

6. Kas'kov Yu.N., Farkhatdinov G.A., Podkorytov Yu.I., Khusnutdinova N.Sh. Contemporary aspects of state and improvement of sanitary epidemiologic well-being of workers and passengers in railway transport of Russia // *Gig. i sanit.* — 2013. — 5. — P. 24–26 (in Russian).

7. Katerincheva O.A. Dynamics of general morbidity in railway workers over 2006–2007 // *Vestnik Vserossiyskogo obshchestva spetsialistov po mediko-sotsial'noy ekspertize, reabilitatsii i reabilitatsionnoy industrii.* — 2009. — 2. — P. 127–129 (in Russian).

8. Kopeykin N.F., Milyaev I.A., Danilov A.V., Tikhomirov M.S. Work conditions and morbidity in workers of South-East railway // *Gig. i sanit.* — 2015. — 94 (1). — P. 125–127 (in Russian).

9. Molochnaya E.V., Gulimova V.A. Occupational morbidity in Far East railway // *Dal'nevostochnyy med. zhurnal.* — 2015. — P. 84–87 (in Russian).

10. On approval of Rules "Criteria of evaluating occupational risks for RZhD JSC, closely connected with railway traffic: Order of RZhD JSC on 21.12.2009 N 1631r [electronic resource]. — URL: <http://www.alppp.ru/law/trud-i-zanjatost-aselenija/trud/40/rasporjazhenie-oao-rzhd-ot-21-12-2009--2631r.html> (accessed at 30.05.2017) (in Russian).

11. Onishchenko G.G. Work conditions state and occupational morbidity of workers in Russian Federation. *Gigiena i sanitariya*, 2009; 3: 66–71 (in Russian).

12. Rakhmanin Yu.A., Sinitsyna O.O. State and actualization of objectives on improvement of scientific methodic and regulatory

legislative basis in human ecology and environmental hygiene // Materials of Plenum of Scientific council on human ecology and environmental hygiene of Russian Federation. Moscow, 13–14.12.2012. — Moscow, 2012 P. 3–7 (in Russian).

13. Sukhova E.V., Nikolaevskiy E.N. Purposeful management of corporate culture in health care for railway transport workers // *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk.* — 2016. — 7–2. — P. 138–142 (in Russian).

14. Titov A.A., Titova E.Ya. Morbidity among railway transport workers. Materials of XVI international scientific and practical conference. — Praha, 2016. — P. 428–430 (in Russian).

15. Titov A.A., Titova E.Ya. On morbidity features of locomotive crew workers // Materials of X international scientific and practical conference. — Praha, 2014. — P. 382–383 (in Russian).

Поступила 21.04.2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Титов Александр Андреевич (Titov A.A.),
зав. центром проф. патологии НУЗ «ОКБ на станции
Пермь–2ОАО РЖД»

Титова Елена Яковлевна (Titova E.Ya.),
доц. каф. обществ. здоровья и здравоохранения, канд. мед.
наук. E-mail: etitova55@yandex.ru.

УДК 614.71, 613.15, 504.064, 504.054

Май И.В., Загороднов С.Ю.

ОБОСНОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ ПЫЛИ НА ГРАНИЦЕ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ С УЧЕТОМ ПРОФИЛЯ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82,
Пермь, РФ, 614045

Представлены результаты комплексных исследований пылевых выбросов источников предприятия по добыче и переработке калийных солей, и установлен компонентный, дисперсный состав, определены формы твердых частиц. Путем сводного баланса установлен профиль пылевого выброса предприятия и определены приоритетные химические вещества для данного производства. Показаны результаты исследований качества атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия и определен перечень химических элементов. Проведены сравнительные анализы форм пылевых частиц, установленные на границе СЗЗ и источников выбросов предприятия. На основании полученных результатов исследований сделаны выводы о некорректности проведения предприятием производственного контроля взвешенных веществ. Построение актуальных профилей выбросов предприятия является необходимым этапом обоснования программы контроля твердых пылевых выбросов предприятия.

