

**д.ф.-м.н., проф.,<sup>1</sup>Вараксин А. Н.,  
к.ф.-м.н.,<sup>1</sup>Константинова Е. Д.,<sup>2,3</sup>Базарова Е. Л.,  
к.ф.-м.н.,<sup>1</sup>Маслакова Т. А.,  
заслуженный врач РФ<sup>2</sup>Ошеров И. С.**

<sup>1</sup>ФГБУН «Институт промышленной экологии» УрО  
РАН,

г. Екатеринбург

<sup>2</sup>Частное медицинское учреждение «Медико-  
санитарная часть «Тирус», г. Верхняя Салда

<sup>3</sup>ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный  
центр профилактики и охраны здоровья работников  
промпредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург

**МЕТОД СКОЛЬЗЯЩЕГО СРЕДНЕГО В  
ВЫЯВЛЕНИИ ВЕДУЩИХ ФАКТОРОВ  
РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ МОЛОДЫХ  
РАБОТНИКОВ ПРОИЗВОДСТВА  
ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ**



**Санкт-Петербург  
2024**

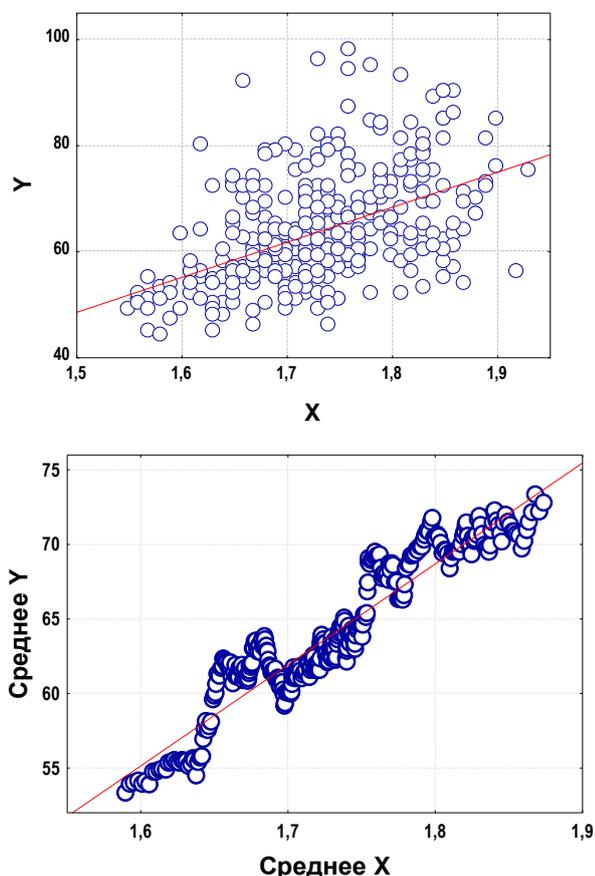
**АКТУАЛЬНОСТЬ.** Оценка профессионального риска у рабочих металлургических предприятий показала высокую распространённость заболеваний эндокринной системы (ЭС), которая значительно повышается с увеличением стажа работы во вредных условиях труда.

**ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ.** Выявить факторы риска развития хронической патологии эндокринной системы (ЭС) у работников производства титановых сплавов с использованием методов скользящего среднего.

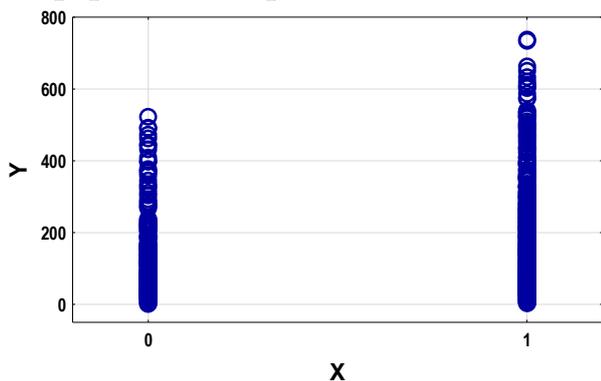
**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Объект исследования: металлургическое объединение по производству титановых сплавов. Распространенность хронической патологии изучали по результатам периодического медицинского осмотра работников в контакте с вредными и опасными производственными факторами за 2020 год. Для 78 плавильщиков производства титана со стажем работы до 15 лет собраны данные по вредным производственным факторам (ВПФ), а также поведенческие и индивидуальные. Средний возраст:  $26,8 \pm 2,8$  лет; средний стаж работы во вредных условиях труда (СВУ):  $6,9 \pm 3,7$  лет.

Для выявления ведущих факторов формирования у плавильщиков хронической патологии ЭС использованы: преобразование данных с помощью процедуры скользящего среднего, построение модели множественной линейной регрессии.

