

УДК 614.715; 613.633

Уланова Т.С.^{1,2}, Нурисламова Т.В.^{1,2}, Карнажицкая Т.Д.¹, Мальцева О.А.¹, Волкова М.В.^{1,2}, Гилева М.И.¹, Антипова М.В.^{1,3}**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ РАБОТНИКОВ, ЗАНЯТЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ ФТАЛЕВОГО АНГИДРИДА**¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 82, ул. Монастырская, Пермь, Россия, 614045²ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», 29, пр-т Комсомольский, Пермь, Россия, 614990³ФГБОУ ВО «Пермская государственная сельскохозяйственная академия им. академика Д.Н. Прянишникова», 23, ул. Петропавловская, г. Пермь, Россия, 614990

Установлено, что при производстве фталевого ангидрида работники подвергаются комбинированному воздействию нескольких классов химических соединений (фталевый ангидрид, фталевая и малеиновая кислоты, ортоксилон) и взвешенных веществ (TSP, PM_{2,5} и PM₁₀). По содержанию химических соединений в воздухе рабочей зоны превышений гигиенических нормативов не установлено. По содержанию взвешенных веществ установлено превышение относительно рабочих мест сравнения от 12,4 до 16,5 раза по TSP; от 1,3 до 14,0 раза по PM_{2,5}; от 1,5 до 14,1 раза по PM₁₀; по счетной концентрации наночастиц от 2,1 до 10,0 раза на рабочих местах «фасовка фталевого ангидрида», «отделение кристаллизации», «склад готового продукта, палетизатор». Опасность воздействия мелкодисперсных частиц на химических производствах усугубляется воздействием и проникновением в организм через респираторный тракт адсорбированных на них токсичных соединений. Выполненные исследования позволяют ставить вопрос об организации производственного контроля за содержанием TSP, PM_{2,5} и PM₁₀ в воздухе рабочей зоны, которые могут быть использованы в качестве дополнительной информации при оценке условий труда, вредных факторов и профессионального риска в производстве фталевого ангидрида.

Ключевые слова: воздух рабочей зоны; фталевый ангидрид; фталевая кислота; фумаровая кислота; мелкодисперсные частицы PM_{2,5} и PM₁₀; частицы нанодиапазона

Ulanova T.S.^{1,2}, Nurislamova T.V.^{1,2}, Karnazhitskaya T.D.¹, Maltseva O.A.¹, Volkova M.V.^{1,2}, Gileva M.I.¹, Antipieva M.V.^{1,3} **Evaluating air quality of workplace for workers engaged into phthalic anhydride production**

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Str., Perm, Russia, 614045² Perm State National Research Polytechnical University, 29, Komsomolsky Pr., Perm, Russia, 614990³ Perm State Agricultural Academy, Petropavlovskaya Str., 23, Perm, Russia, 614990

Workers engaged into phthalic anhydride production appeared to be exposed to combined influence of several classes of chemicals (phthalic anhydride, phthalic and maleic acids, orthoxylyene) and suspended substances (TSP, PM_{2,5} and PM₁₀). The chemicals contents of air in the workplace did not exceed hygienic norms. Suspended substances contents appeared to exceed the norms, if compared to reference workplaces — 12.4 to 16.5 times for TSP, 1.3 to 14.0 times for PM_{2,5}, 1.5 to 14.4 times for PM₁₀. The workplaces «phthalic anhydride packaging», «crystallization department», «end product storage, palletizator» appeared to have 2.1 to 10.0 times exceeded calculated concentrations of nanoparticles. Jeopardy caused by influence of low-dispersion particles at chemical production is aggravated by influence and inhalation of toxic compounds adsorbed on these particles. The studies necessitate organization of occupational control over contents of TSP, PM_{2,5} and PM₁₀ in air of workplace, so these concentrations can be used as additional information for assessment of work conditions, hazards and occupational risks in phthalic anhydride production.

Key words: workplace air; phthalic anhydride; phthalic acid; fumaric acid; low-dispersed particles PM_{2,5} and PM₁₀; nanoparticles

Введение. Обеспечение здоровых и безопасных условий труда является предпосылкой для высокой производительности труда, залогом сохранения трудовых ресурсов, а также устойчивого социально-экономического развития государства в целом [5–7].

