

УДК 613.6:331.4:628.5

**ИММУНОТОКСИЧЕСКИЕ И ГЕНОТОКСИЧЕСКИЕ РИСКИ
ПРИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ПОЛИЭТИЛЕНОВ**

© 2015 Л.Р. Тухватуллина, Л.З. Рашитов, С.Н. Габидуллина, Г.Х. Мавлютова

Казанский государственный медицинский университет.

Статья поступила в редакцию 23.11.2015

Представлены результаты оценки условий труда на производствах термической переработки полиэтиленов с учетом вредных факторов малой и средней интенсивности, предложены критерии раннего выявления и оценки профессионального риска методами иммунодиагностики и изучения цитогенетических показателей.

Ключевые слова: *производственная среда, термопереработка, полиэтилен, иммунная система, хромосомные aberrации*

Объемы производства и потребления пластмассовой продукции (пластических масс, синтетических смол, химических волокон и нитей) на душу населения в России в 2005 г. составили 25,9 кг/чел, к 2012 г. возросли на 8-9%. Однако эти показатели отстают от развитых зарубежных стран: от США - в 10 раз (276,4 кг/чел.), от Японии - в 4 раза (104,5 кг/чел). Развитие производства полимерных изделий - одна из приоритетных задач государственной экономической политики [5, 6]. Согласно стратегии развития химической и нефтехимической промышленности России на период до 2015 г. из основных видов продукции спрос на полиэтилены вырастет на 204,8% в сравнении с 2006 г. [2]. Особенностью производств по термопереработке полиэтиленов является комбинированное, интермиттирующее воздействие малых концентраций сложного комплекса химических соединений [1, 10]. Известно, что воздействие вредных веществ в концентрациях ниже регламентированных не вызывает развития у работающих профессиональной патологии в обычном представлении, а возникающие изменения в состоянии здоровья носят «скрытый» характер и могут проявляться в виде отдаленных эффектов. При оценке профессионального риска актуальным является активное выявление характера и объемов нарушений в состоянии здоровья с помощью чувствительных и надежных методов исследования.

Тухватуллина Лилия Рашитовна, кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры общей гигиены с курсом радиационной гигиены. E-mail: tlr37@mail.ru
Рашитов Ленар Зулфарович, доктор медицинских наук, доцент кафедры общей гигиены с курсом радиационной гигиены. E-mail: rashitov_lenar@mail.ru
Габидуллина Светлана Назаровна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей гигиены с курсом радиационной гигиены. E-mail: mar228@mail.ru
Мавлютова Гузель Хурматовна, аспирантка. E-mail: otlichnica2006@mail.ru

Цель исследования: стало изучение клеточного звена иммунной системы и генотоксических эффектов у работающих на производствах термической переработки полиэтиленов методами литья и непрерывной экструзии.

Методики исследования. При оценке условий труда обследовано 32 рабочих местах трех предприятий г. Казани: ООО «Гамма-Синтез», ЗАО «Синтез-Сандра» и АО «Хитон», осуществляющих термическую переработку полиэтиленов высокого и низкого давления (ПЭВД и ПЭНД). Среднесменные концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны определяли в более расширенном диапазоне, чем рекомендовано санитарными требованиями безопасности согласно ГОСТ 16338-85 Полиэтилен низкого давления (высокой плотности), ГОСТ 16337-77 Полиэтилен высокого давления (низкой плотности), ГОСТ 10354-82. Пленка полиэтиленовая. ТУ.

Для анализа легколетучих фракций парогвоздушной смеси, выделяющейся при термоокислительной деструкции полимеров (формальдегид, ацетальдегид, этиленоксид) использовались общепринятые в промышленно-санитарной химии методики. Определение труднолетучих компонентов, типа насыщенных углеводородов, сложных спиртов, эфиров и альдегидов, продуктов превращения высококипящих компонентов (бутиролактон, и продукты окисления капролактама - амиды) проводилось по оригинальной методике с помощью метода ИК-спектрофотометрии [4, 7, 9]. Использовался ИК-спектрометр модель 983-G фирмы Perkin-Elmer с набором сервисных приставок и подпрограмм накопления, растяжки и автоматической обработки спектров.

