p.
11. Fedorov, Iu.A., Ovsepiyan, A.E., Savitskii V.A. Distribution of mercury in bottom deposits of the White Sea. *Zhivye biokosnye sistemy [Live Bioinert Systems]*. 2013. № 2. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-2/article-8> (in Russian).
12. Larina, N.S., Dunaeva, A.P., Maslennikova, S.S., Larin S.I. Forms of accumulation and migration of certain elements in the sediment of Lake Picketnoye. *Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo universiteta — Bulletin of Kazan National University. Series: chemistry*. 2010. Vol. 60. № 4. Pp. 58-59. (in Russian).
13. *VOZ. Gigienicheskie kriterii sostoiianiia okruzhaiushchei sredy. 1. Rtut'* [WHO. Sanitary Criteria of condition of the environment]. Geneva: WHO, 1979. 150 p. (in Russian).
14. Larina, N.S., Katanaeva, V.G., Shelpakova, N.A. *Tekhnogennoe zagriaznenie prirodnykh vod* [Technogenic Pollution of Natural Waters]. Tyumen, 2004. 223 p. (in Russian).
15. Nemova, N.N., Komov, V.T. Indexes of biochemical metabolism of fresh-water fish with an increased level of mercury // *Rtut' v biosfere: ekologo-geokhimicheskie aspekty* [Mercury in the Biosphere: ecological and geochemical aspects]: Proceedings of on International Symposium. Moscow, 2010. Pp. 297-299. (in Russian).
16. Teplaia, G.N. Heavy metals as a factor of environmental pollution (scientific review). *Astrakhanskii vestnik ekologicheskogo obrazovaniia — Astrakhan Bulletin of Ecological Education*. 2013. № 1(23). Pp. 182-192. (in Russian).
17. *Kompleksnoe gidrokhimicheskoe i biologicheskoe issledovanie kachestva vod i sostoiianiia vodnykh i okolovodnykh sistem: Metodicheskoe rukovodstvo. Ch. 1. Polevye issledovaniia* [Complex Hydrochemical and Biological Research of the Quality of Waters and the State of Water and Near Water Systems: Guidelines. Part 1. Field Surveys] / Ed. T.I. Moiseenko. Tyumen, 2011. 128 p. (in Russian).
18. Larina, N.S., Moiseenko, T.I., Ustimenko, A.A., Morozova, N.V., Larin, S.I., Zagoruiko, A.V. Geochemical evolution of the lakes of Western Siberia // Abstracts of reports of the International conference «*Chistaia voda: opyt realizatsii innovatsionnykh proektov v ramkakh federativnykh tselevykh programm Minobrnauki Rossii*» [Clear Water: Experience of Implementing Innovative Projects within Federal Target Programs of the Russian Ministry of Education]. Moscow, 2014. Pp. 76-78. (in Russian).
19. *Metodika M 03-09-2013. Metodika izmerenii massovoi doli obshchei rtuti v probakh pochv, gruntov, glin, promyshlennykh i bytovykh tverdykh otkhodov i donnykh otlozhenii atomno-absorbtsionnym metodom s ispol'zovaniem analizatora rtuti RA-915M* [Method

M 03-09-2013. The technique for measuring mass fraction of total mercury in the samples of soil, clay, industrial and municipal solid waste and sediment via atomic absorption method using mercury analyzer PA-915M]. St-Petersburg, 2013. 24 p. (in Russian).

20. Perel'man, A.I., Kasimov, N.S. *Geokhimiia landshafta* [Landscape Geochemistry]: A study guide. Moscow, 1999. 768 p. (in Russian).

Авторы публикации

Морозова Наталья Владимировна — доцент кафедры органической и экологической химии Института химии Тюменского государственного университета, кандидат химических наук

Ларина Наталья Сергеевна — профессор кафедры органической и экологической химии Института химии Тюменского государственного университета, кандидат химических наук, доцент

Котова Татьяна Петровна — доцент кафедры органической и экологической химии Института химии Тюменского государственного университета, кандидат химических наук

Шайхутдинова Динара Зайнулловна — магистр кафедры органической и экологической химии Института химии Тюменского государственного университета

Authors of the publication

Natalya V. Morozova — Cand. Sci. (Chem.), Associate Professor, Department of Organic and Ecological Chemistry, Tyumen State University

Natalya S. Larina — Cand. Sci. (Chem.), Professor, Department of Organic and Ecological Chemistry, Tyumen State University

Tatyana P. Kotova — Cand. Sci. (Chem.), Associate Professor, Department of Organic and Ecological Chemistry, Tyumen State University

Dinara Z. Shaychutdinova — Student, Department of Organic and Ecological Chemistry, Tyumen State University