

УДК 613.6-616-057: 616-006.1

# РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАНЦЕРОГЕННЫХ РИСКОВ ДЛЯ РАБОЧИХ, ЗАНЯТЫХ В ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕДИ

*Е. Е. Шмакова<sup>1</sup>, Г. Я. Липатов<sup>1</sup>, В. И. Адриановский<sup>1</sup>, Е. А. Кузьмина<sup>2</sup>, Н. В. Злыгостева<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России*

*<sup>2</sup>ФБУН «Екатеринбургский медицинский — научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора*

**Резюме.** Проведена гигиеническая оценка вклада факторов рабочей среды в формирование канцерогенного риска рабочих, занятых в гидрометаллургическом производстве меди. Показано, что при получении катодной меди по схеме, включающей подземное выщелачивание, экстракцию и электролиз, прогнозные значения канцерогенного риска (КР), рассчитанные на 25 лет стажа, для профессии аппаратчика-гидрометаллурга отделения экстракции находятся в неприемлемом диапазоне ( $КР \geq 1,0 \times 10^{-3}$ ). Основным фактором, формирующим канцерогенный риск на этапе экстракции, является кадмий. Гидрометаллургические процессы характеризуются наименьшими значениями канцерогенного риска по сравнению с пирометаллургией меди.

**Ключевые слова:** канцерогенный риск, гидрометаллургия меди, подземное выщелачивание, экстракция, электролиз, аппаратчик-гидрометаллург, кадмий.

## THE RESULTS OF THE ASSESSMENT OF OCCUPATIONAL CARCINOGENIC RISKS FOR WORKERS IN THE PROCESSING OF HYDROMETALLURGICAL COPPER PRODUCTION

*Ekaterina E. Shmakova, assistant of Department of Hygiene and Occupational Diseases, Ural State Medical University, Russia, 620036, Yekaterinburg, Sukhodolian St., 47-366, +7 (343) 214-86-93, ekaterina-cypush@mail.ru*

*Georgy Ya. Lipatov, Head of Department of Hygiene and Occupational Diseases, Ural State Medical University, professor, MD, Russia, 620000, Yekaterinburg, Rodonitovaya St., 32A-6, +7 (343) 214-86-93, +7 (343) 381-31-49, isaeva20a@yandex.ru*

*Vadim I. Adrianovsky, professor assistant, Department of Hygiene and Occupational Diseases, Ural State Medical University, PhD, Russia, 620149, Yekaterinburg, Gromova St., 142-48, +7 (343) 214-86-93, (343) 235-48-49, adrianovsky@k66.ru*

*Elena A. Kuz'mina, Head of Department of complex problems of hygiene and prevention of diseases of the population, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection of Industrial Workers, Russia, 620000, Yekaterinburg, Popova St., 30, +7 (343) 371-81-29, risk@ymrc.ru*

*Natal'ya V. Zlygosteva, Junior researcher of Yekaterinburg Medical Research Center for*

*Prophylaxis and Health Protection of Industrial Workers, Russia, 624136, Novouralsk, Tegentsev St., 6–103, +7 (343) 253-87-54, epican.znv@gmail.com*

**Summary.** A hygienic assessment was conducted of the contribution of the working environment to formation of a carcinogenic risk for workers engaged in hydrometallurgical copper production. It was shown that when the copper cathode processed (scheme consisting underground leaching, extraction and electrolysis) the predicted values of carcinogenic risk (CR), calculated for 25 years of experience, for the hydrometallurgical equipment operator of extraction department were in an unacceptable range ( $CR \geq 1.0 \times 10^{-3}$ ). The main factor that forms carcinogenic risk was cadmium. However, the carcinogenic risk in copper hydrometallurgy is significantly lower than in pyrometallurgy of copper.

