

УДК 54.062

ОЦЕНКА ПОСТУПЛЕНИЯ НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ С ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА БАРНАУЛА В ПРИРОДНЫЕ ВОДОТОКИ

О. М. Лабузова^{1,2}, Т. В. Носкова¹, М. С. Лысенко^{1,2},
Е. Г. Ильина², Т. С. Папина¹

¹ Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул

² Алтайский государственный университет, Барнаул

Исследование снежного покрова в черте г. Барнаула показало превышение в нем среднего содержания нефтепродуктов по сравнению с фоновыми значениями до пяти раз. Наиболее высокие концентрации наблюдались в точках, расположенных вблизи частного сектора с печным отоплением и крупных автомагистралей с интенсивным транспортным движением. Рассчитано, что ежегодное поступление нефтепродуктов с территории г. Барнаула в природные водоемы с талыми водами составляет более шести тонн.

К л ю ч е в ы е с л о в а: снежный покров; городские снегоотвалы; загрязнение; нефтепродукты; автотранспорт.

O. M. Labuzova, T. V. Noskova, M. S. Lysenko, E. G. Ilyina, T. S. Papina.
ESTIMATION OF INFLOW OF PETROLEUM HYDROCARBONS FROM THE
CITY OF BARNAUŁ TO NATURAL WATERCOURSES

Fluorimetric study of the snow cover within the city of Barnaul showed the average content of oil products therein exceeded background values up to five-fold. The highest concentrations were registered in sites located near single-family stove-heated homes neighborhoods and near highways with heavy traffic. Annual flow of oil products with melt water from Barnaul city territory to natural waterbodies was estimated to be more than 6 tons.

Key words: snow cover; municipal snow disposal sites; pollution; oil products; motor transport.

Введение

Нефтяные углеводороды являются наиболее распространенными поллютантами антропогенного происхождения, присутствующими в окружающей среде [Василенко, 2010]. Они представляют собой сложную смесь множества разных соединений, не имеющую постоянного состава, и этим они существенно отличаются

от многих других органических загрязняющих веществ [Бродский, 2002; Noyo Edema, 2012]. К тому же большинство нефтяных углеводородов являются канцерогенами и обладают способностью к бионакоплению [Смольникова и др., 2009]. Поэтому даже небольшие концентрации нефтепродуктов (НП) при длительном воздействии на живые организмы представляют экологическую опасность. Основными

источниками их антропогенной эмиссии в окружающую среду являются выбросы промышленных предприятий и выхлопы автотранспорта [Носкова и др., 2014]. Поскольку атмосферные осадки играют очень важную роль в формировании химического стока природных вод, их исследование представляет интерес как для оценки качества природных вод, так и для определения степени антропогенной нагрузки. При этом снежный покров можно использовать в качестве объекта мониторинга, как интегральный показатель загрязненности воздушной среды в холодный период года [Шумилова и др., 2012].

Цель нашей работы – количественная оценка поступления нефтепродуктов с территории г. Барнаула вместе с талыми и ливневыми водами в природные водотоки.

Материалы и методы

В период максимального снегонакопления в марте 2015 и 2016 гг. были отобраны пробы снежного покрова в разных районах г. Барнаула, а также в фоновой точке в с. Гоньба, расположенной в стороне от преимущественного направления ветров (рис. 1). Снег отбирали методом конверта, на всю глубину залегания, в чистые полиэтиленовые пакеты и доставляли в лабораторию, где он таял в стеклянной посуде при комнатной температуре. Пробы воды из ливневых коллекторов, имеющих выпуск в р. Барнаулка, отбирали в бутылки из темного стекла после прохождения обильных дождевых осадков в июле и октябре 2015 г. (рис. 2).

Дождевые пробы отбирали в центре г. Барнаула на открытой площадке здания



Рис. 1. Карта-схема отбора проб:

1–6 – точки отбора снежного покрова; Ф – фоновая точка отбора снежного покрова; Л – точки отбора ливневых вод (рис. 2)



Рис. 2. Карта-схема расположения точек отбора проб ливневых вод

Таблица 1. Содержание нефтепродуктов в ливневой воде г. Барнаула в сравнении с нормативными значениями

Показатель, мг/дм ³	Дата отбора	Ливневые воды				ПДК _{р.х.}	ДК
		Л1	Л2	Л3	Л4		
Нефтепродукты	13.06.15	0,42	н. о.	н. о.	0,08	0,05	0,15
	13.10.15	н. о.	0,10	0,20	0,17		

Примечание. ПДК_{р.х.} – предельно допустимая концентрация для природных вод рыбохозяйственного назначения; ДК – допустимая концентрация загрязняющих веществ при их приеме в систему городской канализации г. Барнаула; н. о. – нет отбора.