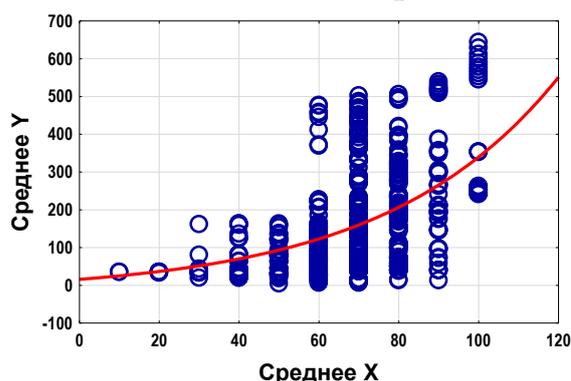
### МЕТОДОЛОГИЯ СКОЛЬЗЯЩЕГО СРЕДНЕГО



Первичные данные.  
 X и Y – количественные  
 непрерывные переменные

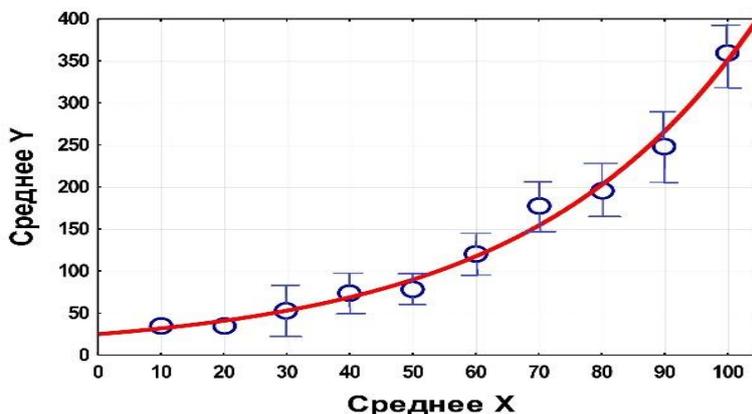


Первичные данные,  
 преобразованные методом  
 скользящего среднего по X

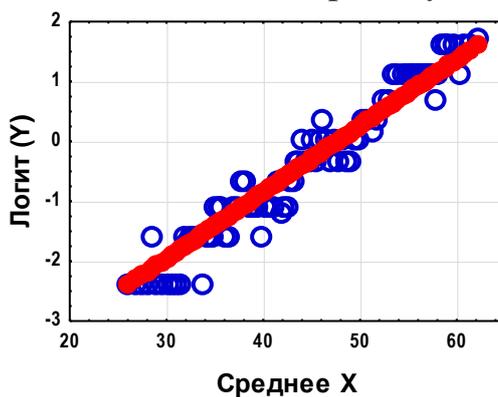
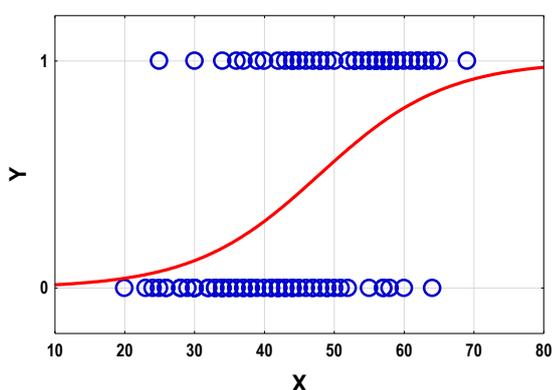


Первичные данные.  
 X – дихотомическая переменная,  
 Y – количественная непрерывная  
 переменная

Первичные данные,  
 преобразованные методом  
 скользящего среднего по Y



Значения Y, усредненные для каждого значения X с предыдущего рисунка



○ logit (Y) эксп.  
 ● logit (Y) расчет

Первичные данные.  
 X – количественная непрерывная  
 Переменная  
 Y – дихотомическая переменная.  
 Сплошная линия – кривая  
 логистической регрессии

Данные (первичные), преобразованные  
 методом скользящего среднего по X.  
 Красные кружки – расчеты методом  
 логистической регрессии

$$\log\left(\frac{w}{1-w}\right) = b_0 + b_1 \cdot X$$

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Факторы профессионального риска на рабочих местах: аэрозоль титана и его сплавов в воздухе рабочей зоны, медь и ее соединения, алюминий и его соединения, хром (VI), нагревающий микроклимат, шум, марганец, электромагнитные поля, тепловое излучение, и физические перегрузки. 18,7 % осмотренных лиц страдали болезнями эндокринной системы, расстройствами питания и нарушениями обмена веществ (класс IV по МКБ-10).

Для исследования взаимосвязи заболеваемости ЭС с факторами риска были вычислены коэффициенты корреляции Пирсона и оценена их статистическая значимость. Для анализа связи факторов риска развития патологии ЭС и ее распространенности, к первичным данным была применена процедура скользящего среднего.

