

Статья поступила в редакцию 17.01.2018 г.

Голиков Р.А., Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Корсакова Т.Г.
 Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний,
 г. Новокузнецк, Россия

НЕКАНЦЕРОГЕННЫЙ РИСК ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ВЫБРОСАМИ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

Предмет исследования – атмосферные выбросы угольной шахты г. Новокузнецка.

Цель исследования – оценить неканцерогенный риск воздействия на население г. Новокузнецка и Новокузнецкого района выбросов в воздушный бассейн ОАО «Шахта «Полосухинская».

Методы исследования. Анализ атмосферных выбросов шахты проводился на основе изучения тома предельно допустимых выбросов (ПДВ). Определены индексы неканцерогенной опасности выбросов по загрязняющим примесям и источникам загрязнения. Рассчитаны максимальные и среднегодовые концентрации токсичных веществ от каждого источника выбросов в каждой из точек воздействия концентраций токсичных веществ (ТВК), связанных с микрорайонами жилой зоны, на основе данных по расстоянию между каждой из ТВК и каждым источником выбросов, рассчитаны неканцерогенные риски для здоровья населения.

Основные результаты. Установлены индексы опасности выбросов в воздух Новокузнецка и Новокузнецкого района от предприятия угольной промышленности. Рассчитаны риски хронической интоксикации, связанные с выбросами таких веществ, как диоксид железа, диоксид серы, диоксид углерода, диоксид марганца, диоксид азота, зола углей (с содержанием SiO₂ 20-70 %), фтористые газообразные соединения. Проведено сопоставление суммарных рисков с приемлемыми уровнями по каждой из точек воздействия.

Заключение. ОАО «Шахта «Полосухинская» вносит свой вклад в загрязнение атмосферного воздуха г. Новокузнецка и Новокузнецкого района, при этом хроническое ингаляционное воздействие на здоровье населения г. Новокузнецка и Новокузнецкого района не оказывается.

Ключевые слова: угольная шахта; атмосферные выбросы; загрязняющие примеси; индекс опасности; неканцерогенный риск.

Golikov R.A., Surzhikov D.V., Kislitsyna V.V., Korsakova T.G.

Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, Russia

NON-CARCINOGENIC RISK FOR HEALTH OF THE POPULATION DUE TO AIR POLLUTION BY COAL MINE EMISSIONS

Subject – atmospheric emissions of a coal mine in Novokuznetsk.

Objective – to assess the non-carcinogenic risk of the exposure to the emissions into the air basin of «Polosukhinskaya Mine», OJSC, for the population of Novokuznetsk and Novokuznetsk district.

Methods. The analysis of the mine's atmospheric emissions has been carried out on the basis of a study on the volume of maximum permissible emissions (MPE). The indexes of non-carcinogenic hazard of the emissions by the contaminating impurities and pollution sources were determined. The maximum and average annual concentrations of toxic substances from each source of the emissions at each point of the exposure to concentrations (PEC) of toxic substances related to the microdistricts of residential area were calculated based on the data on the distance between each PEC and each source of the emissions, and non-carcinogenic risks to population health were calculated.

Main results. Hazard indexes of air emissions by the coal industry enterprise in Novokuznetsk and Novokuznetsk district have been established. The risks of chronic intoxication related to the emissions of such substances as diiron trioxide, sulfur dioxide, carbon oxide, manganese, nitrogen dioxide, coal ash (with a SiO₂ content of 20-70 %), fluoride gaseous compounds were calculated. A comparison of total risks with the acceptable levels for each point of the exposure was carried out.

Conclusions. «Polosukhinskaya Mine», OJSC, contributes to the pollution of the atmospheric air in Novokuznetsk and Novokuznetsk district, herewith chronic inhalation effect on the health of the population in Novokuznetsk and Novokuznetsk district is not provided.

Key words: coal mine; atmospheric emissions; contaminating impurities; hazard index; non-carcinogenic risk.