Для оценки профессиональных иммуно-токсических и генотоксических рисков от экспонирования продуктами термоокислительной деструкции полиэтиленов были отобраны условно

здоровые люди, не состоящие на диспансерном учете, не имеющие в профессиональном анамнезе других контактов с вредными условиями труда, и являющиеся однородными по полу и возрасту.

Иммунологические исследования включали изучение популяций и субпопуляций лимфоцитов, фагоцитарной активности нейтрофилов, фагоцитарного числа и абсолютного фагоцитарного показателя (АФП), метаболической активности нейтрофилов (НСТ-тест) в спонтанном и индуцированном вариантах по методу В. Park et al. (1968) в модификации М.Е. Виксмана и А.Н. Маянского (1979) [3, 8, 12]. Всего обследовано 86 переработчиков полиэтиленов: 47 женщин и 39 мужчин в возрасте 23-56 лет и стажем работы 1-26 лет. Контрольная группа состояла из 22 женщин и 10 мужчин в возрасте 21-52 лет, не подвергающихся воздействию вредных производственных факторов.

Цитогенетические исследования лимфоцитов периферической крови провели по методике Н. Evans (1976): учитывали уровень индукции хромосомных aberrаций (ХА), превышающих спонтанный уровень [11]. Средняя частота клеток с хромосомными aberrациями составляет 1,2%, а число aberrаций на клетку - 0,0124. Расчетное число необходимых наблюдений составило 10753. В основную группу вошли 52 человека в возрасте от 20 до 58 лет (21 женщина, 31 мужчина). В контрольной группе было 60 человек в возрасте от 19 до 56 лет (25 женщин, 35 мужчин), не имевших профессионального контакта с вредными веществами и проживающих на территории и окрестностях г. Казани. У каждого донора исследовали по 100 метафазных пластинок. Наряду с учетом ХА, учитывали изменение количества хромосом (геномные повреждения), а также проводили кариотипирование препаратов.

Результаты исследования и анализ. Условия труда на рабочих местах полимерпереработчиков представлены сочетанием химического фактора с комплексом физических (микроклимат, шум, недостаточное освещение) факторов. Характерным для труда было обслуживание одним работающим до 3-х термопластавтоматов и до 2-х пленочных экструдеров. Исследование воздушной среды показало, что значимыми для гигиенического контроля являются не только легколетучие компоненты продуктов термоокислительной деструкции полиэтилена, контролируемые в обычной практике (ацетальдегид, формальдегид, оксид этилена), но и труднолетучие компоненты, присутствующие, как при литье изделий, так и при экструзии пленки. Это - насыщенные углеводороды, высшие спирты, сложные эфиры и альдегиды, а также смеси продуктов превращения высококипящих компонентов и окисления капролактама (по бутиролактону и амиду). Наибольшее содержание вредных веществ в воздухе рабочей

зоны отмечается на рабочих местах литейщиков крупных и малых полимерных изделий. Качественное разнообразие компонентов химических загрязнителей преобладает на рабочих местах литейщиков крупных и малых полимерных изделий.

Условия труда при термической переработке полиэтиленов в основном, соответствовали 3.1. и 3.2. классам условий труда (тяжесть трудового процесса, микроклимат и химический фактор). Общая гигиеническая оценка рабочих мест по комплексной нагрузке на рабочего всех производственных факторов выявила различия обусловленные половой принадлежностью работающего, сменностью работы, видом и количеством оборудования и изготавливаемой продукции.