ИВЭП СО РАН с марта по октябрь 2015 г. Определение нефтепродуктов в пробах талой воды снежного покрова, ливневых вод и атмосферных осадков после экстракции гексаном проводили на анализаторе жидкости «Флюорат-02-3М». Достоверность и правильность результатов анализа подтверждена методом добавок, использованием государственных стандартных образцов и поверенного измерительного оборудования.

Результаты и обсуждение

Содержание нефтепродуктов в дождевых осадках г. Барнаула за исследуемый период изменяется от 0,02 до 0,10 мг/дм³ со средним значением $0,040 \pm 0,0052$ мг/дм³ (рис. 3). Наиболее высокие концентрации наблюдались в осенние месяцы и связаны как с уменьшением объема осадков, так и с началом отопительного сезона и вследствие этого увеличением нефтепродуктов в окружающей среде. В холодный период года содержание нефтепродуктов в атмосферных осадках значительно выше в сравнении с теплым периодом [Лысенко, Лазузова, 2016].

В таблице 1 приведены данные содержания нефтепродуктов в пробах ливневой воды, из

которых следует, что концентрация нефтепродуктов широко варьирует и превышает ПДК_{р.х.} в 1,6–8,4 раза. Ранее проведенный анализ качества поверхностного стока в Центральном районе г. Барнаула показал превышение значения рыбохозяйственного норматива в 9–26 раз по содержанию нефтепродуктов [Полетаева и др., 2011]. Содержание нефтепродуктов в пробах ливневых вод в точках отбора (Л1 и Л3), сток на которые приходится с транспортных магистралей с интенсивной автомобильной загрузкой, превышает значения допустимой концентрации для сточных вод, регламентируемой постановлением администрации г. Барнаула.

На рисунке 4 представлена гистограмма содержания нефтепродуктов в талой воде снежного покрова г. Барнаула в разные годы. Концентрация НП в городских точках превышает фоновые значения, что свидетельствует о существующем загрязнении городской атмосферы. Наиболее высокие концентрации наблюдаются в точке 5, находящейся с подветренной стороны от частного сектора с печным отоплением. А также в точках 1 и 4, расположенных вблизи городских магистралей с очень интенсивным движением транспорта.

Так как во время снеготаяния талые воды напрямую попадают в водные объекты, то для

