

УДК 615.9(546.49):577.115

## ДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА У РАБОЧИХ, КОНТАКТИРУЮЩИХ С РТУТЬЮ

Кудаева И.В., Бударина Л.А.

*Ангарский филиал ФГБУ «Восточно-Сибирский научный центр экологии человека»  
СО РАМН – НИИ медицины труда и экологии человека, Ангарск, e-mail: kudaeva\_irina@mail.ru*

Целью исследования явилось изучение влияния производственного контакта с парами металлической ртути на нарушения в липидном обмене. Сравнение межгрупповых значений содержания холестерина, его фракций, триглицеридов, липопротеидов различной плотности и расчетных показателей проводили путем сравнения количественных признаков в двух связанных выборках с помощью критерия Wilcoxon. Проверку нулевой гипотезы об отсутствии различий между тремя независимыми группами проводили при помощи рангового анализа вариаций Kruskal-Wallis ANOVA. Последующие попарные сравнения групп осуществляли с использованием непараметрического U-критерия Mann-Whitney, применяя поправку Бонферрони. Анализ вида зависимостей количественных признаков липидного обмена от профессии, возраста и стажа экспозиции ртутью проводился методом множественной нелинейной регрессии. Проведенные исследования позволили установить, что в процессе производственного контакта с ртутью наблюдалось статистически значимое ухудшение показателей липидного обмена. Выявлено увеличение индекса атерогенности, изменившегося за счет возрастания концентрации как общего холестерина, так и проатерогенных изменений со стороны его фракций при общегрупповом обследовании. Анализ метаболизма липидов в профессиональных группах показал, что у аппаратчиков с увеличением стажа работы наблюдался дисбаланс между фракциями холестерина атерогенной направленности, а в группе слесарей и ИТР увеличение стажа работы сопровождалось увеличением уровня общего холестерина.

**Ключевые слова:** показатели липидного обмена, воздействие ртути, динамическое исследование

## DYNAMIC STUDY OF LIPID METABOLISM IN EMPLOYEES EXPOSED TO MERCURY

Kudayeva I.V., Budarina L.A.

*Research Institute of Occupational Medicine and Human Ecology – FSBE ESSCHE SD RAMS,  
Angarsk, kudaeva\_irina@mail.ru*

The results of the dynamic study on the changes in the main metabolism indices of the lipids in the operators of mechanical devices, the metal workers repairing the equipment, the engineers and other technical workers working at the caustic production are represented in this paper. This study aimed to investigate the correlation between the production exposure to the metallic mercury vapours and the disorders in the lipid metabolism. The studies performed have allowed to reveal that the statistically significant index worsening of the lipid metabolism was observed to occur in the process of the production exposure to mercury. The index increase in the atherogenicity which may change due to the increase in the concentration both as the cholesterol total and the pro-atherogenic alterations in its fractions in the whole-group has been revealed. The analysis of the lipid metabolism in the occupational groups has shown that the disbalance between the cholesterol fractions of the atherogenic direction was observed to occur in the operators of mechanical devices with the increase in the working time period duration was found to be followed by the increase in the cholesterol total level in the metal workers and the engineers and other technical workers.

**Keywords:** lipid metabolism indices, exposure to mercury, dynamic study

Ртуть является одним из наиболее опасных токсикантов для здоровья человека [1,3]. В Иркутской области долгое время действовал ряд предприятий, использующих ртуть в процессе производства каустика и хлора методом ртутного электролиза. Ретроспективная оценка загрязнения воздуха рабочей зоны данных предприятий показала, что содержание данного токсиканта в несколько раз превышало ПДК. При этом наибольшему токсическому воздействию подвергались аппаратчики и слесари цехов электролиза и регенерации ртутьсодержащих шламов [7].

Выполненные ранее поперечные когортные исследования работающих в контакте с ртутью выявили наличие изменений показателей, характеризующих обмен липидов [4], а изучение липидного обмена у лиц с диагнозом хроническая ртутная интоксикация

(ХРИ) установило высокую распространенность отклонений показателей от референтных величин атерогенной направленности [4, 8]. Тем не менее проведенные исследования не позволили однозначно связать временные параметры контакта с токсикантом, дозную нагрузку на организм работающих с изменениями изученных показателей.

В связи с вышеизложенным целью настоящего исследования явилось изучение влияния производственного контакта с парами металлической ртути на нарушения липидного обмена.