Ключевые слова: производственный контроль; компонентный состав; дисперсный состав; пылевые выбросы; PM10; PM2.5; санитарно-защитная зона

May I.V., Zagorodnov S.Yu. **Basis of program for occupational control of dust at borderline of sanitary protective zone, with consideration of enterprise discharges profile.** Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82, Monastyrskaya str., Perm, Russian Federation, 614015

The article presents results of complex studies concerning dust discharges by enterprise extracting and processing potassium salts, and describes components, dispersion contents and forms of solid particles. Summary balance set profile of dust discharges by enterprise and determined priority chemicals for certain production. Results of studies concerning ambient air quality at borderline of sanitary protective zone of the enterprise are demonstrated, and list of chemical elements is determined. Comparative analysis covered dust particles forms on borderline between sanitary protective zone and industrial discharges sources. The results obtained helped to conclude incorrect occupational control of suspended particles, performed by the enterprise. Construction of actual industrial discharge profile is necessary stage to justify a program controlling solid dust discharged by the enterprise.

Key words: *occupational control; components composition; dispersion composition; dust discharges; PM10; PM2; 5; sanitary protective zone*

Проведение производственного контроля в целях обеспечения безопасности и (или) безвредности для человека и среды обитания вредного влияния объектов производственной деятельности является нормой законодательства Российской Федерации¹. Программа производственного контроля предполагает измерение хозяйствующим субъектом уровня собственного воздействия на среду обитания человека. Как следствие, программа контроля на границе СЗЗ предприятия должна включать перечень химических веществ, отражающий специфику выброса хозяйствующего субъекта [5].

Промышленные предприятия, выбросы которых сопровождаются высоким содержанием твердых пылевых частиц, как правило, включают в программу производственного контроля взвешенные вещества (код 2902). На сегодня нормативно закрепленные методики по расчету выбросов твердых компонентов выбросов практически не учитывают особенности компонентного и дисперсного состава пылей. В ряде случаев это приводит к недооценке опасности, маскировке специфичных, а в отдельных случаях токсичных компонентов, выбрасываемые в атмосферный воздух [1]. Для иных выбросов — напротив, это может обуславливать переоценку опасностей и рисков, когда зафиксированный уровень пыли в воздухе определяется иными, не принадлежащими предприятию источниками. Представляется, что выходом является установление профилей выбросов — т. е. специфических для источников качественных и количественных характеристик выбросов и формирование с учетом этих профилей программ производственного контроля. При этом профиль выбросов и программа контроля должны соответствовать учету особенностей рассеивания, распространения примесей, с получением так называемых «отпечатков» выбросов предприятия [6]. Подходы апробированы и показали свою эффективность [2,7]. Вместе с тем, данных о реальных профилях пылевых выбросов крайне недостаточно. Это осложняет формирование доказательной программы производственного контроля и снижает эффективность контрольно-надзорных мероприятий, а также затрудняет установление причинно-следственных связей между

уровнем загрязнения и деятельностью объекта надзора. Вместе с тем, уровень развития лабораторной базы на сегодня позволяет надежно выполнить компонентный и дисперсный состав выбросов и сформировать профили выбросов для задач корректного формирования программ производственного контроля [3,4,8].

Цель исследования — установление компонентного и дисперсного состава твердых пылевых выбросов предприятия по добыче и переработке калийных солей и оценка уровней загрязнения мелкодисперсными пылями на границе СЗЗ для обоснования программы контроля.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования были выбраны 2 рудника по добыче калийных солей, расположенные в г. Березники и Соликамск Пермского края. Были изучены технологические процессы предприятия и установлены основные источники выбросов пылегазовых смесей в атмосферу — склады по хранению сырья и готовой продукции с пересыпкой материалов. На источниках методом активного пробоотбора были взяты пробы и исследованы их фракционный и компонентный состав.

Дисперсный состав выбросов с выделением частиц PM10, PM2,5 как нормируемых параметров, оценивался методом лазерного анализа частиц (Microtrac S3500 с диапазоном измеряемых частиц от 20 нм до 2000 мкм). Морфология частиц и компонентный состав устанавливались методом электронного микроскопирования сканирующим микроскопом высокого разрешения (степень увеличения — от 5 до 300 тыс. крат) с рентгено-флуоресцентной приставкой S3400N «NITACHI». Химический состав идентифицировался рентгенофазовым анализом образцов с использованием рентгеновского дифрактометра XRD-700 «Shimadzu».