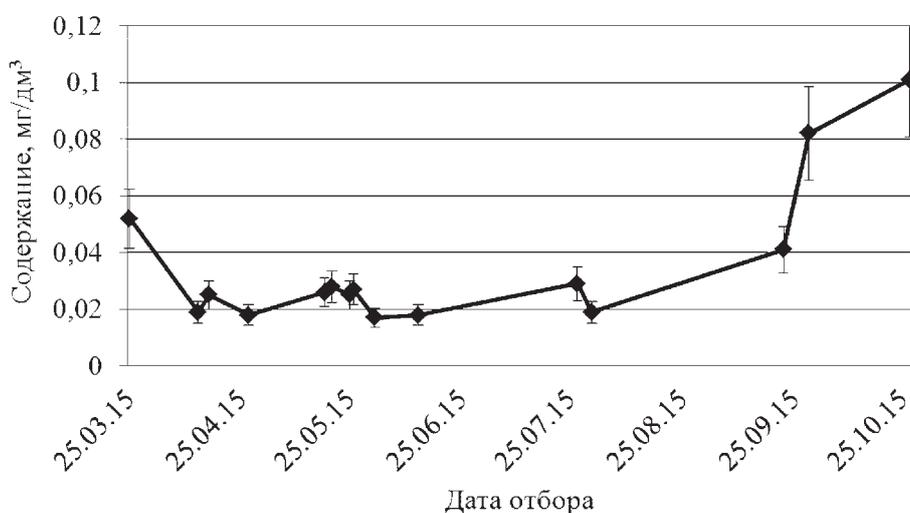


Рис. 3. Содержание нефтепродуктов в атмосферных дождевых осадках

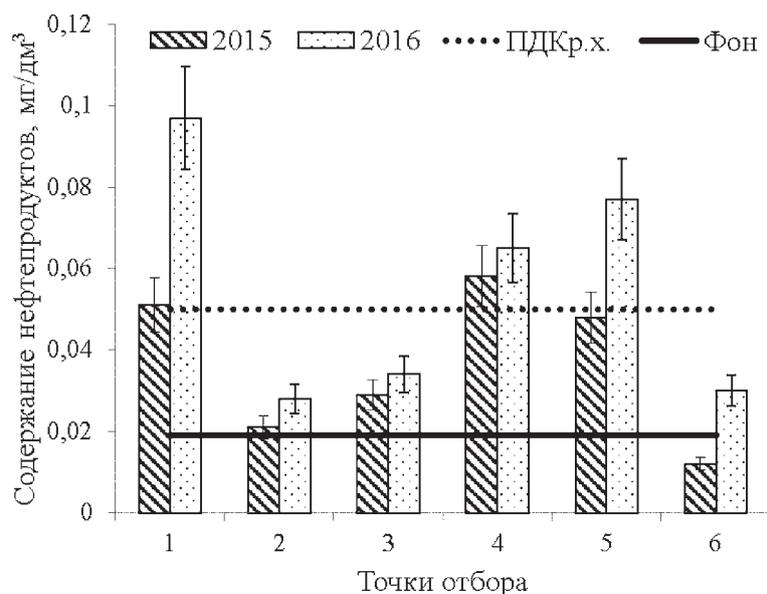


Рис. 4. Содержание нефтепродуктов в талой воде снежного покрова в различных районах г. Барнаула в 2015 и 2016 гг.

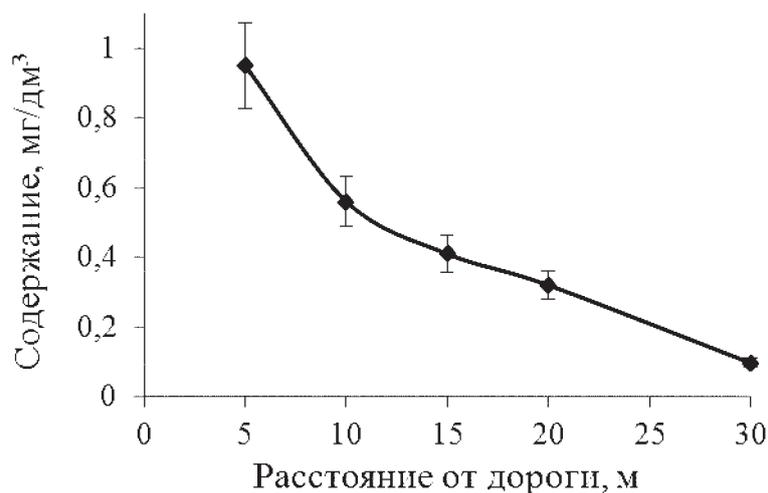


Рис. 5. Зависимость содержания нефтепродуктов от расстояния от дороги

оценки их качества нами были использованы нормативы рыбохозяйственного назначения ($ПДК_{р.х.}$), установленные для природных вод. В 2015 г. в талой воде снежного покрова г. Барнаула превышение $ПДК_{р.х.}$ по НП было в пределах погрешности инструментального определения, однако в 2016 г. отмечено существенное увеличение концентрации в точках 1, 4 и 5. Как известно из литературных источников, снежный покров особенно загрязнен вблизи автомобильных дорог [Рапута и др., 2010; Шумилова, Жиделева, 2010; Киоррамаки et al., 2014], что также подтверждают данные нашего исследования (рис. 5). Содержание нефтепродуктов в снежном покрове значительно уменьшается по мере удаления от дорожного полотна. Вблизи автодороги концентрация НП в 10

раз выше, чем в городском снежном покрове, отобранном вне зоны загрязняющего влияния автотранспорта. Поскольку снег на дороге особенно загрязнен нефтепродуктами, его вывоз и утилизацию необходимо проводить с соблюдением мер, предотвращающих загрязнение окружающей среды, в первую очередь малых городских водотоков и их водосборных бассейнов. Однако в большинстве случаев снеговые свалки расположены в водоохраных зонах рек. Так, концентрация нефтепродуктов в снегоотвале, куда в течение зимнего периода свозился загрязненный снег с городских дорог и улиц, в 2013 г. достигала 4–7 мг/дм³, что составляет 80–140 $ПДК_{р.х.}$ [Носкова и др., 2015].