### Материал и методы исследования

Для реализации поставленной цели проведено проспективное когортное исследование (в 2005 и 2009 гг.) показателей липидного обмена у 62 работающих в производстве каустика. Основные профессиональные группы обследуемых были представлены

аппаратчиками, слесарями (по ремонту оборудования, КИП), а также инженерно-техническими работниками (ИТР). В соответствии со стажем работы в условиях производственного контакта с ртутью на момент первого обследования все лица были разделены на четыре когорты: 1 группу составили рабочие, имеющие стаж менее 5 лет, 2 – со стажем от 5 до 10 лет, в 3 группу вошли обследуемые, экспонированные токсикантом с 10 до 15 лет, 4 – свыше 14 лет.

Для исследования показателей метаболизма липидов отбирали 10 мл крови из локтевой вены после 12-часового голодания. В свежих образцах сыворотки крови определяли показатели липидного обмена: содержание общего холестерина (ОХ), холестерина на липопротеидов высокой плотности (ХС ЛПВП), триглицеридов (ТГ) на анализаторе «Cormay multi» с использованием стандартных тест-наборов. Содержание фракций холестерина – липопротеидов низкой и очень низкой плотности (ХС ЛПНП и ХС ЛПОНП соответственно) рассчитывали по формуле Friedwald [4], индекс атерогенности (ИА) определяли соотношением атерогенных фракций холестерина к неатерогенным. Фракции липопротеидов (ЛП) исследовали электрофоретическим методом на агарозном геле «Hydrogel Lipo+Lp(a)K20» («Cormay») на оборудовании той же фирмы.

Исследования выполнены с информированного согласия обследуемых и соответствуют этическим нормам Хельсинкской декларации (2000) и Приказа Минздрава РФ №266 (от 19.06.2003).

Статистическую обработку результатов осуществляли при помощи ППП «Statistica 6.0». Для сравнения количественных признаков в двух связанных

выборках был применен Wilcoxon Matched Pairs Test. Проверку нулевой гипотезы об отсутствии различий между тремя независимыми группами проводили при помощи рангового анализа вариаций Kruskal-Wallis ANOVA. В обоих случаях различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Последующие попарные сравнения групп осуществляли с использованием непараметрического U-критерия Mann-Whitney, применяя поправку Бонферрони при оценке значения  $p$ . В этом случае различия считали статистически значимыми при  $p < 0,017$ . Результаты исследований представлены в виде медианы (Med), верхнего (Q25) и нижнего (Q75) квартилей. Корреляционная связь между показателями оценивалась при помощи коэффициента ранговой корреляции Spearman. Анализ вида зависимостей количественных признаков липидного обмена от профессии, возраста и стажа экспозиции ртутью проводился методом множественной нелинейной регрессии. Критический уровень значимости  $p$  при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

### Результаты исследования и их обсуждение

Проведенные исследования позволили установить, что в процессе производственного контакта с ртутью наблюдалось статистически значимое ухудшение показателей липидного обмена. Об этом свидетельствовали результаты как общегруппового обследования (табл. 1), так и их анализ по стажевым группам (табл. 2).

Таблица 1

Состояние липидного обмена в процессе динамического обследования у лиц, экспонированных ртутью Med (Q25–Q75)

| Показатель, ед. изм.      | Референтные значения | Обследование 1    | Обследование 2    | p Wilcoxon Test |
|---------------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| Общий холестерин, ммоль/л | 3,0–5,2              | 4,9<br>4,0–5,6    | 5,1<br>4,5–5,8    | 0,0003          |
| ХС ЛПВП, моль/л           | Не менее 0,9         | 1,08<br>0,94–1,24 | 0,97<br>0,81–1,14 | 0,0025          |
| ХС ЛПНП, моль/л           | Не более 3,8         | 3,23<br>2,52–3,72 | 3,53<br>2,99–4,07 | 0,0001          |
| ХС ЛПОНП, моль/л          | 0,18–0,82            | 0,48<br>0,35–0,76 | 0,48<br>0,38–0,68 | 0,53            |
| Индекс атерогенности      | 2,0–4,0              | 3,3<br>2,4–4,3    | 4,4<br>3,6–5,4    | 0,0001          |
| Триглицериды, моль/л      | 0,41–1,82            | 1,06<br>0,77–1,66 | 1,07<br>0,82–1,49 | 0,45            |
| ЛПВП, %                   | 21,3–53,1            | 33,1<br>25,3–39,1 | 29,6<br>23,3–35,3 | 0,0719          |
| ЛПНП, %                   | 38,0–69,2            | 47,1<br>41,1–49,8 | 48,0<br>42,4–52,3 | 0,23            |
| ЛПОНП, %                  | 4,1–23,1             | 18,9<br>12,7–28,0 | 18,8<br>12,3–26,8 | 0,80            |