На основании проведенных расчетов рассеивания и определения максимальных концентраций в точках на границе СЗЗ были определены контрольные точки отборов проб воздуха для определения дисперсного и компонентного состава пылегазовых выбросов в зоне влияния предприятий. Отбор проб воздуха во время технологического процесса проводили на границе СЗЗ. Отбор проб воздуха осуществлялся двумя способами: путем осаждения взвешенных веществ на открытые фильтры, предварительно высушенные в эксикаторе и взвешенные на аналитических весах, и лазерным анализатором аэрозоля DustTrak 8533 (США)

¹ Федеральный закон о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения (с изменениями на 13 июля 2015 года) (редакция, действующая с 24 июля 2015 года), Статья 32. Производственный контроль.

Таблица 1

Структура выбросов склада готовой продукции Березниковского рудоуправления в разрезе химических веществ

Химическое вещество	Массовая доля в составе выброса, %				
	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Среднее	Ошибка среднего
KCl	88,59	99,15	71,72	86,49	6,52
NaCl	4,26	0,00	10,91	5,06	2,59
AlCl ₃	0,54	0,85	1,28	0,89	0,17
Al ₂ O ₃	6,61	0,00	2,94	3,18	1,56
CaO	0,00	0,00	5,42	1,81	1,47
Прочие	0,00	0,00	9,24	2,58	2,10
ИТОГО	100	100	100	100	14,43

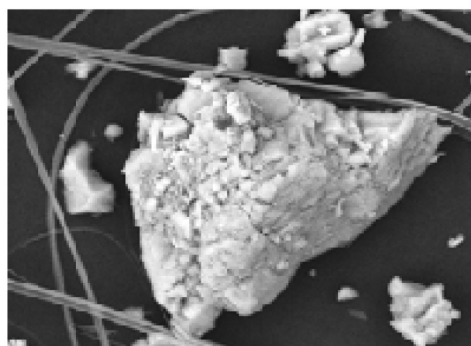


Рис. 1. Микрофотография частиц пыли, поступающей в атмосферу от склада готовой продукции Березниковского рудоуправления

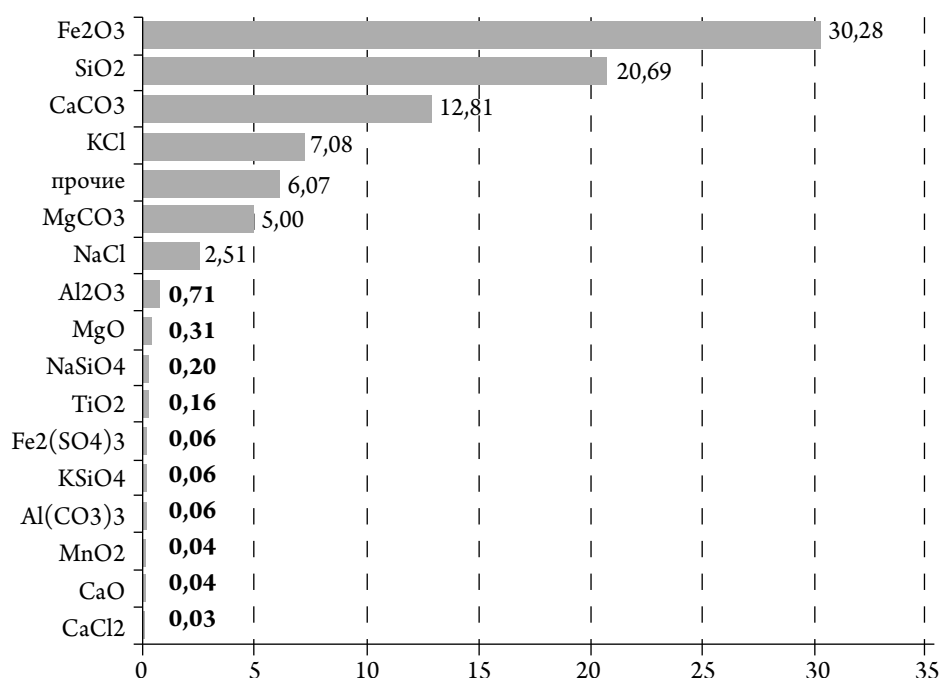


Рис. 2. Компонентный состав пылевого загрязнения на границе СЗЗ.

