

на приусадебном участке) оказывает негативное влияние на распространенность НПБС, причем настолько же значимое, как гиподинамия или физическое перенапряжение на рабочем месте. Физическая активность никак не отражена в существующих гигиенических нормативах условий труда и классификации условий труда. В настоящее время возникла необходимость в разработке новых, более точных методик, которые в будущем дадут возможность с большей достоверностью оценивать воздействие неблагоприятных факторов трудового процесса, в т. ч. и гиподинамию, что позволит разработать более эффективные меры по управлению профессиональными рисками НПБС.

Поступила 27.08.2018

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ КАНЦЕРОГЕНООПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА В ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕДИ

Шмакова Е. Е., Ekaterina-cupysh@mail.ru,

Адриановский В. И., к.м.н., доцент, adrianovsky@k66.ru,

Липатов Г. Я., д.м.н., профессор, isaeva20a@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации г. Екатеринбург, Российская Федерация

Металлургия, на первый взгляд, не лучшая сфера для инноваций. Действительно, что можно улучшить в технологиях, которые совершенствовались не одно столетие? Традиционная схема от «добычи и обогащения руды к плавке и освобождению от примесей» может показаться незыблемой. Между тем даже в такой консервативной отрасли, как металлургия, есть место для инноваций, причем самых радикальных. В частности, гидрометаллургическое производство меди является единственным в своем роде промышленным комплексом получения меди, где нет пирометаллургических процессов переработки сырья и получение продукта. Уникальность разработки заключается в том, что впервые в мире в одном производственном процессе объединились подземное выщелачивание руды, экстракция меди из раствора, электровининг — особый вид электролиза. Новый способ отличается не только технологической оригинальностью, но и высокой экономичностью и низкой себестоимостью производства металла, а также позволяет работать с бедными рудами и отходами [4]. Многочисленными исследованиями установлено, что производство меди, несомненно, опасное для здоровья человека. Однако такая технология требует всесторонней гигиенической оценки. Присутствие в медьсодержащих рудах мышьяка, свинца, кадмия, никеля ставит задачу оценить канцерогенные риски (далее — КР) для рабочих, занятых получением рафинированной меди способом подземного выщелачивания. Результаты оценки профессиональных КР могут служить наряду с экспериментальными и эпидемиологическими данными основанием для оценки канцерогенной опасности производственных процессов [1].

Целью работы является изучение технологических процессов и оценка содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны, канцерогенных рисков основных профессий при гидрометаллургическом производстве меди.

Проведена комплексная оценка условий труда, определены вредные вещества и канцерогенные риски для работающих на гидрометаллургическом комплексе (далее — ГМК) предприятия ОАО «Уралгидромедь» (г. Полевской Свердловской области — первое в России предприятие, использующее гидрометаллургическую технологию для промышленного производства рафинированной катодной меди). Измерения вредных веществ проводились в воздухе рабочей зоны аппаратчиков-гидрометаллургов, занятых в двух отделениях предприятия: геотехнологическом поле и отделении экстракции и электролиза. Максимальные разовые и среднесменные концентрации серной кислоты, кобальта, меди, минеральных масел, лингосульфоната натрия определялись по общепринятым методикам. Оценку условий труда в зависимости от уровней запыленности и содержания вредных веществ химической природы на рабочих местах проводили в соответствии с «Руководством по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда», Р 2.2.2006-05. В основу расчета ингаляционного КР заложены подходы, изложенные в «Руководстве по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» Р 2.1.10.1920-04 и исследованиях П. В. Серебрякова [5] и А. В. Мельцера [3]. Прогнозные значения КР рассчитывались для профессий, занятых в основных подразделениях ГМК с учетом фактических среднесменных концентраций мышьяка, кадмия, никеля и свинца, экспозиции (250 рабочих смен/год по 8 ч) и факторов канцерогенного потенциала веществ при ингаляционном поступлении (SF_i , $мг/(кг \times \text{день})^{-1}$). КР оценивался от каждого из веществ и суммарно от их комбинации на 25 лет стажа работы. Для условий профессионального воздействия канцерогенов неприемлемым считался $КР \geq 1,0 \times 10^{-3}$. При неприемлемом КР рассчитывалась продолжительность стажа работы, при котором достигается верхний предел допустимого профессионального риска.

Все результаты исследований прошли статистическую обработку в программном пакете BioStat 2009 для Windows с расчетом показателей вариационной статистики: средней арифметической и ошибки средней.