В первом случае с самым высоким уровнем статистической значимости ( $p = 0,0001$ ) выявлено увеличение ИА, изменившегося

за счет увеличения концентрации как ОХ, так и проатерогенных изменений со стороны ХС ЛПВП и ХС ЛПНП. В то же время

не наблюдалось модификации среднегрупповых значений уровня ХС ЛПОНП, ТГ и всех фракций ЛП.

Когортный анализ показателей холестерина обмена у обследуемых с разным стажем экспозиции ртутью выявил статистически значимое увеличение уровня ОХ только у лиц 2-й стажевой группы; у рабочих со стажем работы больше 15 лет аналогичная динамика данного показателя имела статистическую значимость на уровне  $p = 0,098$  (табл. 2). Следует отметить, что выявленные изменения в этих стажевых группах сопровождались соответствующими нарушениями со стороны ХС ЛПВП, ХС ЛПОНП и ТГ с аналогичным уровнем статистической зна-

чимости. В то же время увеличение содержания ХС ЛПНП в отмеченных когортах рабочих имело высокий уровень статистической значимости ( $p = 0,0037$  и  $p = 0,0009$  для 2-й и 4-й стажевых групп соответственно). Обращает на себя внимание факт динамического увеличения значений ИА во всех группах, наиболее выраженного в 4-й группе (на 33 %,  $p = 0,001$ ). Из показателей липидтранспортной системы следует отметить статистически значимое снижение содержания ЛПВП с 37,7% (29,4–41,7) до 29,7% (24,4–34,7) у рабочих в период экспозиции ртутью с 7 до 11 лет. Последующий контакт с токсикантом не сопровождался уменьшением относительного количества данной фракции.

Таблица 2

Динамика показателей липидного обмена в зависимости от стажа, Med (Q25-Q75)