для определения РМ 10 и РМ 2,5. Компонентный состав определялся аналогично анализу выбросов.

Результаты исследования и их обсуждение. Выбранные производственные объекты объединяют схожесть технологических процессов и единая санитарная классификация (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 (новая редакция) II класс опасности (п. 7.1.1., класс II, п.п. 17) «Химические объекты производства» — «Производство калийных солей», размер ориентировочной санитарно-защитной зоны составляет 500 м). Для выбранных промышленных площадок разработаны и утверждены размеры СЗЗ. Для Березниковского рудоуправления установлены размеры СЗЗ — 300–430 метров, для Соликамского рудоуправления размер установленной санитарно-защитной зоны составляет 50 метров.

Способ производства на площадках предприятия — флотационное обогащение сильвинитовых руд.

Все технологические секции предусматривают наработку мелкозернистого хлористого калия.

Определено, что химический состав отобранных образцов выбросов от складов готовой руды на обоих производственных объектах однороден и выражен преобладанием твердых частиц, относимых к спектрам калия и хлора. Морфология пылевых частиц отобранных образцов подтверждает химический состав выбросов предприятия. Большинство сфотографированных частиц имеет кристаллическую форму, характерную для солей — рис. 1.

Балансовый расчет состава пылевых выбросов от источников пылевыделения предприятия по добыче и переработке калийных солей по химическим веществам показал, что содержание хлористого калия в выбросах составляет от 68 до 99,2% (табл.).

Анализ отобранных образцов твердых выбросов на источниках пылевыделения установил наличие мелко-

дисперсных частиц PM 10 и PM_{2,5}. Диапазон выбрасываемых мелкодисперсных пылей находится по PM₁₀ от 0,0 до 48,7%, по PM_{2,5} 0,0 до 20,9%.

Полученные данные фактически представляют собой искомый «профиль выбросов» основных пылевых источников предприятия.

Выбросы склада готовой руды Соликамского рудоуправления были еще более однородными: доля хлористого калия составила $88,5 \pm 0,76\%$, хлористого натрия — $3,07 \pm 0,62\%$; хлористого алюминия — $2,03 \pm 0,83\%$; оксида алюминия — $0,4 \pm 0,2\%$. Прочие примеси не превысили в сумме 6,5% от общей массы. Доля частиц размерами менее 10 мкм включительно составляла от 13,1 до 26,6%. В составе этой фракции частицы менее 2,5 мкм включительно составили от 2,71 до 17,55% от общего объема.

Таким образом, «профиль выбросов» складов готовой продукции калийных рудников, на которых пересыпка материала является крупнейшим источником пыления, формируется на 86–88% выбросами хлористого калия. Одновременно в состав выбросов входит хлористый натрий и хлористый алюминий, доля которых не превышает 5–8%. Следовательно, в комплексе и в определенном соотношении данные примеси могут характеризовать влияние предприятия на загрязнение атмосферы, в том числе на границе СЗЗ.

Анализ дисперсного и компонентного состава твердых пылевых частиц на границе санитарной зоны показал, что доля частиц с размером более 10 мкм составляет 54,53%, до 10 мкм — 45,47%, до 2,5 мкм — 6,27%. Компонентный состав пылей был принципиально иным, чем «профиль» выбросов источников и отличался неустойчивостью. В разных пробах было идентифицировано более 15 различных компонентов, доля которых колебалась от 1 до 50%: среди идентифицированных примесей выделены: калий, натрий, магний, хлор, алюминий, железо, кремний, кальций, титан, марганец, медь. Осредненный «профиль» загрязнения на границе СЗЗ представлен на рисунке 2 и может быть описан следующим образом: оксид железа (III) — 30,28%, оксид кремния (IV) — 20,69%, карбонат кальция — 12,81%, хлорид калия — 7,08%, прочие примеси — 29,14%.