Особенности условий труда при прочих равных условиях определяют функциональный уровень и физическое здоровье работников, необходимые для

успешного выполнения производственных обязанностей [12].

В структуре отраслей народного хозяйства одно из ведущих мест по потенциальной опасности химического воздействия занимает химическая отрасль, поскольку более 100 тыс. разнообразных по строению и физико-химическим свойствам химических веществ могут присутствовать в воздухе рабочей зоны раз-

личных производств и оказывать неблагоприятный эффект на организм работающих [8,18].

Фталевый ангидрид является одним из основных продуктов органического синтеза, который используется для получения сложных эфиров, различных смол, пластификаторов, производных фталевой кислоты [1]. В промышленности фталевый ангидрид получают парофазным каталитическим окислением о-ксилола кислородом воздуха с использованием стационарных катализаторов на основе оксида ванадия (V_2O_5 - TiO_2 или V_2O_5 - K_2SO_4) [11].

Технологический процесс производства фталевого ангидрида является непрерывным, поэтому работники (аппаратчики) обслуживают технологическое оборудование, размещенное как на наружных установках, так и в закрытых производственных помещениях (площадка обслуживания печи, насосная о-ксилола, фасовка фталевого ангидрида, склад готового продукта, отделение кристаллизации и отделение фумаровой кислоты).

Изучение технологических стадий производства позволяет предположить, что на организм работников, обслуживающих производство фталевого ангидрида, воздействует комплекс вредных производственных факторов, включающих химическое воздействие и пылевой фактор. Химический фактор в производстве фталевого ангидрида представлен комплексом токсичных химических соединений 2–3 классов опасности с различным характером действия на организм. При наличии в воздухе рабочей зоны паров и аэрозоля фталевого ангидрида в концентрации $0,32 \text{ мг/м}^3$ увеличивается число жалоб на головную боль, кашель, частый насморк. У рабочих со стажем негативные эффекты хронического воздействия в концентрации $1,3 \text{ мг/м}^3$ характеризуются вегетативной дисфункцией, нейроциркуляторной дистонией, дисфункцией печени и желчевыводящих путей, атрофическими ринофарингитами, наличием анемии [9,10]. Минимальная концентрация фталевого ангидрида, вызывающая sensibilization у работающих, составляет $7,5 \text{ мг/м}^3$. Пары ксилола вызывают острые и хронические поражения кроветворных органов, дистрофические изменения в печени и почках, при контактах с кожей — дерматиты, могут оказывать специфическое воздействие на репродуктивное здоровье [9,10].

Кроме воздействия химических факторов, на многих химических производствах присутствует воздействие взвешенных веществ, в составе которых присутствуют мелкодисперсные частицы фракций $PM_{2,5}$ и PM_{10} (частицы 2,5 и 10 мкм соответственно). Мелкодисперсные частицы размерами 10 мкм и менее относятся к респираторным и проникают в организм человека через респираторный тракт, вызывают болезни легких или обостряют уже имеющиеся. В химическом производстве опасность усугубляется тем, что мелкодисперсные частицы могут адсорбировать химические вещества и тем самым усиливать токсическое воздействие [2,13,16].

Гигиеническая оценка условий труда работников, занятых в различных отраслях химического производства, в том числе производства фталевого ангидрида, является актуальной.

Цель исследований: оценка условий труда работников производства фталевого ангидрида, подвергающихся комбинированному воздействию нескольких классов химических соединений (фталевый ангидрид, фумаровая и фталевая кислоты, ароматические углеводороды) и взвешенных веществ — TSP, (мелкодисперсные частицы — $PM_{2,5}$, PM_{10} , частицы нанодиапазона).

Материалы и методы исследований. Гигиенические исследования условий труда проводились на производстве фталевого ангидрида. Изучены условия труда работников основных групп профессий: аппаратчик абсорбции 5-го разряда, аппаратчик подготовки сырья и отпуска полуфабрикатов и продукции 4-го разряда, аппаратчик окисления 5-го и 6-го разряда, аппаратчик конденсации 5-го разряда, аппаратчик чешуирования 3-го и 4-го разряда, аппаратчик производства химических реактивов 6-го разряда, аппаратчик осаждения 5-го разряда (группа наблюдения, $n=60$). Группу сравнения ($n=40$) составили работники предприятия, не имевшие контакта с вредными производственными факторами (работники административного аппарата). Всего обследовано 10 рабочих мест, на которых занято 100 работников. Исследования выполнялись с использованием стандартных утвержденных методик в соответствии с действующими нормативно-методическими документами [4,17].