| Показатель, ед. изм./ Стажевые группы              | Группа 2 (стаж 5–9 лет), $n = 32$ |                   |                   | Группа 3 (стаж 10–15 лет), $n = 10$ |                   |                   | Группа 4 (стаж более 15 лет), $n = 16$ |                   |                   |
|--|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------|--|-------------------|-------------------|
|  | обследование 1                    | обследование 2    | $p$ Wilcoxon Test | обследование 1                      | обследование 2    | $p$ Wilcoxon Test | обследование 1                         | обследование 2    | $p$ Wilcoxon Test |
| Возраст на момент обследования, лет                | 33<br>29–41                       | 37<br>33–45       |                   | 38<br>35–49                         | 42<br>39–53       |                   | 45<br>42–51                            | 49<br>46–55       |                   |
| Стаж экспозиции ртутью на момент обследования, лет | 7<br>6–7                          | 11<br>10–11       |                   | 11,5<br>10–13                       | 15,5<br>14–17     |                   | 20,5<br>17–23                          | 24,5<br>21–27     |                   |
| Общий холестерин, ммоль/л                          | 4,8<br>3,8–5,4                    | 5,1<br>4,4–5,7    | 0,005             | 5,1<br>4,2–5,6                      | 4,8<br>4,6–5,8    | 0,67              | 5,3<br>4,6–5,9                         | 5,7<br>4,9–6,5    | 0,098             |
| ХС ЛПВП, моль/л                                    | 1,15<br>1,06–1,34                 | 1,01<br>0,81–1,18 | 0,01              | 1,02<br>0,95–1,09                   | 0,95<br>0,91–0,96 | 0,37              | 0,99<br>0,89–1,26                      | 0,92<br>0,78–1,10 | 0,093             |
| ХС ЛПНП, моль/л                                    | 3,21<br>2,50–3,54                 | 3,52<br>2,96–3,79 | 0,004             | 3,32<br>2,23–3,72                   | 3,35<br>2,94–4,25 | 0,88              | 3,35<br>2,75–4,04                      | 4,02<br>3,45–4,80 | 0,0009            |
| ХС ЛПОНП, моль/л                                   | 0,38<br>0,32–0,65                 | 0,47<br>0,36–0,67 | 0,030             | 0,52<br>0,39–0,62                   | 0,58<br>0,46–0,64 | 0,80              | 0,63<br>0,49–0,97                      | 0,58<br>0,42–0,85 | 0,1               |
| Индекс атерогенности                               | 3,1<br>2,4–3,6                    | 4,2<br>3,2–5,0    | 0,001             | 4,2<br>2,6–4,8                      | 4,9<br>3,9–5,4    | 0,10              | 4,1<br>3,0–4,7                         | 5,2<br>3,7–6,7    | 0,001             |
| Триглицериды, моль/л                               | 0,83<br>0,68–1,43                 | 1,03<br>0,79–1,45 | 0,027             | 1,12<br>0,86–1,35                   | 1,34<br>1,05–1,40 | 0,37              | 1,36<br>1,06–2,11                      | 1,27<br>0,91–1,86 | 0,1               |
| ЛПВП, %  | 37,7<br>29,4–41,7                 | 29,7<br>24,4–34,7 | 0,006             | 32,9<br>27,2–35,8                   | 28,6<br>24,9–35,2 | 0,51              | 26,9<br>22,6–33,1                      | 29,3<br>24,9–38,0 | 0,1               |
| ЛПНП, %  | 45,5<br>40,8–51,4                 | 47,5<br>42,9–52,0 | 0,32              | 47,7<br>39,2–49,6                   | 46,3<br>39,3–48,8 | 0,95              | 47,7<br>42,3–51,5                      | 50,3<br>42,7–55,2 | 0,8               |
| ЛПОНП, %   | 17,1<br>12,4–27,6                 | 18,4<br>13,1–25,1 | 0,29              | 20,5<br>13,2–26,6                   | 25,1<br>19,1–27,5 | 0,14              | 23,5<br>13,1–34,0                      | 18,9<br>11,5–27,1 | 0,2               |

Примечание. В связи с малым количеством  $n = 4$  для лиц 1-й стажевой группы результаты биохимических исследований не представлены в таблице.

Дальнейший анализ позволил установить наличие различий по содержанию ХС ЛПВП ( $p_{K-W} = 0,026$ ) и ЛПВП ( $p_{K-W} = 0,024$ ) в сыворотке крови, а также ИА ( $p_{K-W} = 0,005$ ) между рабочими разных профессий в момент первого обследования. В период повторно проводимых исследований данная межгрупповая разница была нивелирована, в то же время были выявлены различия в концентрации ОХ за счет более выраженных его изменений у ИТР и слесарей

( $p_{K-W} = 0,023$ ). Это подтвердилось результатами множественного нелинейного регрессионного анализа. Так, анализ односторонней зависимости показателей липидного обмена от вида профессии (ранжированного в виде кода профессиональной группы – КПП), возраста (ВОЗР) и стажа позволил установить такую же не для всех изучаемых аналитов. Более того, значение коэффициента детерминации  $R^2$  в построенных моделях находилось в пределах 0,30. При 1-м обследовании

довании выявлен отклик ОХ, ИА и ЛПВП на изменение предикторов, при 2-м – только первых двух показателей. Множествен-

ная нелинейная модель для содержания ОХ выглядела следующим образом при первом обследовании:

$$ОХ = -2,6 + 2,38 \cdot КППГ - 0,56 \cdot КППГ^2 + 0,23 \cdot ВОЗР - 0,002 \cdot ВОЗР^2$$

( $R = 0,52$ ;  $R^2 = 0,27$ ;  $p < 0,001$ ;  $SEE = 0,91$ ); при повторном –

$$ОХ = 2,1 - 2,58 \cdot КППГ - 0,58 \cdot КППГ^2 + 0,0003 \cdot ВОЗР^2 - 0,00008 \cdot СТАЖ^2$$

( $R = 0,51$ ;  $R^2 = 0,26$ ;  $p < 0,002$ ;  $SEE = 0,92$ ).