Так как часть из обнаруживаемых в воздухе рабочей зоны вредных веществ обладают мутагенным эффектом, а их концентрации носят подпороговый уровень, скорее всего степень повреждения здоровья работающего будет зависеть от сменности работы, определяющей суммарную (дозовую) нагрузку. Таким образом, ориентироваться только на название рабочего места (профессии) было бы ошибкой. Для иммунологических и цитогенетических исследований разделение доноров по профессиональному признаку было проведено с учетом наших исследований по оценке условий труда в соответствии с различиями по дозовой токсикологической нагрузке. Все они были разделены на три основные группы: I группа - лица, изготавливающие крупные литьевые изделия массой 0,15-4,5 кг методами литья и раздувного формования, работающие на термопластавтоматах (литейщики крупных изделий (ЛКИ)); II группа - лица, изготавливающие мелкие литьевые изделия (до 0,15 кг) методами литья и раздувного формования, работающие на термопластавтоматах и экструдерах (литейщики мелких изделий (ЛМИ)), III группа - лица, изготавливающие полиэтиленовую пленку и работающие на пленочных экструдерах (машинисты пленочных экструдеров (МПЭ)).

Анализ общего количества лейкоцитов и пропорционального соотношения форменных элементов белой крови (лейкоформулы) у доноров опытной и группы сравнения показал, что средние величины показателей для всех групп были в пределах допустимых физиологических границ (табл. 1). В группе МПЭ в сравнении с группой сравнения были достоверно ($P < 0,05$) выше абсолютное содержание лейкоцитов и моноцитов (относительные лейкоцитоз и моноцитоз).

В группе ЛКИ сравнение средних величин показателей лейкоформулы выявило достоверно высокое содержание моноцитов и сегментоядерных лейкоцитов, но достоверно снижено содержание лимфоцитов. У ЛМИ отмечено повышенное

количество эозинофилов, базофилов и моноцитов, которые, однако, не имели статистически достоверных отличий от группы сравнения. Сравнение профессиональных групп между собой

выявило разнородность реагирования иммунной системы, как по абсолютному количеству лейкоцитов, так и по пропорциональному соотношению форменных элементов белой крови.

Таблица 1. Средние значения и ошибка ($M \pm m$) выборочных распределений значений абсолютного числа лейкоцитов и форменные элементы крови у доноров опытной и группы сравнения

Показатель, единицы измерения	Группа сравнения	МПЭ	ЛКИ	ЛМИ
общее число лейкоцитов, $\cdot 10^9 / \text{л}$	$4,88 \pm 0,25$	$6,08 \pm 0,31^*$	$5,31 \pm 0,27^{**}$	$4,75 \pm 0,28^{**}$
сегментоядерные, %	$55,44 \pm 1,73$	$55,64 \pm 2,11^{***}$	$59,26 \pm 1,22^*$	$53,76 \pm 2,11^{***}$
эозинофилы, %	$2,18 \pm 0,32$	$2,96 \pm 0,53$	$2,45 \pm 0,36$	$2,76 \pm 0,48$
базофилы, %	$0,28 \pm 0,09$	$0,18 \pm 0,09$	$0,31 \pm 0,11$	$0,47 \pm 0,19$
моноциты, %	$3,59 \pm 0,47$	$5,11 \pm 0,47^*$	$5,11 \pm 0,44^*$	$4,66 \pm 0,62$
лимфоциты, %	$37,18 \pm 1,56$	$36,21 \pm 2,03^{***}$	$32,88 \pm 1,26^*$	$38,28 \pm 2,19^{***}$

Примечание: * различия с группой сравнения; ** различия всех литейщиков с МПЭ; *** различия всех литейщиков с ЛКИ; при $P < 0,05$, $T > 1,96$

Наиболее заметные изменения обнаружены в группах ЛКИ - (абсолютный лейкоцитоз, нейтрофильный лейкоцитоз, лимфоцитопения, моноцитоз), и МПЭ - абсолютный лейкоцитоз, относительные моноцитоз, лимфоцитоз, эозинофилия и нейтропения. ЛМИ отличались от других профессиональных групп повышенным количеством эозинофилов, базофилов и моноцитов, осуществляющих функции фагоцитоза в иммунном ответе.