Содержание НП в исследуемом снегоотвале в марте 2016 г. составило 4 мг/дм³, что

Таблица 2. Расчет количества нефтепродуктов, поступающих с поверхностным стоком в речные воды

Расчетные показатели	Талые воды		Дождевые воды
	Год		
	2015	2016	2015
Средняя концентрация НП в городском снежном покрове, мг/дм ³	0,04	0,06	–
Средняя концентрация НП в дождевых осадках, мг/дм ³	–	–	0,04
Средняя концентрация НП в снегоотвалах, мг/дм ³	4,0	4,0	–
Средняя концентрация НП в ливневых водах, мг/дм ³	–	–	0,2
Количество выпавших осадков, мм	120	104	275
Площадь дорожного покрытия, га	2000		
Площадь города Барнаула, га	32 200		
Среднегодовой объем вод с городской территории, м ³	21 744 000	18 844 800	4 4275 000
Среднегодовой объем вод с дорожного покрытия, м ³	1 440 000	1 248 000	2750 000
Количество НП с городской территории, т	0,9	1,1	1,8
Количество НП с территории дорожного полотна, т	5,8	5,0	0,6
Общее количество нефтепродуктов, т	6,7	6,1	2,4

в 67–100 раз выше средней концентрации нефтепродуктов в талой воде всего городского снежного покрова.

Поэтому при расчете количества НП, попадающего в водоемы с поверхностным стоком с территории города, мы учитывали площадь дорожного полотна со средним содержанием нефтепродуктов 4 мг/дм³ и площадь всей оставшейся городской территории со средним содержанием НП в снежном покрове в разные годы отбора. Данные представлены в таблице 2. Определение среднегодового объема талых и дождевых вод проводили, используя формулы 1 и 2, приведенные в [Рекомендации..., 2014].

$$W_T = 10 \times h_c \times \Psi_T \times F, \quad (1)$$

где F – площадь стока, га; h_c – слой снеговых осадков, мм; Ψ_T – коэффициент талого стока;

$$W_D = 10 \times h_d \times \Psi_D \times F, \quad (2)$$

где F – площадь стока, га; h_d – слой дождевых осадков, мм; Ψ_D – коэффициент дождевого стока.

Количество нефтепродуктов, поступающих с поверхностным стоком в водные объекты, рассчитывали по формуле (3):

$$M = (C \times W) / 1\,000\,000, \quad (3)$$

где W – среднегодовой объем талых или дождевых вод, м³; C – концентрация нефтепродуктов, мг/дм³; M – количество нефтепродуктов, т.

Выводы

За период исследований с территории г. Барнаула с талыми и ливневыми стоками

в речные воды попадает около 8 тонн нефтепродуктов, что может негативно сказываться на экологическом состоянии водоемов. Наибольшее количество нефтяных углеводородов поступает в период снеготаяния.

Литература

- Бродский Е. С.* Идентификация нефтепродуктов в объектах окружающей среды с помощью газовой хроматографии и хромато-масс-спектрометрии // Журнал аналитической химии. 2002. Т. 57, № 6. С. 592–596.
- Василенко Ю. Г., Кориков А. М., Орнацкая Г. Н.* Экологический контроль органических загрязнителей (нефтепродуктов, жиров и НП АВ) в водных объектах // Экологические системы и приборы. 2010. № 9. С. 3–5.
- Лысенко М. С., Лабузова О. М.* Нефтепродукты в атмосферных осадках города Барнаула // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых им. проф. Л. П. Кулева, посвященной 120-летию Томского политехнического университета (г. Томск, 17–20 мая 2016 г.). Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2016. С. 475–476.
- Носкова Т. В., Эйрих А. Н., Дрюпина Е. Ю., Серых Т. Г., Овчаренко Е. А., Папина Т. С.* Исследование качества снежного покрова г. Барнаула // Ползуновский вестник. 2014. № 3. С. 208–212.
- Носкова Т. В., Эйрих С. С., Овчаренко Е. А., Усков Т. Н., Папина Т. С.* Оценка влияния городских снегоотвалов на загрязнение малых рек и прилегающих территорий // Известия АО РГО. 2015. № 2. С. 10–15.
- Полетаева М. А., Сомин В. А., Комарова Л. Ф.* Очистка поверхностного стока центрального района г. Барнаула // Ползуновский вестник. 2011. № 4–2. С. 146–150.
- Рапута В. Ф., Коковкин В. В., Морозов С. В.* Экспериментальное исследование и численный анализ

процессов распространения загрязнения снегового покрова в окрестностях крупной магистрали // Химия в интересах устойчивого развития. 2010. № 18. С. 63–70.

Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. М.: НИИ ВОДГЕО, 2014. 88 с.