Как видно из представленных данных, содержание хлористого калия в пылевых частицах составляло около 7%, хлористого натрия — 2%.

Количественное измерение суммы взвешенных веществ на границе СЗЗ в период исследования показало отсутствие превышений гигиенических нормативов (ПДК_{с.с.} и ПДК_{м.р.}), однако концентрации мелкодисперсных частиц PM₁₀ находились близко к границе допустимого диапазона: максимальный уровень составил 0,93 ПДК_{с.с.} при ветрах со стороны источников на контрольную точку на границе СЗЗ. Вместе с тем, профиль (структура химического состава) пылевых загрязнений на границе СЗЗ существенно отличался от профилей выбросов изученных

источников прежде всего минимальной долей KCl и NaCl. Это позволило предполагать, что пылевое загрязнение на границе СЗЗ не формируется предприятием, а определяется иными, источниками (например, сдуванием пыли с открытых участков грунта, автомобильных дорог и т. д., пылевые выбросы иных производственных источников). Таким образом, контроль уровня взвешенных частиц на границе СЗЗ не характеризует влияния исследованных стационарных источников предприятия.

Выводы:

1. Профиль выбросов (структура химического и дисперсного состава) могут и должны являться основой для формирования программ производственного контроля на границе СЗЗ и обеспечивать оценку долевого вклада источников предприятия в общее загрязнение атмосферы.

2. Сумма взвешенных примесей на границе СЗЗ не является маркером воздействия, а программы контроля должны включать прямые измерения хлористого калия и натрия.

3. Для повышения надежности производственного контроля необходимо формирование профилей всех источников выбросов и обоснование на их основе программ производственного контроля не только твердых, но и газообразных примесей.

4. Данные профиля выбросов позволяют выполнить прогноз вероятности нарушения гигиенических нормативов на границе СЗЗ, а при необходимости доказывать, насколько реальные уровни загрязнения на границе СЗЗ определяются источниками хозяйствующего субъекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES п. 8)

1. Зайцева Н.В., Землянова М.А. Оценка нарушений протеомного профиля плазмы крови у детей при ингаляционной экспозиции мелкодисперсной пыли, содержащей ванадий // Анализ риска здоровью. — 2016. — № 1. — С. 26–33.
2. Зайцева Н.В., Май И.В., Макс А.А., Загороднов С.Ю. Анализ дисперсного и компонентного состава пыли для оценки экспозиции населения в зонах влияния выбросов промышленных стационарных источников // Гиг. и санит. — 2013. — № 5. — С. 19–23.
3. Липатов Г.Я., Адриановский В.И. Выбросы вредных веществ от металлургических корпусов медеплавильных заводов // Сан. врач. — 2013. — № 8. — С. 41–43.
4. Попов М.С., Хлудов Д.С., Поморцев А.А., Трубицына Д.А., Самсонов Р.С. Испытание прибора контроля запыленности воздуха пка-01 на пыли различного минералогического состава и происхождения // Вестн. НЦ по безопасности работ в угольной промышленности. — 2009. — № 1. — С. 64–70.
5. Рубанова Н.А. К вопросу о производственном экологическом контроле на предприятии // Традиционные национально-культурные и духовные ценности как фундамент инновационного развития России. — 2017. — Т. 1, № 11. — С. 58–60.
6. Сафаров А.М., Коноплева С.Н., Исачкина А.Я., Сафарова А.М. Обеспечение экологического мониторинга качества воз-

душного бассейна республики Башкортостан // Электронный научн. ж-л Нефтегазовое дело. — 2013. — № 4. — С. 436–447.

7. Янин Е.П. Химические элементы в пылевых выбросах электротехнических предприятий и их роль в загрязнении окружающей среды // Эко. сист. и приборы. — 2009. — № 2. — С. 53–58.