Большое разнообразие веществ раздражающего действия в составе воздушных загрязнителей побудило нас тщательно проанализировать содержание эозинофилов. Так как средние величины не имели достоверных отличий, то мы сравнили группы по количеству лиц, у которых относительное содержание эозинофилов превышало верхнюю границу физиологической нормы в 6%. Таковые лица преобладали в группе МПЭ (рис. 1).

Детальная оценка клеточного иммунитета выявила лимфоцитопению только в группе ЛКИ (табл. 2). Содержание Т-лимфоцитов с маркером главного комплекса гистосовместимости HLA-DR

было достоверно высокое в профессиональных группах литейщиков, по сравнению с группой сравнения ($P < 0,05$). У МПЭ этот показатель был ниже контрольных усредненных величин, и достоверно ($P < 0,01$) ниже значений литейщиков пластмасс.

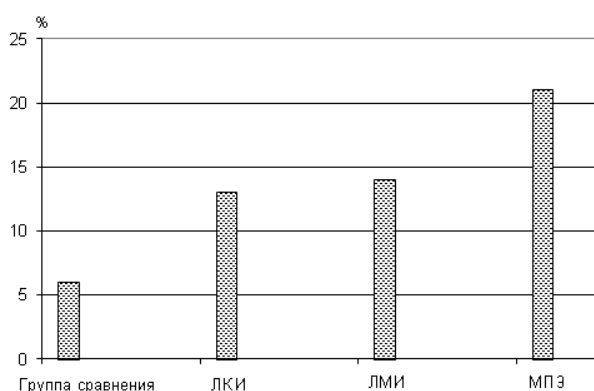


Рис. 1. Количество лиц (в %) с повышенным содержанием эозинофилов в периферической крови среди доноров изучаемых групп

Таблица 2. Сравнение средних величин выборочных распределений значений абсолютного числа лейкоцитов и показателей клеточного иммунитета в изучаемых группах

Показатель,	Группа сравнения $M \pm m$	ЛКИ, $M \pm m$	ЛМИ, $M \pm m$	МПЭ, $M \pm m$
абс. число лейкоцитов, $\cdot 10^9 / \text{л}$	$4,88 \pm 0,25$	$5,31 \pm 0,27$	$4,75 \pm 0,28$	$6,08 \pm 0,31^*$
лимфоциты, %	$39,16 \pm 1,81$	$32,88 \pm 1,26^*$	$38,28 \pm 2,19$	$36,21 \pm 2,03$
Т - лимф. CD3, %	$71,62 \pm 1,69$	$70,94 \pm 1,08$	$74,8 \pm 1,41^{**}$	$69,0 \pm 1,23$
Т- хелперы, %	$44,31 \pm 1,24$	$42,55 \pm 0,89$	$44,71 \pm 1,4$	$40,44 \pm 1,29^*$
Т- супрессоры, %	$37,0 \pm 1,6$	$39,24 \pm 1,01$	$34,04 \pm 1,83^{***}$	$38,61 \pm 1,33$
Tx\Tc	$1,27 \pm 0,07$	$1,11 \pm 0,07$	$1,2 \pm 0,07$	$1,10 \pm 0,06$
NK - клетки, %	$17,09 \pm 1,38$	$19,11 \pm 2,72$	$14,09 \pm 1,03^{**}$	$20,07 \pm 1,34$
HLA-DR, %	$8,19 \pm 0,93$	$12,24 \pm 1,36^*$	$11,81 \pm 1,33^*$	$6,96 \pm 0,74^{***}$

Примечание: * различия с группой сравнения; ** различия с МПЭ; *** различия с ЛКИ при $P < 0,05$, $T > 1,96$

Так, в группе МПЭ абсолютное усредненное число Т-лимфоцитов (СД3) – самое высокое, что очевидно на фоне отмеченного ранее большего количества общей массы лейкоцитов и относительного лимфоцитоза. Однако процентное содержание Т-лимфоцитов СД3 в общем объеме лейкоцитов наименьшее (рис. 2).