Вовлечение России в мировые интеграционные процессы обуславливает необходимость гармонизации системы управления качеством среды обитания с требованиями, рекомендуемыми ведущими международными организациями в медико-профилактической политике и природоохранной деятельности. Решение данной проблемы в большинстве стран ми-

ра и международных организаций связывают с разработкой и внедрением концепции анализа риска для здоровья населения, которая позволяет использовать надежные диагностические и количественные критерии принятия управленческих решений. В России методология анализа риска достаточно широко и успешно используется с середины 90-х годов прошлого века [1, 2].

Кемеровская область – крупный промышленный регион России с высоким экономическим потенциалом. Угольная промышленность является основой экономики Кемеровской области, на ее долю приходится более 30 % промышленного производства региона. Практически во всех городах области присутс-

Корреспонденцию адресовать:

КИСЛИЦЫНА Вера Викторовна,
 654041, г. Новокузнецк, ул. Кулузова, 23.
 ФГБНУ НИИ КПППЗ.
 Тел.: 8 (384-3)796-549; 7-903-994-88-16.
 E-mail: ecologia_nie@mail.ru

твуют шахты, разрезы и обогатительные фабрики. При этом высокий техногенный уровень Кузбасса и ежегодное увеличение объемов добычи полезных ископаемых не лучшим образом сказываются на общем экологическом состоянии области. Проблема загрязнения атмосферного воздуха — наиболее острая из экологических проблем Кемеровской области. Особенно критическое положение сложилось в г. Новокузнецке, который является одним из центров угольной промышленности, и в котором загрязнение окружающей среды находится на высоком уровне из-за несовершенства применяемых технологий, износа оборудования, низкой эффективности очистных сооружений [3, 4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

ОАО «Шахта «Полосухинская» (бывший блок № 1 шахты «Большевик») — одно из основных угледобывающих предприятий г. Новокузнецка. С сентября 2011 г. ОАО «Шахта «Полосухинская» вошла в состав ООО «Западно-Сибирская угольная компания» (ЗСУК). Шахта «Полосухинская» разрабатывает Байдаевское месторождение каменного угля, расположенное на северо-востоке г. Новокузнецка.

В работе проведен анализ тома предельно допустимых выбросов данного промышленного предприятия, который содержит все параметры выбросов: количество и наименование источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, высота и диаметр этих источников, скорость выхода газовой смеси из устья источника, температура газовой смеси, а также количество выбросов каждого из токсичных веществ, выраженное как в тоннах в год (т/год), так и в граммах в секунду (г/с).

На основании карты города были определены 9 точек воздействия концентраций (ТВК) токсичных веществ — контрольных точек, связанных с микрорайонами жилой застройки. Данные ТВК использовались для расчета рисков, связанных с выбросами в воздушный бассейн ОАО «Шахта «Полосухинская» (табл. 1).

Располагая данными по расстоянию между каждой из ТВК и каждым источником выбросов, рассчитывались максимальные и среднегодовые концентрации токсичных веществ от каждого источника выбросов в каждой из ТВК. Оценка риска, связанного с расчетными концентрациями атмосфер-

ных примесей, проводилась на основе расчетов максимальных и среднегодовых концентраций с использованием «Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий (ОНД-86)» [5].

Индивидуальный хронический риск определяется как вероятность приобретения хронического заболевания или вероятность смерти в результате хронического воздействия от вдыхания вещества, идентифицированного как ингаляционное токсичное вещество, и рассчитывается на определенный период воздействия.

При расчете эффектов, которые связаны с длительным, т.е. хроническим, воздействием загрязняющих веществ, применяется информация об их осредненных минимум за год концентрациях.

При наличии на исследуемой территории нескольких точек воздействия все расчеты риска проводятся как индивидуально для каждой точки, так и суммарно по всем исследуемым веществам.

Расчет неканцерогенного риска для здоровья осуществлялся в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р 2.1.10.1920-04) [6].

Полученные значения риска сопоставляются с их приемлемым значением. Для неканцерогенного риска это значение составляет 0,02.