На изучаемом предприятии технологический процесс складывается из трех этапов. Первый (подземное выщелачивание) осуществляется на геотехнологическом поле и заключается в бурении скважин, установке в них фильтрующих элементов и труб, закачивании в скважины раствора серной кислоты в концентрации 10–20 г/л для осуществления выщелачивания меди, выкачивании насыщенного раствора (1,0–1,3 г/л меди и 30–80 г/л сульфат иона) и транспортировке его по трубопроводу в отделение экстракции. Второй этап (экстракция) позволяет очистить полученный раствор от примесей и повысить концентрацию меди. В смесителе-отстойнике медь из насыщенного раствора выщелачивания в присутствии разбавителя (керосин) вступает в комплексное органическое соединение, а обедненный медью и содержащий примеси раствор (рафинат) отправляется обратно в зону выщелачивания. В следующем смесителе-отстойнике комплексное соединение меди вступает в контакт с электролитом с высоким содержанием серной кислоты, в результате чего медь реэкстрагируется из органической фазы в электролит, а обедненная органика направляется обратно на экстракцию. В результате третьего этапа (электролиз) получают медные катоды, которые промываются, сдираются со стальных основ, взвешиваются и упаковываются. Основные профессии на предприятии представлены двумя специальностями: аппаратчик-гидрометаллург геотехнологического поля и аппаратчик-гидрометаллург отделения экстракции и электролиза. Как показали наши исследования, на рабочем месте аппаратчика-гидрометаллурга геотехнологического поля превышений предельно допустимых концентраций (далее — ПДК) вредных веществ не отмечено. На рабочем месте аппаратчика-гидрометаллурга отделения экстракции и электролиза выявлено превышение ПДК серной кислоты в 3,2 раза при максимальном значении 8,9 мг/м³ на узле электролиза. Наибольшие концентрации серной кислоты отмечены над электролизными ваннами и на участке сдирки, взвешивания и упаковки катодов, который непосредственно примыкает к зоне расположения ванн.

Оценивая канцерогенные риски на всех изученных рабочих местах ГМК, среднесменные концентрации мышьяка в воздухе рабочей зоны не превышали ПДК (0,01 мг/м³), находясь ниже чувствительности метода анализа. Также во всех отделениях ГМК ниже чувствительности метода анализа были максимальные разовые концентрации никеля. Содержание свинца в воздухе отделений экстракции, электролиза и операторский достигало 0,0068–0,007 мг/м³. Среднесменные концентрации кадмия в отделении экстракции были 0,007 мг/м³, а в отделениях электролиза и операторской — ниже чувствительности метода анализа. Таким образом, по химическому фактору (канцерогенные вещества) с учетом комбинированного действия свинца и кадмия профессиям оператора, аппаратчика-гидрометаллурга отделений экстракции и электролиза присвоен класс условий труда 2 (допустимый).

Расчет прогнозных значений КР при 25-летнем стаже работы показал, что для большинства профессий суммарный риск находился в приемлемом для профессиональных групп диапазоне (менее $1,0 \times 10^{-3}$), составив для оператора $4,0 \times 10^{-6}$ и аппаратчика-гидрометаллурга отделения электролиза $1,0 \times 10^{-5}$ (таблица). Для аппаратчика-гидрометаллурга отделения экстракции прогнозное значение КР превышало приемлемый уровень со стажа работы 20 лет ($1,2 \times 10^{-3}$), достигая максимума к 25-летнему стажу ($1,55 \times 10^{-3}$). КР формировался в основном за счет экспозиции к кадмию (97,7 %). Продолжительность стажа работы, при котором достигается верхний предел допустимого канцерогенного риска, аппаратчика-гидрометаллурга отделения экстракции составила 16 лет.

Следует отметить, что КР для основных профессий, занятых в гидрометаллургическом производстве меди способом подземного выщелачивания, был существенно ниже, чем для профессий, занятых на всех этапах пирометаллургического производства меди, начиная с обогащения медьсодержащего сырья и заканчивая огневым рафинированием меди. В частности, прогнозные значения профессиональных ингаляционных КР, рассчитанные на 25-летний стаж работы, для большинства профессий обогатительной фабрики находились в пределах от $2,0 \times 10^{-2}$ до $4,4 \times 10^{-2}$, т. е. превышали верхнюю границу приемлемого уровня КР ($1,0 \times 10^{-3}$) в 20–44 раза [1]. Аналогичные показатели КР при всех способах плавки медных концентратов и конвертировании находились в диапазоне от $2,8 \times 10^{-2}$ до $5,5 \times 10^{-3}$, а при огневом рафинировании меди достигали $4,6 \times 10^{-3}$ [1, 2].