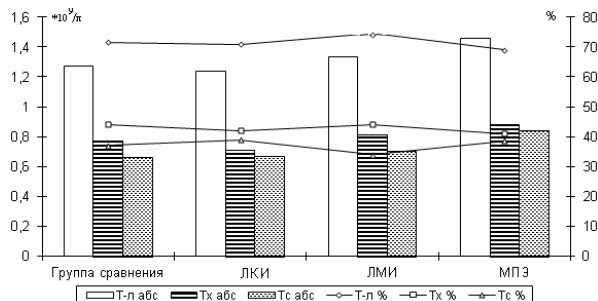


Рис. 2. Содержание субпопуляций Т-лимфоцитов в абсолютных и относительных единицах в периферической крови доноров опытной и группы сравнения

Видно, что линия абсолютных значений Т-лСД3, со снижением в группе ЛКИ и подъемом в группе МПЭ, повторяется в абсолютных цифрах другими пулами Т-лимфоцитов (хелперами и супрессорами), представленными на диаграмме. Анализ относительных величин выявил негативные тенденции в балансе лимфоцитов хелперной и супрессорной направленности. Так, снижение относительного числа Т-лСД3 в группе МПЭ по сравнению с другими группами сопровождается повышенными пропорциями Т-л супрессоров и

меньшими значениями Т-л хелперов. В группе ЛКИ на фоне относительной лимфоцитопении различия в процентном содержании Т-х и Т-с также минимальные.

Анализ разброса изучаемых показателей от нижних и верхних пределов их физиологических норм, которыми пользуются в лаборатории, проводившей анализ, позволило обнаружить ряд интересных фактов. Среди доноров группы сравнения было значительное количество лиц, у которых относительное число Т-лимфоцитов как помощников, так и супрессоров, превышало верхние границы физиологической нормы (31% и 80% соответственно), что дало равноценное расширение границ за нижний и верхний пределы показателя их соотношения (Тх/Тс). Тогда как у 86-95% доноров, термообработчиков полиэтиленов, численность Т-лимфоцитов супрессорной направленности находилась за верхними пределами физиологической нормы.

Сравнение средних величин не дало достоверных различий индекса соотношения популяций Т-лимфоцитов хелперной и супрессорной направленности. Показатели соотношения между субпопуляциями Т-лимфоцитов были меньше их физиологического минимума в контрольной группе у 43% лиц, а среди термообработчиков таковых выявлено от 38% до 63%, причем более 50% у МПЭ и ЛКИ. Негативное соотношение Тх/Тс со значением менее 1,0 было почти у каждого третьего из лиц, занятых термической переработкой полиэтиленов, в то время как в группе сравнения таких людей было вдвое меньше (табл. 3.)

Таблица 3. Количество доноров, включенных в исследование, имеющих соотношение субпопуляций Т-лимфоцитов Тх/Тс ниже физиологической нормы

Показатель соотношения	Группа сравнения		ЛКИ		ЛМИ		МПЭ	
Тх/Тс	< 1	< 1,2	< 1	< 1,2	< 1	< 1,2	< 1	< 1,2
% от числа доноров группы	15	43	34	58	28	38	33	63

Анализ средних величин в содержании НК-клеток показал, что они в пределах физиологических норм. При дополнительном рассмотрении выявлено преобладание числа лиц в опытных группах ЛКИ и МПЭ по сравнению с группой сравнения, у которых количество НК-клеток превышали значение верхнего норматива физиологических границ (8-22%). В группе ЛМИ усредненный показатель был ниже, чем в группе сравнения и достоверно отличался от других профессиональных групп, что обусловлено малым количеством доноров с высоким содержанием лимфоцитов натуральных киллеров (НК-клеток).