Отбор проб воздуха рабочей зоны на содержание фталевого ангидрида проводился на сорбционные трубки, заполненные сорбентом Tenax TA, с последующей десорбцией этилацетатом и анализом на газовом хроматографе «Кристалл-5000» с использованием капиллярной колонки с неподвижной жидкой фазой НР-1 длиной 50 м, диаметром 0,32 мм, толщиной пленки 0,25 мкм и детекцией на пламенно-ионизационном детекторе.

Исследование содержания в воздухе рабочей зоны суммы ксилолов, ортоксилола проводили согласно ГОСТ Р ИСО 16017-2-2007 [4,17].

Исследования проб воздуха рабочей зоны на содержание фумаровой и фталевой кислот выполнены методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с применением УФ-детектора на обращенно-фазной колонке. Отбор проб осуществляли на фильтры АФА-ХА-20, экстракцию фталевой и фумаровой кислот с фильтров проводили метанолом, степень экстракции — 98 % [14].

Анализ массовой концентрации взвешенных веществ в воздухе рабочей зоны проводили в соответствии с МУК 4.1.2468-09 [15]. Отбор проб воздуха на содержание фракционного состава пыли (сумма взвешенных частиц TSP) проводился на фильтры типа АФА-ВП.

Анализ массовой концентрации мелкодисперсных частиц в воздухе рабочей зоны проводился на анализаторах аэрозолей DustTrak 8533, DustTrak 8530 (США) в соответствии с руководством по эксплуатации. В анализаторах пыли реализован принцип лазерной нефелометрии. Диапазон размеров регистрируемых частиц 0,1–15 мкм. Диапазон измерения массовой концентрации аэрозоля 0,01–150 мг/м³.

Анализ счетной концентрации и среднего размера наночастиц проводился с использованием диффузионного аэрозольного спектрометра ДАС 2702 (Россия). Прибор позволяет получать распределение частиц по размерам в диапазоне от 3 до 200 нм.

Оценка содержания химических соединений и взвешенных веществ в воздухе рабочей зоны выполнялась относительно гигиенических нормативов ПДК_{р.з.} для максимально разовых концентраций [3].

Для оценки экспозиции воздуха производственной среды химическими соединениями (фталевый ангидрид, фумаровая и фталевая кислоты, о-ксилол и сумма ксилолов) и фракционного состава производственной пыли выполнены лабораторно-инструментальные исследования воздуха рабочей зоны с учетом технологических операций: площадка обслуживания печи R-621, насосная о-ксилола, газовый холодильник E-214/1,2, площадка обслуживания конденсатора намораживания A-221/1-13, фасовка фталевый ангидрида, склад готового продукта, отделение кристаллизации, отделение фумаровой кислоты. В связи с отсутствием гигиенических нормативов для оценки счетной концентрации мелкодисперсных частиц (PM_{2,5} и PM₁₀) и частиц нанодиапазона в воздухе рабочей зоны выполнялись измерения на рабочих местах административных сотрудников, не участвующих в производственных процессах: лаборатория службы воздуха, кабинет начальника службы качества.

Результаты и обсуждение. В период наблюдений в воздухе рабочей зоны обследуемых цехов при стабильном течении технологического процесса в производстве фталевый ангидрида концентрации токсических соединений не превышали значений гигиенических нормативов ПДК_{м.р.}. Концентрации фталевый ангидрида на наружных установках воздуха рабочей зоны определялась в диапазоне от 0,1 до 0,11 мг/м³ (ПДК_{м.р.}=1 мг/м³).

Концентрации фталевый ангидрида в воздухе рабочей зоны закрытых помещений определялись на стадии «фасовка фталевый ангидрида» на уровне 0,4 ПДК_{р.з.}, «отделение фумаровой кислоты» и «площадка обслуживания печи R-621» на уровне 0,12 ПДК_{р.з.}.

Фумаровая кислота в воздухе рабочей зоны обнаружена в 100 % отобранных проб в диапазоне концентраций 0,004–0,183 мг/м³. Максимальная концентрация фумаровой кислоты в воздухе рабочей зоны установлена в помещении отделения фумаровой кислоты — 0,183 мг/м³ при ПДК_{м.р.}= 5 мг/м³.