### Взаимосвязь распространенности ЭС с индивидуальными и ВПФ

Фактор	Коэффициент корреляции Пирсона	р-значение
Стаж	0,759	<0,05
Возраст	0,578	<0,05
ИМТ	0,624	<0,05
Гиподинамия	0,748	<0,05
Марганец	0,386	<0,05
Тепловое излучение	0,492	<0,05

С использованием процедуры пошаговой регрессии была построена модель множественной линейной регрессии (МЛР) взаимосвязи распространенности болезней эндокринной системы с комплексом факторов.

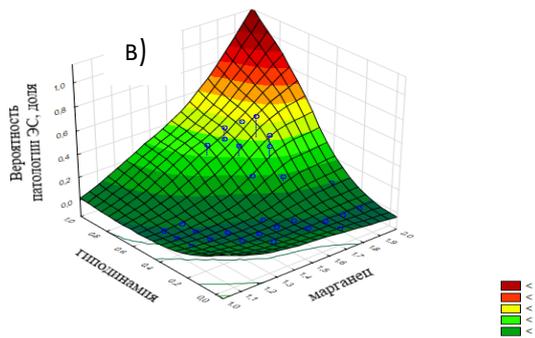
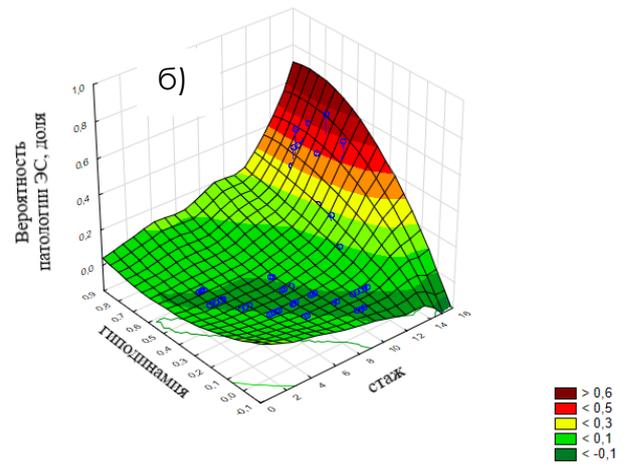
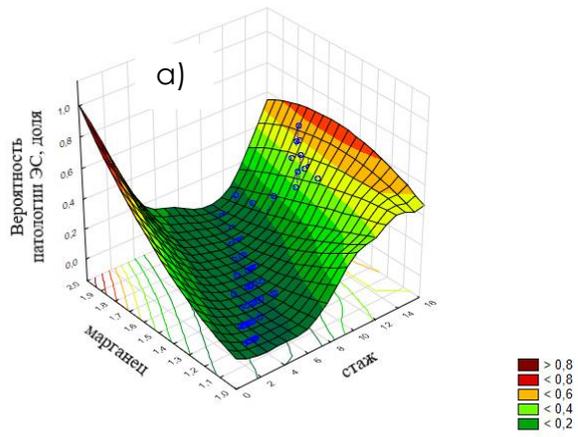
### Таблица коэффициентов модели МЛР и их статистическая значимость

Фактор	Коэффициенты регрессии $b_i$	р-значение
Свободный член	0,255	0,020
Стаж ( $X_1$ )	0,049	<0,001
Марганец ( $X_2$ )	-0,439	<0,001
Гиподинамия ( $X_3$ )	0,227	<0,001

$$Y = 0,255 + 0,049 \cdot X_1 - 0,439 \cdot X_2 + 0,227 \cdot X_3$$

Коэффициент детерминации  $R^2=0,874$ .

В модель предсказания распространенности болезней эндокринной системы вошли такие факторы, как стаж во вредных условиях труда, марганец и его соединения, гиподинамия. Все переменные, входящие в модель статистически значимы ( $p < 0,05$ ).



**Вероятность развития болезней ЭС от совместного действия факторов:**

**а) «Стаж» и «Марганец»**

**б) «Стаж» и «Гиподинамия»**

**в) «Марганец» и «Гиподинамия»**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При анализе вклада факторов риска в развитие экономически и социально значимой хронической патологии эндокринной системы у плавильщиков металлургического предприятия по производству титановых сплавов с применением процедуры скользящего среднего и метода множественной линейной регрессии установлено, что наиболее сильное влияние на формирование патологии эндокринной системы оказало сочетание факторов стажа работы во вредных условиях труда, превышение содержания марганца и его соединений в воздухе рабочей зоны, и гиподинамии.

Применение процедуры скользящего среднего позволяет выявить и наглядно продемонстрировать статистические связи, которые не могли быть выявлены с помощью других традиционных подходов с использованием первичных данных