REFERENCES

1. Zaytseva N.V., Zemlyanova M.A. Evaluating disorders of serum proteomic profile in children under inhalation exposure to fine-dispersed dust containing vanadium // Analiz riska zdorov'yu. — 2016. — 1. — P. 26–33 (in Russian).

2. Zaytseva N.V., May I.V., Maks A.A., Zagorodnov S.Yu. Analysis of disperse and component contents of dust for evaluating human exposure in area of emissions by industrial stationery sources // Gig. i sanit. — 2013. — 5. — P. 19–23 (in Russian).

3. Lipatov G.Ya., Adrianovskiy V.I. Emissions of chemical hazards from metallurgic buildings of copper melting plants // Sanit. vrach. — 2013. — 8. — P. 41–43 (in Russian).

4. Popov M.S., Khludov D.S., Pomortsev A.A., Trubitsyna D.A., Samsonov R.S. Testing device monitoring air dust level PKA-01 on dust with various mineralogic contents and origin // Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noy promyshlennosti. — 2009. — 1. — P. 64–70 (in Russian).

5. Rubanova N.A. On occupational ecologic control on enterprise // Traditsionnye natsional'no-kul'turnye i dukhovnye tsennosti kak fundament innovatsionnogo razvitiya Rossii. — 2017. — Vol. 1. — 11. — P. 58–60 (in Russian).

6. Safarov A.M., Konopleva S.N., Isachkina L.Ya., Safarova A.M. Providing ecologic quality monitoring of air in Bashkortostan Republic // Elektronnyy nauchnyy zhurnal Neftgazovoe delo. — 2013. — 4. — P. 436–447 (in Russian).

7. Yanin E.P. Chemical elements in dust emissions of electro-technic enterprises and their role in environmental pollution // Ekol. sist. i pribory. — 2009. — 2. — P. 53–58 (in Russian).

8. Bódog I., K. Polyák and J. Hlavay Determination of chemical species in fly ash collected at different sources // Chemical Speciation and Bioavailability. — 1994. — P. 113–118.

Поступила 21.04.2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Май Ирина Владиславовна (May I.V.),

зам. дир. по науч. раб. ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН», д-р биол. наук, проф. E-mail: may@fcrisk.ru

Загороднов Сергей Юрьевич (Zagorodnov S.Yu.),

ст. науч. сотр. ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН». E-mail: zagorodnov@fcrisk.ru.

УДК 613.64: 616.717–057

Старкова К.Г., Долгих О.В., Кривцов А.В., Казакова О.А., Отавина Е.А.

ОСОБЕННОСТИ ИММУННОЙ РЕГУЛЯЦИИ И ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА У РАБОТАЮЩИХ НА ХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ГАЛОГЕНОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, Пермь, РФ, 614045

Проведено иммунологическое и генетическое обследование работающих на производстве галогенуглеводородов. Установлены изменения иммунной регуляции, которые характеризовались снижением фагоцитарной активности, повышением продукции сывороточных иммуноглобулинов IgG и межклеточных иммунных медиаторов интерлейкина-4 и интерлейкина-6 относительно показателей группы сравнения, превышением референтного интервала по содержанию специфического IgG к хлороформу. Выявленные иммунологические особенности были ассоциированы с повышенной частотностью минорного патологического генотипа по генам TLR4, ZMPSTE24 и eNOS, а также с возрастом частоты мутантного аллеля CYP1A1, IL-17F и VEGFA в группе наблюдения за счет распространенности гетерозиготного варианта генотипа. Получены данные об особенностях иммунной регуляции и генетической вариативности у работающих в условиях химического производства галогенорганических соединений, характеризующиеся нарушением детоксикации, эндотелиальной дисфункцией, иммунной цитокиновой дисрегуляцией и специфической сенсibilизацией.

Ключевые слова: галогенуглеводороды; цитокины; генетический полиморфизм

Starkova K.G., Dolgikh O.V., Krivtsov A.V., Kazakova O.A., Otavina E.A. **Features of immune regulation and genetic polymorphism in workers engaged into chemical production of halogen organic compounds.** Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82, Monastyrskaya str., Perm, Russian Federation, 614045