В группе сравнения выявлено влияние пола на относительные величины НК-клеток, что

заставило нас провести сравнение в профессиональных группах с учетом этого фактора. Анализ показал, что у женщин-ЛМИ содержание НК-клеток не отличается от группы сравнения, а в группе женщин-ЛКИ остается повышенным, как в абсолютных, так и в относительных значениях. У мужчин-термопереработчиков не выявлено достоверных отличий от контрольных величин. Среди лиц опытной группы, перерабатывающих полиэтилены методом литья, по сравнению с МПЭ было больше тех, у кого содержание Т-лимфоцитов с маркером главного комплекса гистосовместимости HLA-DR выходит за верхний предел нормы (табл. 4).

Таблица 4. Процентные соотношения вариантов индивидуального реагирования показателей клеточного иммунитета относительно границ физиологических норм среди лиц, занятых термической переработкой полиэтиленов, и в группе сравнения

Показатель	Группа сравнения		ЛКИ		ЛМИ		МПЭ	
	↓ %	↑ %	↓ %	↑ %	↓ %	↑ %	↓ %	↑ %
Tx/Tc	15		34		28		33	
HLA-DR	35	16	13	29	9	28	39	7
NK - клетки	12%	26%	5%	50%	19%	9%	7%	61%

Таким образом, у лиц, занятых термической переработкой полиэтиленов, выявлены изменения в показателях клеточного иммунитета, не характерные для группы сравнения. В группе ЛМИ наблюдается снижение Т-лимфоцитов супрессоров. Известно, что снижение их активности (функции) сопровождается повышением уровня эозинофилов в крови, этот факт подтверждается

нашими наблюдениями. Уровень функциональной активности Т-клеточного звена иммунной системы во многом ассоциируется с уровнем фагоцитарной активности. Поэтому наш анализ включает исследование показателей бактерицидности циркулирующего пула фагоцитирующих клеток в тесте с нитросиним тетразолием (НСТ-тест) (табл. 5).

Таблица 5. Средние величины выборочных распределений значений НСТ-теста у доноров в группах лиц, занятых термической переработкой полиэтиленов, и группы сравнения

Показатель НСТ-теста, %	Группа сравнения	ЛКИ	ЛМИ	МПЭ
спонтанный	18,75±3,39	9,0±1,02*	8,75±1,66*	9,35±1,76*
стимулированный	30,68±3,18	26,73±2,52	27,38±3,62	21,81±3,24*

Примечание: * - различия средних с группой сравнения, при $P < 0,05$, $T > 1,96$

Снижена бактерицидная (метаболическая) активность нейтрофилов в спонтанной реакции у лиц из всех профессиональных групп: депрессия бактерицидного потенциала фагоцитирующих клеток более выражена в группе МПЭ, что подтверждается по стимулированному НСТ-тесту. Фагоцитарная активность нейтрофилов у доноров-машинистов наиболее высокая. Ожидавшийся высокий уровень фагоцитоза в группе ЛМИ в связи с повышенным количеством пула фагоцитирующих клеток не оправдался: у доноров данной группы самые низкие показатели, как по фагоцитарной активности нейтрофилов, так и по среднему числу фагоцитированных клеток *Str.aureus*, и соответственно - АФП.

Таким образом, лица, имеющие более «тонкую» токсическую нагрузку (ЛМИ и МПЭ) обнаруживают более выраженные иммунологические

нарушения в клеточном звене иммунитета. Разнонаправленность выявленных нарушений, вероятно, обусловлена качественным составом веществ, выделяющихся при литье и экструзии, отличающихся продолжительностью термической нагрузки на полимер. Не следует исключать и то, что при изготовлении пленки применяют в качестве сырья ПЭВД, а малые литьевые изделия преимущественно изготавливают из ПЭНД (до 70%) с периодическим добавлением «дробленки» (вторичного сырья). Уровень ХА в 100 клетках, установленный нами в группе сравнения, соответствовал спонтанному популяционному уровню, характерному для нашего региона ($1,18 \pm 0,12$). Оценка уровня генетических повреждений методом учета хромосомных aberrаций в лимфоцитах периферической крови обследованных лиц представлена в табл. 6.