Фталевая кислота в воздухе рабочей зоны присутствовала на всех обследованных рабочих местах в диапазоне концентраций 0,01–0,33 мг/м³. Максимальная

концентрация фталевый кислоты в воздухе рабочей зоны обнаружена в отделении кристаллизации 0,33 мг/м³, что в 1,6–2,5 раза выше концентрации фталевый кислоты, определяемой в воздухе административных помещений предприятия при отсутствии производственного фактора.

Содержание взвешенных веществ (TSP), мелкодисперсных частиц PM_{2,5} и PM₁₀, счетная концентрация наночастиц в воздухе рабочей зоны не нормируются. Вместе с тем, оценивая содержание взвешенных веществ (TSP), следует отметить, что на отдельных рабочих местах установлено превышение содержания TSP относительно рабочих мест сравнения. На стадиях «фасовка фталевый ангидрида» — в 16,5 раза; «отделение кристаллизации» — в 14,5 раза; «склад готового продукта» — в 12,5 раза. По содержанию PM_{2,5} наиболее высокие концентрации установлены на рабочем месте аппаратчика производства химических реактивов 6-го разряда, чешуирования 4-го разряда «отделение кристаллизации» в 14,0 раза; на рабочем месте аппаратчика чешуирования 4-го разряда «склад готового продукта, палетизатор» в 5,1 раза. На этих же рабочих местах установлено превышение содержания мелкодисперсных частиц PM₁₀ — в 14,1 раза в «отделении кристаллизации» и в 6,2 раза в «складе готового продукта»; счетной концентрации частиц нанодиапазона — в 8,5 раза в «отделении кристаллизации», и в 10,0 раза в «складе готового продукта».

Выводы:

1. В результате оценки условий труда работников производства фталевый ангидрида следует отметить, что качество воздуха производственных помещений на отдельных стадиях производства по химическому фактору (фталевый ангидрид, сумма ксилолов, ортоксилол, фумаровая, фталевый кислота) соответствует гигиеническим нормативам.

2. На рабочем месте аппаратчика чешуирования на стадии «фасовка фталевый ангидрида», в результате исследований обнаружены концентрации фталевый ангидрида ($0,394 \pm 0,090$ мг/м³, которые при постоянном воздействии ведут к увеличению жалоб на головную боль, кашель, частый насморк, кроме того на данном рабочем месте установлено повышенное содержание взвешенных веществ.

3. По содержанию взвешенных веществ в воздухе производственных помещений TSP, PM_{2,5} и PM₁₀ установлено превышение содержания относительно рабочих мест сравнения от 12,4 до 16,5 раза по TSP; от 1,3 до 14,0 раза по PM_{2,5}; от 1,5 до 14,1 раза по PM₁₀; по счетной концентрации наночастиц от 2,1 до 10,0 раза на рабочих местах «фасовка фталевый ангидрида», «отделение кристаллизации», «склад готового продукта, палетизатор».

4. Определение высоких концентраций мелкодисперсных частиц PM_{2,5} и PM₁₀ особенно на предприятиях химической промышленности создает опасность глобального проникновения химических соединений через ре-

спираторный тракт за счет адсорбции токсичных соединений, что может увеличить риск возникновения профессиональных заболеваний.