Величина индекса атерогенности имела следующий вид регрессионной зависимости:

$$ИА = 0,66 + 1,84 \cdot КППГ - 0,34 \cdot КППГ^2 + 0,066 \cdot СТАЖ$$

( $R = 0,48$ ;  $R^2 = 0,23$ ;  $p < 0,002$ ;  $SEE = 1,2$ ) – для лиц, обследованных в 2005 году;

$$ИА = 1,85 + 2,1 \cdot КППГ - 0,46 \cdot КППГ^2 + 0,002 \cdot СТАЖ^2$$

( $R = 0,44$ ;  $R^2 = 0,20$ ;  $p < 0,006$ ;  $SEE = 1,4$ ) – у рабочих, прошедших обследование повторно. Обращает внимание факт наличия

модели односторонней зависимости ЛПВП только при проведении первого медицинского осмотра:

$$ЛПВП = 50,9 - 13 \cdot КППГ + 2,7 \cdot КППГ^2 - 0,47 \cdot СТАЖ$$

( $R = 0,43$ ;  $R^2 = 0,19$ ;  $p < 0,007$ ;  $SEE = 8,7$ ). Анализ всех построенных моделей позволяет сделать вывод о наибольшей детерминированности показателей липидного обмена принадлежностью обследуемых к профессиональной группе. В связи с этим на следующем этапе были изучены изменения ЛП, ХС и его фракций у лиц разных профессий (табл. 3). Было установлено, что у аппаратчиков с увеличением стажа работы наблюдалось статистически значимое ( $p = 0,0008$ ) снижение ХС ЛПВП при параллельном увеличении фракции ХС ЛПНП ( $p = 0,003$ ). Отмеченные изменения закономерно сопровождалась ростом ИА ( $p = 0,0001$ ). Следует отметить, что уровень ОХ в данной группе рабочих оставался без изменений и не выходил за рамки референтных значений. Из показателей липидтранспортной системы у данной группы обследуемых было выявлено динамическое снижение ЛПВП до 32,1% ( $p = 0,055$ ). Анализ корреляционных взаимосвязей в группе аппаратчиков позволил выявить, что уровень ОХ и ХС ЛПНП на момент первого обследования находился в средней по силе зависимости от возраста ( $R = 0,46$ ;  $p = 0,026$  и  $R = 0,51$ ;  $p = 0,0014$  соответственно). Вклад данного показателя в значения концентрации ОХ и ХС ЛПНП выражался следующими регрессионными уравнениями:

$$ОХ = -4,1 + 0,41 \cdot ВОЗР - 0,005 \cdot ВОЗР^2$$

( $R = 0,6$ ;  $R^2 = 0,36$ ;  $p < 0,011$ ;  $SEE = 0,77$ ) и ХС

$$ЛПНП = -4,4 + 0,36 \cdot ВОЗР - 0,004 \cdot ВОЗР^2$$

( $R = 0,52$ ;  $R^2 = 0,27$ ;  $p < 0,041$ ;  $SEE = 0,73$ ).

При втором обследовании данных связей выявлено не было. В группе слесарей и ИТР увеличение стажа работы сопровождалось статистически значимым ( $p = 0,006$

и  $p = 0,02$  соответственно) увеличением уровня ОХ. Следует отметить, что в группе слесарей среднегрупповое значение данного показателя уже при первом обследовании находилось на уровне верхней границы нормы, в то время как у ИТР оно достигало аналогичного уровня только к моменту второго обследования (при этом статистически значимой разницы по возрасту между профессиональными группами выявлено не было).

В то же время при первом обследовании в группе ИТР была выявлена сопряженность концентрации ОХ с возрастом и стажем обследуемых ( $R = 0,61$ ;  $p = 0,018$  и  $R = 0,67$ ;  $p = 0,009$  соответственно). Регрессионный анализ позволил определить, что уровень ОХ находился в статистически значимой детерминированности от стажа

$$ОХ = 4,2 + 0,0026 \cdot СТАЖ^2$$

( $R = 0,6$ ;  $R^2 = 0,43$ ;  $p < 0,01$ ;  $SEE = 0,76$ ;

$p = 0,0001$  (В),  $p = 0,01$  (СТАЖ<sup>2</sup>)).