**Keywords:** *carcinogenic risk, hydrometallurgy of copper, underground leaching, extraction, electrolysis, hydrometallurgical equipment operator, cadmium.*

## АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

В последние десятилетия отечественная цветная металлургия сталкивается с проблемой обеднения рудных запасов и удорожания передела, что вынуждает осуществлять поиск иных, альтернативных пирометаллургическому, способов получения меди. Гидрометаллургические процессы позволяют использовать бедные и забалансовые руды, переработка которых пирометаллургическим способом экономически невыгодна, а зачастую и технически невозможна. Сущность гидрометаллургического способа заключается в получении меди путем ее перевода из породы в раствор (выщелачивание) и последующего осаждения металлической меди [8]. Получение меди гидрометаллургическим способом не предполагает высокотемпературных плавок, резко сокращает выбросы вредных веществ, в том числе серосодержащих газов, в атмосферу. Однако такая технология требует всесторонней гигиенической оценки. Присутствие в медьсодержащих рудах мышьяка, свинца, кадмия, никеля ставит задачу оценить канцерогенные риски (КР) для рабочих, занятых получением рафинированной меди способом подземного выщелачивания [5]. Результаты оценки профессиональных КР могут служить, наряду с экспериментальными и эпидемиологическими данными, основанием для оценки канцерогенной опасности производственных процессов [2, 6].

**Цель исследования** — оценка профессиональных канцерогенных рисков для работающих, занятых в гидрометаллургическом производстве меди способом подземного выщелачивания.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведена оценка КР для работающих, занятых на гидрометаллургическом комплексе (ГМК) предприятия, специализирующегося на выпуске катодной меди.

В основу расчета ингаляционного КР взяты подходы, изложенные в «Руководстве по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [9] и исследованиях П. В. Серебрякова [10] и А. В. Мельцера [7]. 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 в год по 8 часов) и факторов канцерогенного потенциала веществ при ингаляционном поступлении ( $SFi$ , мг/ (кг × 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  $КР \geq 1,0 \times 10^{-3}$  [9]. При неприемлемом КР рассчитывалась продолжительность стажа работы, при котором достигается верхний пре-

Таблица

Прогнозные значения канцерогенных рисков на 25 лет стажа для работающих, занятых в гидрометаллургическом производстве меди

Рабочее место	Канцерогенные вещества (SF, (мг/кг в день) <sup>-1</sup> )		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	—	$4,1 \times 10^{-6}$	$4,1 \times 10^{-6}$

дел допустимого профессионального риска.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

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 рекстрагируется 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 следующими специальностями: опера-

тор и аппаратчик-гидрометаллург отделения экстракции и электролиза.

В помещении обоих отделений оборудована система механической общеобменной приточно-вытяжной вентиляции. Помимо этого, электролизные ванны оборудованы местной вытяжкой в виде бортовых отсосов. Рабочее место оператора располагается в изолированной кабине, что препятствует перетеканию в нее воздушных масс из отделений экстракции и электролиза.

На всех изученных рабочих местах ГМК среднесменные концентрации мышьяка в воздухе рабочей зоны не превышали ПДК (0,01 мг/м<sup>3</sup>), 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/м<sup>3</sup>. Среднесменные концентрации кадмия в отделении экстракции были 0,007 мг/м<sup>3</sup>, 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 оператор-

ра  $4,0 \times 10^{-6}$  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 кончая 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 [4]. 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, 3].

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 16-летнему стажу работы аппаратчика-гидрометаллурга отделения экстракции обусловлено присутствием неорганических соединений кадмия в растворе, поступающем на экстракцию, тогда как на электролиз поступает раствор, очищенный от примесей и не содержащий кадмий и другие канцерогенные вещества.

### ВЫВОДЫ

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

2. При гидрометаллургическом получении меди способом подземного выщелачивания значения канцерогенного риска, превышающие приемлемый уровень, отмечаются в отделении экстракции и обусловлены экспозицией к кадмию.