Таблица — Прогнозные значения канцерогенных рисков на 25 лет стажа для рабочих, занятых в гидрометаллургическом производстве меди

Рабочее место	Канцерогенные вещества, SF, мг/кг×день ⁻¹		Суммарный риск
	Кадмий (6,3)	Свинец (0,042)	
Аппаратчик-гидрометаллург отделения экстракции	$1,5 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-5}$	$1,55 \times 10^{-3}$
Аппаратчик-гидрометаллург отделения электролиза	—	$1,0 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-5}$
Оператор	—	$4,1 \times 10^{-6}$	$4,1 \times 10^{-6}$

Таким образом, результаты оценки КР рабочих ГМК при получении катодной меди способом подземного выщелачивания свидетельствуют о значительно меньшей степени канцерогенной опасности по сравнению с технологическими процессами в пирометаллургии меди. Ведущим фактором, формирующим КР в гидрометаллургическом производстве меди, служит экспозиция работающих к кадмию. Формирование неприемлемого уровня КР к 20-летнему стажу работы аппаратчика-гидрометаллурга отделения экстракции обу-

словлено присутствием неорганических соединений кадмия в растворе, поступающем на экстракцию. В то же время на электролиз поступает раствор, очищенный от примесей и не содержащий кадмий и другие канцерогенные вещества.

Результат исследования свидетельствует о преимуществе гидрометаллургического метода производства меди по сравнению с традиционным пирометаллургическим. Гидрометаллургический метод имеет ряд неоспоримых преимуществ, среди которых основными являются:

1. Рабочему месту аппаратчика-гидрометаллурга геотехнологического поля по химическому фактору присвоен класс 2 условий труда; рабочему месту аппаратчика-гидрометаллурга отделения экстракции и электролиза по химическому фактору — класс 3.2 (с учетом превышения в 3,3 раза ПДК серной кислоты, обладающей раздражающим действием).

2. Среди существующих способов получения меди гидрометаллургические процессы характеризуются наименьшими значениями канцерогенного риска по сравнению с пирометаллургией меди.

3. При гидрометаллургическом способе получения меди способом подземного выщелачивания значения канцерогенного риска, превышающие приемлемый уровень, отмечаются в отделении экстракции и обусловлены экспозиция к кадмию.

4. Для уменьшения канцерогенного риска для работающих в отделении экстракции снижение содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны возможно путем внедрения эффективных вентиляционных установок.

Литература

1. О реализации системного подхода к оценке и управлению канцерогенными рисками для рабочих, занятых в металлургических цехах / В. И. Адриановский [и др.] // Гигиена и санитария. — 2017. — № 12. — С. 1161–1166.

2. Применение методики оценки профессионального канцерогенного риска для рабочих, занятых на разных этапах современного пирометаллургического производства меди / В. И. Адриановский [и др.] // Санитарный врач. — 2016. — № 7. — С. 27–31.

3. Мельцер, А. В. Гигиеническое обоснование комбинированных моделей оценки профессионального риска / А. В. Мельцер, А. В. Киселев // Медицина труда и пром. экология. — 2009. — № 4. — С. 1–5.

4. Набойченко, С. С. Гидрометаллургия меди / С. С. Набойченко, В. И. Смирнов. — М.: Металлургия, 1974. — 272 с.

5. Серебряков, П. В. Использование оценки канцерогенного риска на горнорудных и металлургических предприятиях Заполярья / П. В. Серебряков // Гигиена и санитария. — 2012. — № 5. — С. 78–97.

Поступила 27.08.2018

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ В СОСТОЯНИИ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ, ЗАНЯТЫХ НА ВЫПОЛНЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОЧИХ СМЕН

¹Шур П. З., д.м.н., shur@fcrisk.ru,

²Шляпников Д. М., к.м.н., dom.dima@mail.ru,

¹Власова Е. М., к.м.н., vlasovaem@fcrisk.ru,

¹Редько С. В., к.м.н., redkosv@fcrisk.ru

¹Федеральное бюджетное учреждение наука «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Пермь, Российская Федерация;

²Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Пермскому краю, г. Пермь, Российская Федерация

Интенсивное развитие калийной горнорудной промышленности неразрывно связано с увеличением добычи полезных ископаемых, вовлечением в трудовой процесс все большего числа работающих, а также влиянием на рабочих комплекса производственных факторов — изоляция от земной поверхности, специфичный охлаждающий микроклимат, значительная запыленность рудничного воздуха, шум, вибрация, пониженная освещенность.

По данным Баевского Р. М., переход работников к трудовой деятельности в условиях увеличения продолжительности рабочей смены приводит к выраженным сдвигам в функциональном состоянии организма. В качестве одного из лимитирующих факторов при выборе той или иной формы организации труда должны выступать адаптационные возможности организма работника. Это тот функциональный резерв, который расходуется на поддержание равновесия между организмом и производственной средой. Главным фактором при работе в условиях увеличения продолжительности рабочей смены, различной продолжительности рабочих циклов и между-сменных периодов, вызывающим стойкие функциональные нарушения, является синдром перегрузки, при котором наступает некомпенсируемое утомление.