Изменение уровня ОХ у слесарей и ИТР сопровождалось увеличением ИА ( $p = 0,005$  и  $p = 0,01$  соответственно) за пределы верхнего референтного уровня и осуществлялись за счет проатерогенных нарушений фракции ХС ЛПНП. Зарегистрированное снижение концентрации антиатерогенной фракции ХС не достигало уровня статистической значимости. Уровень ХС ЛПНП и значение ИА у ИТР в 2005 году находилось в корреляционной зависимости как с возрастом, так и со стажем работы ( $R = 0,68$ ;  $p = 0,005$  и  $R = 0,70$ ;  $p = 0,006$  для ХС ЛПНП соответственно;  $R = 0,60$ ;  $p = 0,02$  и  $R = 0,58$ ;  $p = 0,03$  для ИА соответственно). Результаты второго обследования показали наличие корреляционных зависимостей у данного группы работников только между стажем, ОХ и ХС ЛПНП ( $R = 0,56$ ;  $p = 0,04$

и  $R = 0,53$ ;  $p = 0,049$  соответственно). В то же время для рабочих, относящихся к группе слесарей, в 2005 году каких-либо корреляционных связей, сопряженных с показателями липидного обмена, выявлено не было. При проведении повторного обследования

отмечены корреляции между концентрацией фракции ХС ЛПНП, возрастом и стажем ( $R = 0,54$ ;  $p = 0,006$  и  $R = 0,46$ ;  $p = 0,02$  соответственно); ОХ и возрастом обследуемых ( $R = 0,54$ ;  $p = 0,007$ ), а также ИА и стажем экспозиции ртутью ( $R = 0,53$ ;  $p = 0,007$ ).

Таблица 3

Динамика показателей липидного обмена в зависимости от принадлежности к профессии, Med (Q25-Q75)

| Показатель,<br>ед. изм./Профессиональные группы    | Аппаратчики, $n = 23$ |                   | Слесари, $n = 25$ |                   | Работники ИТР, $n = 14$ |                   | $p_1$                 | $p_2$                 |
|--|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|
|  | обследование 1        | обследование 2    | обследование 1    | обследование 2    | обследование 1          | обследование 2    |                       |                       |
| Возраст на момент обследования, лет                | 33<br>29–41           | 37<br>33–45       | 38<br>35–49       | 42<br>39–53       | 45<br>42–51             | 49<br>46–55       | 0,66                  | 0,66                  |
| Стаж экспозиции ртутью на момент обследования, лет | 7<br>6–7              | 11<br>10–11       | 11,5<br>10–13     | 15,5<br>14–17     | 20,5<br>17–23           | 24,5<br>21–27     | 0,12                  | 0,12                  |
| Общий холестерин, ммоль/л                          | 4,7<br>3,6–5,1        | 4,8<br>4,3–5,4    | 5,2<br>4,3–5,8    | 5,6<br>4,8–6,6    | 4,8<br>4,2–5,7          | 5,2<br>4,5–5,9    | 0,157                 | 0,023* <sup>1-2</sup> |
| $p$ Wilcoxon Test                                  | 0,23                  |                   | 0,006             |                   | 0,02                    |                   |                       |                       |
| ХС ЛПВП, моль/л                                    | 1,14<br>1,05–1,34     | 1,01<br>0,80–1,18 | 1,06<br>0,95–1,30 | 0,96<br>0,86–1,13 | 0,97<br>0,87–1,10       | 0,89<br>0,81–1,06 | 0,026* <sup>1-3</sup> | 0,586                 |
| $p$ Wilcoxon Test                                  | 0,0008                |                   | 0,41              |                   | 0,64                    |                   |                       |                       |
| ХС ЛПНП, моль/л                                    | 3,15<br>2,06–3,45     | 3,35<br>2,94–3,69 | 3,25<br>2,75–3,78 | 3,76<br>3,12–4,45 | 3,31<br>2,71–4,00       | 3,68<br>3,38–4,38 | 0,129                 | 0,060                 |
| $p$ Wilcoxon Test                                  | 0,003                 |                   | 0,01              |                   | 0,01                    |                   |                       |                       |
| ХС ЛПОНП, моль/л                                   | 0,45<br>0,31–0,62     | 0,44<br>0,30–0,64 | 0,42<br>0,36–0,80 | 0,50<br>0,43–0,68 | 0,59<br>0,36–0,83       | 0,57<br>0,44–0,74 | 0,241                 | 0,313                 |
| $p$ Wilcoxon Test                                  | 0,63                  |                   | 0,78              |                   | 0,86                    |                   |                       |                       |
| Индекс атерогенности                               | 2,7<br>2,1–3,2        | 3,8<br>3,1–4,8    | 3,5<br>2,5–4,3    | 4,7<br>3,7–5,7    | 3,9<br>3,4–4,6          | 5,2<br>4,2–5,5    | 0,005* <sup>1-3</sup> | 0,060                 |
| $p$ Wilcoxon Test                                  | 0,0001                |                   | 0,005             |                   | 0,01                    |                   |                       |                       |
| Триглицериды, моль/л                               | 0,97<br>0,67–1,35     | 0,97<br>0,65–1,40 | 0,92<br>0,79–1,74 | 1,11<br>0,94–1,64 | 1,28<br>0,79–1,80       | 1,24<br>0,96–1,62 | 0,244                 | 0,279                 |
| $p$ Wilcoxon Test                                  | 0,59                  |                   | 0,54              |                   | 0,87                    |                   |                       |                       |
| ЛПВП, %  | 36,9<br>33,4–40,5     | 32,1<br>27,8–35,6 | 30,8<br>22,8–39,1 | 28,2<br>24,2–34,6 | 27,0<br>24,8–33,4       | 28,2<br>23,1–36,1 | 0,024* <sup>1-3</sup> | 0,314                 |
| $p$ Wilcoxon Test                                  | 0,055                 |                   | 0,50              |                   | 0,92                    |                   |                       |                       |
| ЛПНП, %  | 44,1<br>40,3–49,1     | 49,0<br>40,9–52,5 | 48,2<br>42,2–51,9 | 47,2<br>44,1–52,0 | 47,1<br>45,2–49,7       | 48,0<br>42,4–55,3 | 0,324                 | 0,909                 |
| $p$ Wilcoxon Test                                  | 0,11                  |                   | 0,71              |                   | 0,68                    |                   |                       |                       |
| ЛПОНП, %   | 18,7<br>12,0–26,6     | 18,3<br>11,8–25,6 | 17,2<br>12,6–29,6 | 18,5<br>13,3–25,1 | 24,2<br>15,9–29,9       | 23,1<br>12,3–27,5 | 0,451                 | 0,698                 |
| $p$ Wilcoxon Test                                  | 0,96                  |                   | 0,86              |                   | 0,68                    |                   |                       |                       |