Таблица 6. Среднее число хромосомных aberrаций на 100 клеток и пределы вариации частоты хромосомных aberrаций (ЧХА) у рабочих, занятых термической переработкой полиэтилена, и в группе сравнения

Обследованные группы	Общее число проанализированных метафаз	Пределы вариации ЧХА	Число aberrаций на 100 клеток, $M \pm m$	Вероятность различий с контролем, P
группа сравнения, n=44	4400	0 - 4	$1,18 \pm 0,12$	-
ЛКИ, n=13	1300	1 - 5	$3,10 \pm 0,12$	$< 0,01$
ЛМИ, n=19	1900	0 - 5	$2,9 \pm 0,1$	$< 0,01$
МПЭ, n=23	2300	1 - 5	$2,8 \pm 0,24$	$< 0,05$

Усредненные значения общего уровня ХА у лиц из основных групп по термической переработке ПЭ достоверно различались ($P < 0,01$; $P < 0,05$) по сравнению с группой сравнения (табл. 7). Абсолютный риск (R) повышения частоты ХА для всех термопереработчиков составляет 0,67, а для

лиц группы сравнения - 0,046, то есть если в группе сравнения у 4-5 человек из ста возможно повышение числа ХА выше трехпроцентного уровня, то в группе термопереработчиков ПЭ эта возможность появляется у 61 человек из сотни работающих.

Таблица 7. Риски повышения уровня хромосомных aberrаций более 3% у лиц, занятых термической переработкой ПЭ

Показатели риска		Всего	ЛКИ	ЛМИ	МПЭ
абсолютный риск, R		0,61	0,61	0,58	0,63
относительный риск, ОР		13,22	13,26	12,58	13,73
стандартизованный риск, СОР	по полу	13,19	12,76	13,62	13,03
	по возрасту	9,54	10,36	12,55	8,97

Относительный риск (ОР) в различных группах термопереработчиков практически не отличался (от 12,58 до 13,73). В то же время стандартизация относительного риска (СОР) у термопереработчиков по полу и возрасту показала, что около 30% риска в условиях экспозиции определялось возрастным фактором. По результатам однофакторного дисперсионного анализа ($\eta = 0,0026$), влияние пола оказалось незначительным (0,26%). СОР по полу составил 13,19, по возрасту - 9,54. Вклад вида термообработки на показатель общего уровня ХА также был незначителен, составляя 2,7%. Значимость способов термической переработки ПЭ выявлена как более весомая при проведении оценки структуры ХА и других генотоксических эффектов.

Выводы:

1. Работа в условиях термической переработки полиэтиленов оказывает влияние на состояние клеточного иммунного ответа работающих, зависящее от стажа. Это проявляется в относительной лимфоцитопении только в группе ЛКИ, снижении соотношения Тх/Тс за счет увеличения доли Тс у доноров всех опытных групп. Повышение числа НК-клеток выявлены у женщин-ЛКИ.

2. Обнаруженные изменения в иммунном статусе работающих на производствах термической переработки ПЭ показывают наличие ущерба здоровью, обусловленного производственной деятельностью, преимущественно проявляющегося в группе лиц, занятых экструзией пленки и изготовлением малых литевых изделий. Изменения в клеточном звене иммунитета могут явиться предпосылками развития аутоиммунных процессов и онкологической патологии.

3. Вид переработки ПЭ, по результатам факторного анализа, практически одинаково влиял на формирование типов хромосомных aberrаций и на образование фрагментов (соответственно 12% и 13,3%), вклад в развитие более серьезных структурных повреждений (кольцевые aberrации) был сильнее (16,2%). И уже каждое четвертое

геномное повреждение было обусловлено способом термической переработки ПЭ, то есть комплексом производственных факторов, присутствующих на рабочих местах либо литейщиков, либо МПЭ. В группу повышенного риска возникновения геномных нарушений мы выделили женщин и лиц в возрасте до 30 лет.