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

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адриановский В. И., Злыгостева Н. В., Кузьмина Е. А. [и др.]. Применение методики оценки профессионального канцерогенного риска для рабочих, занятых на разных этапах современного пирометаллургического производства меди // Санитарный врач. — 2016. — № 7. — С. 27–31.
2. Адриановский В. И., Кузьмина Е. А., Злыгостева Н. В. [и др.]. О реализации системного подхода к оценке и управлению канцерогенными рисками для рабочих, занятых в металлургических цехах // Гигиена и санитария. — 2017. — № 12. — С. 1161–1166.
3. Адриановский В. И., Липатов Г. Я., Кузьмина Е. А. [и др.]. Оценка профессионального канцерогенного риска для здоровья работников предприятия по получению черновой меди // Анализ риска здоровью. — 2017. — № 1. — С. 98–105.
4. Адриановский В. И., Липатов Г. Я. Использование оценки профессионального канцерогенного риска для рабочих, занятых в обогащении медьсодержащих руд // Санитарный врач. — 2013. — № 10. — С. 46–49.

5. Адриановский В. И., Липатов Г. Я., Поплавских С. Ю. Оценка содержания пыли и токсических веществ в воздухе рабочей зоны основных профессий при гидрометаллургическом производстве меди // Уральский медицинский журнал. — 2011. — № 9. — С. 13–15.
6. Гурвич В. Б., Кузьмина Е. А., Адриановский В. И. Методические подходы к оценке канцерогенной опасности развития злокачественных новообразований, связанных с производственной деятельностью, в рамках санитарно-гигиенической паспортизации канцерогеноопасных предприятий // Медицина труда и промышленная экология. — 2017. — № 9. — С. 57.
7. Мельцер А. В., Киселев А. В. Гигиеническое обоснование комбинированных моделей оценки профессионального риска // Медицина труда и промышленная экология. — 2009. — № 4. — С. 1–5.
8. Набойченко С. С., Смирнов В. И. Гидрометаллургия меди. — М.: Metallurgia, 1974. — 272 с.
9. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: Р 2.1.10.1920–04. — М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2004. — 129 с.
10. Серебряков П. В. Использование оценки канцерогенного риска на горнорудных и металлургических предприятиях Заполярья // Гигиена и санитария. — 2012. — № 5. — С. 95–98.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Шмакова Екатерина Евгеньевна** — ассистент кафедры гигиены и профессиональных болезней, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Екатеринбург, E-mail: [ekaterina-cyrush@mail.ru](mailto:ekaterina-cyrush@mail.ru)

**Липатов Георгий Яковлевич** — д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой гигиены и профессиональных болезней, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Екатеринбург, E-mail: [isaeva20a@yandex.ru](mailto:isaeva20a@yandex.ru)

**Адриановский Вадим Иннович** — канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры гигиены и профессиональных болезней, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Екатеринбург, E-mail: [adrianovskiy@k66.ru](mailto:adrianovskiy@k66.ru)

**Кузьмина Елена Анатольевна** — зав. отделом комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения, ФБУН «Екатеринбургский медицинский — научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора, Екатеринбург, E-mail: [risk@umtc.ru](mailto:risk@umtc.ru)

**Злыгостева Наталья Викторовна** — младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии и профилактики рака отдела комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения, ФБУН «Екатеринбургский медицинский — научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, Екатеринбург, E-mail: [epican.znv@gmail.com](mailto:epican.znv@gmail.com)



Реклама

## ЖУРНАЛ «ГЛАВВРАЧ»

Журнал «Главврач» помогает руководителям медицинских организаций принимать оптимальные управленческие решения на основе современных знаний о менеджменте и маркетинге. Материалы, публикуемые в журнале, помогают главным врачам правильно анализировать показатели ЛПУ, эффективно использовать финансовые ресурсы, грамотно оценивать показатели качества медицинской помощи, оптимально распределять заработную плату медперсонала и т. д. В журнале «Главврач» регулярно публикуются новые нормативные документы правительства и Минздрава России с комментариями ведущих специалистов в области управления здравоохранением. Все это представляет интерес не только для главных врачей и их заместителей, но и для руководителей и специалистов департаментов, управлений и министерств здравоохранения как регионального, так и федерального уровня.

Консультации по подписке можно получить по тел.: 8 (495) 274-2222 (многоканальный)

Тел. редакции: 8 (495) 274-2222 (многоканальный)  
[www.panor.ru](http://www.panor.ru)