Примечания:  $p_{1,2}$  – ANOVA Kruskal-Wallis; \* – сравнение групп по профессиям по U-критерию Mann-Whitney.

Обсуждение полученных результатов позволяет сделать предположение о детерминированной роли профессиональной принадлежности рабочих, экспонированных в процессе производственной деятельности ртутью, в отношении изменений липидного обмена. Общими для всех изученных групп специальностей показателями, претерпевающими модификацию, являются ОХ и ИА. В то же время механизмы нарушений последнего у лиц разных про-

фессий имеют особенности: у аппаратчиков более выраженными являются изменения ХС ЛПВП, для двух других групп – ХС ЛПНП. Причину этого, по всей видимости, следует искать в экспозиционной нагрузке ртутью и особенностях трудового процесса.

В соответствии с Руководством Р.2.2.006-05 труд рабочих всех профессиональных групп квалифицируется как вредный (класс 3), 1–2-й степени вредности и опасности [6]. При этом установлено, что аппа-

ратчики осуществляют наблюдение за технологическим процессом непосредственно в цехе (около 60% времени смены), а также ведут дистанционный контроль из помещения щитовой. Слесари и электромонтеры проводят ремонтно-наладочные работы как непосредственно в цехе (40–80% рабочего времени), так и в ремонтных мастерских. Основными обязанностями ИТР является принятие оперативных решений по соблюдению регламента технологического процесса и эффективной работы оборудования, что сопровождается повышенными психоэмоциональными нагрузками. При нарушениях нормального хода технологических процессов, пусках и остановках оборудования они подвергаются воздействию более высоких концентраций ртути, чем в обычном режиме [6]. Таким образом, можно предположить, что наибольшему воздействию ртути в ходе производственного процесса подвергаются слесари. ИТР помимо возможной экспозиции высокими дозами токсиканта, регулярно испытывают воздействие неблагоприятных психоэмоциональных факторов, играющих отрицательную роль в формировании проатерогенных нарушений. В частности, установленным является тот факт, что гиперлиппротеинемия нервно-эмоционального происхождения представлена гиперхолестеринемией в результате преимущественного увеличения ХС ЛПНП [5]. Снижение концентрации ХС ЛПВП, скорей всего, можно связать с нарушением синтеза ЛПВП в гепатоцитах и энтероцитах [2].