5. Следует ставить вопрос об организации производственного контроля за содержанием $PM_{2,5}$ и PM_{10} в воздухе рабочей зоны, что может быть использовано в качестве дополнительной информации при оценке условий труда, вредных факторов и профессионального риска в производстве фталевого ангидрида.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочкарев В.В. Оптимизация технологических процессов органического синтеза: учебное пособие. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. — 185с.
2. Воздействие дисперсного вещества на здоровье человека // Записка ВОЗ / Совместной целевой группы по аспектам воздействия загрязнения воздуха на здоровье человека. — Женева, 2012. — С. 13.
3. ГН 2.2.5.686–98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200000525>.
4. ГОСТ Р ИСО 16017–1–2007. Воздух атмосферный, рабочей зоны и замкнутых помещений. Отбор проб летучих органических соединений при помощи сорбционной трубки с последующей термодесорбцией и газохроматографическим анализом на капиллярных колонках. Часть 1. Отбор проб методом прокачки. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200057637>.
5. Денисов Э.И., Чесалин П.В. Доказательность в медицине труда: принципы и оценка связи нарушений здоровья с работой // Мед. труда и пром. экология. — 2006. — № 11. — С. 6–14.
6. Измеров Н.Ф. Здоровье трудоспособного населения // Мед. труда и пром. экология. — 2005. — № 11. — С. 3–7.
7. Измеров Н.Ф., Сквирская Г.П. Социальная ответственность работодателя за здоровье работающих и роль медицины труда в современных условиях // Мед. труда и пром. экология. — 2003. — № 12. — С. 6–7.
8. Измеров Н.Ф., Тихонова Г.И. Актуальные проблемы здоровья населения трудоспособного возраста в РФ // Вестник РАМН. — 2010. — 9. — С. 3–9.
9. Каримова Л. М., Каримова Л.К. Особенности формирования состояния здоровья при сочетанном воздействии производственного шума и углеводородов // М-алы международного симпозиума, Минск. — 1991. — С. 24.
10. Лазарева Н.В., Левиной Э.Н. Вредные вещества в промышленности. Т. 2. Органические вещества: Справочник для химиков, инженеров и врачей. — Л.: Химия, 1976. — 624 с.
11. Литвинцев И. Ю. Процессы окисления в промышленной органической химии // Соросовский образовательный ж-л. — 2004. — Т. 8, №1. — С. 24–31.
12. Максимов С.А., Артамонова Г.В. Профессия и патология сердечно-сосудистой системы: факторы, модифицирующие причинно-следственные зависимости в эпидемиологических исследованиях // Анализ риска здоровью. — 2016. — № 4. — С. 95–106.

13. Мирзакаримова М. А., Искадарова Ш.Т. Гигиеническая оценка комбинированного действия загрязнений в атмосферном воздухе населенных мест // Гиг. и санит. — 2008. — № 4. — С. 10–13.

14. МУК 4.1.0.523–96. Измерение концентраций фумаровой кислоты методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в воздухе рабочей зоны. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200036598>.

15. МУК 4.1.2468–09. Измерение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/898911988>.

16. Пинигин М.А. Состояние и перспективы количественной оценки влияния химического загрязнения атмосферы на здоровье населения // Гигиена и санитария. — 2001. — № 5. — С. 53–58.

17. ПНД Ф 13.1:2:3.25–99. Количественный химический анализ атмосферного воздуха и выбросов в атмосферу. Методика выполнения измерений массовых концентраций предельных углеводородов С(1) — С(10) (суммарно, в пересчете на углерод), непредельных углеводородов С(2) — С(5) (суммарно, в пересчете на углерод) и ароматических углеводородов (бензола, толуола, этилбензола, ксилолов, стирола) при их совместном присутствии в атмосферном воздухе, воздухе рабочей зоны и промышленных выбросах методом газовой хроматографии. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200078489>.

18. Роздин И.А., Хабарова Е.И., Вареник О.Н. Безопасность производства и труда на химических предприятиях. — М.: Химия, 2005. — 254 с.

REFERENCES

1. Bockaryov V.V. Optimization of technologic processes of organic synthesis: textbook. — Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2010. — 185 p. (in Russian).
2. Influence of dispersed substance on human health. WHO Letter. Joint target group on aspects of airborne pollution influence on human health. — Geneve, 2012. — 13 p. (in Russian).
3. GN 2.2.5.686–98. Maximally allowable concentrations (MAC) of chemical hazards in air of workplace. Hygienic norms. <http://docs.cntd.ru/document/1200000525> (in Russian).
4. GOST R ISO 16017–1–2007. Ambient air, of workplace and chambers. Sampling of volatile organic compounds with sorption tube with subsequent thermodesorption and gas chromatographic analysis on capillary columns. Part 1. Sampling by pumping method. <http://docs.cntd.ru/document/1200057637> (in Russian).
5. Denisov E.I., Chesalin P.V. Evidence-based method in occupational medicine: principles and evaluation of relationships between health disorders and work // Industr. med. — 2006. — 11. — P. 6–14 (in Russian).
6. Izmerov N.F. Health of able-bodied population // Industr. med. — 2005. — 11. — P. 3–7 (in Russian).
7. Izmerov N.F., Skvirskaya G.P. Social responsibility of employer for workers' health, and role of occupational medicine nowadays // Industr. med. — 2003. — 12. — P. 6–7 (in Russian).