Смоляникова В. В., Емельянов С. А., Дементьев М. С. Воздействие углеводородов нефти на окружающую среду и способы очистки нефтезагрязненных субстратов // Известия Самарского научного центра РАН. 2009. Т. 11, № 1(6). С. 1378–1380.

Шумилова М. А., Жиделева Т. Г. Особенности загрязнения снежного покрова вблизи крупных автомагистралей Ижевска // Вестник Удмуртского

университета. Серия: Физика и химия. 2010. № 4–2. С. 90–97.

Шумилова М. А., Садиуллина О. В., Петров В. Г. Исследование процесса накопления загрязняющих веществ городской атмосферы в снежном покрове на примере г. Ижевска // Вестник Удмуртского университета. 2012. № 4–3. С. 87–93.

Kuoppamaki K., Setala H., Rantalainen A.-L., Kotze D. J. Urban snow indicates pollution originating from road traffic // Environmental Pollution. 2014. Vol. 195. P. 56–63.

Noyo Edema. Effects of Crude Oil Contaminated Water on the Environment // Crude Oil Emulsions – Composition Stability and Characterization. 2012. P. 169–180.

Поступила в редакцию 30.09.2016

References

Brodskij E. S. Identifikatsija nefteproduktov v ob'ekтах okruzhajushhej sredy s pomoshh'ju gazovoj hromatografii i hromato-mass-spektrometrii [Oil products identification in environmental objects using gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry]. *Zhurnal analiticheskoj himii [Journal of Analytical Chemistry]*. 2002. Vol. 57, no. 6. P. 592–596.

Lysenko M. S., Labuzova O. M. Nefteprodukty v atmosferyh osadkah goroda Barnaula [Oil products in atmospheric precipitation in Barnaul]. *Himija i himicheskaja tehnologija v XXI veke: materialy XVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii studentov i molodyh uchenyh imeni professora L. P. Kuljova, posvjashhennoj 120-letiju Tomsk. politehn. un-ta (g. Tomsk, 17–20 maja 2016 g.) [Chemistry and Chemical Technologies in the XXI Cent.: Mat. of XVII Int. Res. and Practical Conf. of Students and Young Scientists named after Professor L. P. Kulev Dedicated to the 120th Anniv. of the Tomsk Polytechnic Univ. (Tomsk, May 17–20, 2016)]* Tomsk: Tomsk. politehn. un-t, 2016. P. 475–476.

Noskova T. V., Jejrjeh A. N., Drjupina E. Ju., Seryh T. G., Ovcharenko E. A., Papina T. S. Issledovanie kachestva snezhnogo pokrova g. Barnaula [Snow cover quality assessment in Barnaul]. *Polzunovskij vestnik [Polzunovsky Vestnik]*. 2014. No. 3. P. 208–212.

Noskova T. V., Jejrjeh S. S., Ovcharenko E. A., Uskov T. N., Papina T. S. Otsenka vlijanija gorodskih snegootvalov na zagryaznenie malyh rek i prilegajushshih territorij [Assessment of urban snow disposal sites impact on contamination of small rivers and adjacent territories]. *Izvestija AO RGO [Bulletin AB RGS]*. 2015. No. 2. P. 10–15.

Poletaeva M. A., Somin V. A., Komarova L. F. Ochistka poverhnostnogo stoka central'nogo rajona g. Barnaula [Surface run-off cleaning in the central district of Barnaul]. *Polzunovskij vestnik [Polzunovsky Vestnik]*. 2011. No. 4–2. P. 146–150.

Raputa V. F., Kokovkin V. V., Morozov S. V. Jeksperimental'noe issledovanie i chislennyj analiz protsessov rasprostraneniya zagryaznenija snegovogo pokrova v okrestnostjah krupnoj magistrali [Experimental research and numerical analysis of snow cover pollution

processes in the environs of a large highway]. *Himija v interesah ustojchivogo razvitija [Chemistry for Sustainable Development]*. 2010. No. 18. P. 63–70.

Rekomendacii po raschjotu sistem sbora, otvedeniya i ochistki poverhnostnogo stoka s selitebnyh territorij, ploshhadok predpriyatij i opredeleniju uslovij vypuska ego v vodnye ob'ekty [Recommendations for calculating systems of surface run-off collecting, disposal and cleaning from residential areas and industrial sites, and for specifying conditions of its release into water bodies]. Moscow: NII VODGEO, 2014. 88 p.