### Заключение

Нарушения липидного обмена, выявленные в ходе динамического наблюдения за рабочими, экспонированными парами металлической ртути, детерминированы принадлежностью к определенной профессиональной группе. При этом механизмы развивающихся проатерогенных обменных нарушений различны: у аппаратчиков они обусловлены вкладом ХС ЛПВП и ХС ЛПНП, у слесарей и ИТР – в большей степени, фракцией ХС ЛПНП. Увеличение производственного стажа также оказывает влияние на развитие патологии обмена холестерина.

### Список литературы

1. Ефимова Н.В. Оценка риска здоровью населения, обусловленного влиянием ртути // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. – 2003. – № 2. – С. 31–33.
2. Климов А.Н. Обмен липидов и липопротеидов и его нарушения / А.Н. Климов, Н.Г. Никульчева. – СПб: Питер Ком, 1999. – 512 с.
3. Клиника, диагностика нарушений в отдаленном периоде профессиональных нейротоксикаций / О.Л. Лахман [и др.]. – Иркутск: РИО ИГИУВа, 2010. – 72 с.
4. Кудяева И.В., Маснавиева Л.Б., Бударина Л.А. Особенности и закономерности нарушений биохимических процессов при формировании профессиональных заболеваний при воздействии различных химических веществ // Экология человека. – 2011. – №1. – С. 3–10.
5. Фокин А.С. Нейрогенная гиперхолестеринемия и атеросклероз // ЭЛБИ. – СПб., 2001. – 192 с.
6. Шаяхметов С.Ф. Оценка загрязнения воздуха рабочей зоны ртутью и содержания ее в биосредах у работников производства каустика и хлора // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. – 2010. – № 4. – С. 59–63.
7. Шаяхметов С.Ф. Оценка профессионального риска нарушений здоровья работников предприятий химической промышленности // Мед. труда. – 2008. – № 8. – С. 27–33.
8. Kudayeva I.V. Metallic mercury effect on the indices of oxidative stress in persons with neurological disorders / I.V. Kudayeva, L.B. Masnavieva, L.A. Budarina // European Journal of Natural History. – 2008. – № 3. – P. 54–55.

### References

1. Efimova N.V. *Bjulleten' VSNC SO RAMN*, 2003, no.2, pp. 31–33
2. Klimov A.N., Nikul'cheva N.G. *Obmen lipidov i lipoproteidov i ego narushenija*. St.-Pt., 1999. 512p.
3. Lahman O.L., Katamanova E.V., Rusanova D.V., Konstantinova T.N., Shevchenko O.I., Kartapol'ceva N.V., Mewerjagin V.A., Kudaeva I.V., Budarina L.A., Masnavieva L.B., Andreeva O.K., Sudakova N.G. *Klinika, diagnostika narushenij v otдалennom periode professional'nyh nejrointoksikacij*. Irkutsk, 2010. 72 p.
4. Kudaeva I.V., Masnavieva L.B., Budarina L.A. *Jekologija cheloveka*, 2011, no. 1, pp. 3–10.
5. Fokin A.S. *Nejrogennaja giperholesterinemija i ateroskleroz*. St.-Pt., 2001. 192p.
6. Shajahmetov S.F., Liseckaja L.G., Meshhakova N.M. *Bjulleten' VSNC SO RAMN*, 2010, no. 4, pp. 59–63.
7. Shajahmetov S.F., D'jakovich M.P., Meshhakova N.M. *Medicina truda i prmyshlennaja jekologija*, 2008, no.8, pp. 27–33.
8. Kudaeva I.V., Masnavieva L.B., Budarina L.A. *European Journal of Natural History*, 2008, no3, pp. 54–55.

### Рецензенты:

Бодиенкова Г.М., д.м.н. профессор кафедры промышленной экологии и гигиены труда ИрГТУ, г. Иркутск;

Катульский Ю.Н., д.б.н. профессор, проректор по научной работе АГТА, г. Ангарск.  
Работа поступила в редакцию 16.03.2012.