4. Вышеуказанные методы иммунодиагностики и цитогенетических исследований могут быть применены для раннего выявления и оценки рисков повреждающего действия вредных факторов малой и средней интенсивности в полимерной индустрии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Амиров, Н.Х. Производственные факторы при термической переработке ПЭВД и ПЭНД и проблема оценки их повреждающего действия на организм работающих (обзор) / Н.Х. Амиров, Л.Р. Тухватуллина // Казанский медицинский журнал. 1998. №2. С. 198-202
- Артёмов, А.В. Анализ стратегии развития нефтехимии до 2015 года / А.В. Артемьев, А.В. Брыкин, М.Н. Иванов и др. // Российский химический журнал. 2008. Т. LII, № 4. С. 6-7.
- Виксман, М.Е. Способ оценки функциональной активности нейтрофилов человека по реакции нитросинего тетразолия / М.Е. Виксман, А.Н. Маянский // Методические рекомендации. - Казань, 1979. 15 с.
- Инфракрасные спектры поглощения полимеров и вспомогательных веществ. Под ред. д-ра. физ.-мат. наук, проф. В.М. Чулановского. - Л.: Химия, 1969. 240 с.
- Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г., утв. распоряжением Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. №1662-р // Собрание законодательства РФ, 24.11.2008, №47, ст. 5489
- Кравец, Ю. Все флаги в гости (к итогам Форума IРТФ-2014). // Пластикурьер. 2014. №1. С. 26-33 (электронная версия)

7. *Лейте, В.* Определение загрязнений воздуха в атмосфере и на рабочем месте: Пер. с нем. *А.Ф. Даиш-кевича*. - Л.: Химия, 1980. 246 с.
8. *Нагоев, Б.С.* Значение теста восстановления нитросинего тетразолия для изучения функциональной активности нейтрофилов / *Б.С. Нагоев, М.Г. Шубич* // Лабораторное дело. 1981. №4. С. 195-198.
9. *Перегуд, Е.А.* Химический анализ воздуха. - Л.: Химия, 1976. 328 с.
10. *Хамитова, Р.Я.* О ранних признаках почечной патологии при химических воздействиях малой интенсивности / *Р.Я. Хамитова, О.Н. Суитова, А.Т. Заббарова* // Гигиена и санитария. 1993. № 11. С. 27-29.
11. *Evans, H.J.* Cytological methods for detecting chemical mutagens. In Hollaender A. Ed.// Chemical mutagens: principles and methods for their detection. - New York, London, Plenum Press, 1976. Vol. 4. P. 1-29.
12. *Park, B.* Infection and nitrobluetetrasolium: a diagnostic aid / *B. Park, S. Fikrig, E. Swithwick* // Lancet. 1968. Vol. 11. P. 165-183.

IMMUNOTOXIC AND GENOTOXIC RISKS AT INDUSTRIAL PROCESSING OF POLYETHYLENE

© 2015 L.R. Tukhvatullina, L.Z. Rashitov, S. N. Gabidullina, G. H. Mavlyutova

Kazan State Medical University

Results of assessment the working conditions on productions of polyethylene thermal processing taking into account harmful factors of small and average intensity are presented, criteria of early identification and the assessment of professional risk by methods of immunodiagnosics and studying the cytogenetic indicators are offered.

Key words: *production environment, thermoprocessing, polyethylene, immune system, chromosomal aberrations*

Liliya Tukhvatullina, Candidate of Medicine, Senior Lecturer at the Department of Common Hygiene with the Course of Radiation Hygiene. E-mail: tlr37@mail.ru

Lenar Rashitov, Doctor of Medicine, Associate Professor at the Department of Common Hygiene with the Course of Radiation Hygiene. E-mail: rashitov_lenar@mail.ru

Svetlana Gabidullina, Candidate of Medicine, Associate Professor at the Department of Common Hygiene with the Course of Radiation Hygiene. E-mail: mar228@mail.ru

Guzel Mavlyutova, Post-graduate Student. E-mail: otlichnica2006@mail.ru