8. Izmerov N.F., Tikhonova G.I. Topical problems of able-bodied population health in Russian Federation // Vestnik RAMN. — 2010. — 9. — P. 3–9 (in Russian).

9. Karamova L. M., Karimova L.K. Features of health state formation under combined exposure to occupational noise and hydrocarbons. International symposium materials. — Minsk, 1991. — 24 p. (in Russian).

10. Lazareva N.V., Levina E.N. Chemical hazards in industry. Vol 2. Organic compounds: Reference book for chemists, engineers and doctors. — Leningrad: Himiya, 1976. — 624 p. (in Russian).

11. Litvintsev I.Yu. Oxidation processes in industrial organic chemistry // Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal. — 2004. — Vol 8. — 1. — P. 24–31 (in Russian).

12. Maksimov S.A., Artamonova G.V. Occupation and cardiovascular diseases: factors modifying cause effect relationships in epidemiologic studies // Analiz riska zdorov'yu. — 2016. — 4. — P. 95–106 (in Russian).

13. Mirzakarimova M. A., Iskandarova Sh.T. Hygienic evaluation of combined influence of pollutions in ambient air of populated area // Gig. i sanit. — 2008. — 4. — P. 10–13 (in Russian).

14. MUK 4.1.0.523–96. Measurement of fumaric acid concentration via high-efficiency liquid chromatography in air of workplace. <http://docs.cntd.ru/document/1200036598> (in Russian).

15. MUK 4.1.2468–09. Measurement of mass concentrations of dust in workplace air of mining and nonmetallic industry. <http://docs.cntd.ru/document/898911988> (in Russian).

16. Pinigin M.A. State and prospects of quantitative evaluation of effects caused by chemical pollution of atmosphere on public health // Gig. i sanit. — 2001. — 5. — P. 53–58 (in Russian).

17. PND F 13/1:2:3.25–99. Quantitative chemical analysis of ambient air and releases into atmosphere. Method of measuring mass concentrations of saturated hydrocarbons C (1) — C (10) (totally, converted to carbon), nonsaturated hydrocarbons C(2) — C(5) (totally, converted to carbon) and aromatic hydrocarbons (benzene, toluene, ethyl benzene, xylene, styrene), when concomitantly present in ambient air, workplace air and industrial releases, by gas chromatography method. <http://docs.cntd.ru/document/1200078489> (in Russian).

18. Rozdin I.A., Khabarova E.I., Varenik O.N. Industrial safety and occupational hygiene on chemical enterprises. — Moscow: Himiya, 2005. — 254 p. (in Russian).

Поступила 21.04.2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Уланова Татьяна Сергеевна (Ulanova T.S.),

зав. отд. химико-аналитич. методов иссл. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», проф. каф. охр. окружающей среды Пермского государственного национального исследовательского ун-та, д-р биол. наук. E-mail: ulanova@fcrisk.ru.

Нурисламова Татьяна Валентиновна (Nurislamova T.V.),

зав. лаб. газовой хроматографии ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», проф. каф. охр. окружающей среды Пермского государственного национального исследовательского ун-та, д-р биол. наук. E-mail: nurtat@fcrisk.ru.

Карнажицкая Татьяна Дмитриевна (Karnazhitskaya T.D.),

зав. лаб. жидкостной хроматографии ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», канд. биол. наук. E-mail: tdkarn@fcrisk.ru.

Мальцева Ольга Андреевна (Maltseva O.A.),

химик лаб. газовой хроматографии ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

Волкова Марина Валерьевна (Volkova M.V.),

химик лаб. методов анализа наноматериалов и мелкодисперсных частиц ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», магистр каф. охр. окружающей среды Пермского государственного национального исследовательского ун-та. E-mail: volkova@fcrisk.ru.

Гилева Марина Игоревна (Gileva M.I.),

инж.-иссл. лаб. методов анализа наноматериалов и мелкодисперсных частиц ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». E-mail: gileva@fcrisk.ru.

Антипова Марина Владимировна (Antipieva M.V.),

зав. лаб. методов анализа наноматериалов и мелкодисперсных частиц ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», доц. каф. ботаники, генетики, физиологии растений и биотехнологий Пермской государственной сельскохозяйственной академии им. акад. Д.Н. Прянишникова, канд. биол. наук. E-mail: girmar@mail.ru.