Smol'nikova V. V., Emel'janov S. A., Dement'ev M. S. Vozdejstvie uglevodorodov nefiti na okruzhajushhuyu sredyu i sposoby ochistki neftezagryaznennyh substratov [Influence of oil hydrocarbons on environment and ways of oil-contaminated substrates cleaning]. *Izvestija Samarskogo nauchnogo tsentra Rossijskoj akademii nauk [Proceed. of the Samara Scientific Center of the RAS]*. 2009. Vol. 11, no. 1(6). P. 1378–1380.

Shumilova M. A., Zhideleva T. G. Osobennosti zagryaznenija snezhnogo pokrova vblizi krupnyh avtomagistralей Izhevsk [Peculiarities of snow cover pollution near large highways of Izhevsk]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Serija: Fizika i himija [Bulletin of Udmurt University. Physics and Chemistry]*. 2010. no. 4–2. P. 90–97.

Shumilova M. A., Sadiullina O. V., Petrov V. G. Issledovanie protsessa nakoplenija zagryaznjajushshih veshchestv gorodskoj atmosfery v snezhnom pokrove na primere g. Izhevsk [Study of urban atmospheric pollutants accumulation in snow cover by the example of Izhevsk]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta [Bulletin of Udmurt University]*. 2012. No. 4–2. P. 87–93.

Vasilenko Ju. G., Korikov A. M., Orneckaja G. N. Jekologicheskij kontrol' organicheskikh zagryaznitelej (nefteproduktov, zhиров i NPAV) v vodnyh ob'ektah [Environmental monitoring of organic pollutants (oil products, fats and inorganic substances surfactants) in water bodies]. *Jekologicheskie sistemy i pribory [Ecological Systems and Devices]*. 2010. No. 9. P. 3–5.

Kuoppamaki K., Setala H., Rantalainen A.-L., Kotze D. J. Urban snow indicates pollution originating from

road traffic. *Environmental Pollution*. 2014. Vol. 195. P. 56–63.

Noyo Edema. Effects of Crude Oil Contaminated Water on the Environment. *Crude Oil Emulsions* –

Composition Stability and Characterization. 2012. P. 169–180.

Received September 30, 2016

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Лабузова Ольга Михайловна

аспирант
Институт водных и экологических проблем СО РАН
ул. Молодежная, 1, Барнаул, Алтайский край,
Россия, 656038
эл. почта: mom9292@mail.ru
тел.: 89039912661

Носкова Татьяна Витальевна

инженер химико-аналитического центра
Институт водных и экологических проблем СО РАН
ул. Молодежная, 1, Барнаул, Алтайский край,
Россия, 656038
эл. почта: ntv.lady@yandex.ru
тел.: 89236456179

Лысенко Мария Сергеевна

инженер химико-аналитического центра
Институт водных и экологических проблем СО РАН
ул. Молодежная, 1, Барнаул, Алтайский край,
Россия, 656038
эл. почта: m_l_s_55@mail.ru
тел.: 89612336610

Ильина Елена Георгиевна

доцент кафедры физической и неорганической
химии, к. х. н.
Алтайский государственный университет
пр. Ленина, 61, Барнаул, Алтайский край,
Россия, 656049
эл. почта: elena_iljina@yahoo.com
тел.: 89130988610

Папина Татьяна Савельевна

начальник химико-аналитического центра, д. х. н.
Институт водных и экологических проблем СО РАН
ул. Молодежная, 1, Барнаул, Алтайский край,
Россия, 656038
эл. почта: papina@iwep.ru
тел.: 89039578544

CONTRIBUTORS:

Labuzova, Olga

Institute for Water and Environmental Problems,
Siberian Branch, Russian Academy of Sciences
1 Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Altai Krai, Russia
e-mail: mom9292@mail.ru
tel.: +79039912661

Noskova, Tatiana

Institute for Water and Environmental Problems,
Siberian Branch, Russian Academy of Sciences
1 Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Altai Krai, Russia
e-mail: ntv.lady@yandex.ru
tel.: +79236456179

Lysenko, Maria

Institute for Water and Environmental Problems,
Siberian Branch, Russian Academy of Sciences
1 Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Altai Krai, Russia
e-mail: m_l_s_55@mail.ru
tel.: +79612336610

Ilyina, Elena

Altai State University
61 Lenin St., 656049 Barnaul, Altai Krai, Russia
e-mail: elena_iljina@yahoo.com
tel.: +79130988610

Papina, Tatiana

Institute for Water and Environmental Problems,
Siberian Branch, Russian Academy of Sciences
1 Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Altai Krai, Russia
e-mail: tanya.papina@mail.ru
tel.: +79039578544