Таблица 1
Районы точек воздействия концентраций
и их координаты
Table 1
Areas of the points of exposure to concentrations
and their coordinates

№ ТВК	Широта (градус и секунды)	Долгота (градус и секунды)	Район	Приближенный микрорайон города
1	53.934528°	87.339657°	Новокузнецкий	пос. Бардино
2	53.897967°	87.42817°	Новокузнецкий	деревня Есауловка
3	53.955253°	87.341309°	Новокузнецкий	пос. Сидорово
4	53.88603°	87.310238°	Заводской	Космическое шоссе
5	53.955884°	87.369633°	Новокузнецкий	пос. Чистогорский
6	53.906766°	87.181321°	Новокузнецкий	с. Ильинка
7	53.930423°	87.247239°	Новокузнецкий	с. Шорохово
8	53.989405°	87.267495°	Новокузнецкий	с. Казанково
9	53.982339°	87.338906°	Новокузнецкий	с. Терехино

Примечание: ТВК - точки воздействия концентраций.
Note: PEC - points of exposure to concentrations.

Сведения об авторах:

ГОЛИКОВ Роман Анатольевич, канд. мед. наук, ст. науч. сотрудник, лаборатория прикладных гигиенических исследований, ФГБУ НИИ КППЗ, г. Новокузнецк, Россия. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

СУРЖИКОВ Дмитрий Вячеславович, доктор биол. наук, доцент, зав. лабораторией прикладных гигиенических исследований, ФГБУ НИИ КППЗ, г. Новокузнецк, Россия. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

КИСЛИЦЫНА Вера Викторовна, канд. мед. наук, зав. лабораторией экологии и гигиены окружающей среды, ФГБУ НИИ КППЗ, г. Новокузнецк, Россия. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

КОРСАКОВА Татьяна Георгиевна, канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник, лаборатория прикладных гигиенических исследований, ФГБУ НИИ КППЗ, г. Новокузнецк, Россия. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На предприятии выявлены два организованных источника выбросов: кузнечный горн (труба) и сварка и окраска (труба).

Среди веществ, отобранных для расчёта, отсутствуют вещества, обладающие канцерогенным потенциалом.

В перечень основных загрязняющих веществ, отобранных для оценки неканцерогенного риска, вошли диЖелезо триоксид (железа оксид), сера диоксид, углерод оксид, марганец и его соединения, азот диоксид, зола углей (с содержанием SiO_2 20-70 %), фтористые газообразные соединения.

ДиЖелезо триоксид относится к аэрозолям преимущественно фиброгенного действия. Оказывает негативное воздействие на органы дыхания человека. При длительном вдыхании откладывается в легких и вызывает сидероз, а также его соединения действуют раздражающе на пищеварительный канал и вызывают рвоту.

Сера диоксид вызывает даже при низких концентрациях бронхиты и раздражение слизистых оболочек организма. Воздействие диоксида серы приводит к увеличению показателя общей смертности от заболеваний органов дыхания и сердечно-сосудистых заболеваний.

Углерод оксид крайне ядовит. При его вдыхании развивается кислородная недостаточность, которая проявляется в нарушениях центральной нервной системы (тяжесть и ощущение сдавливания головы, сильная боль во лбу и висках, головокружение, дрожь, жажда, учащение пульса, тошнота, рвота, повышение температуры тела). Также оксид углерода служит причиной поражения дыхательной системы, снижения остроты зрения, вызывает спазмы сосудов.

Марганец и его соединения поступают в организм в основном через желудочно-кишечный тракт и частично респираторным путем. Избыточное накопление марганца в организме сказывается в первую очередь на функционировании центральной нервной системы. Это проявляется в утомляемости, сонливости, ухудшении памяти. Марганец является политропным ядом, поражающим также легкие, сердечно-сосудистую и гепатобилиарную системы, вызывает аллергический и мутагенный эффект.

Азот оксид при вдыхании связывается с гемоглобином крови, при этом образуется нес-

тойкое соединение, которое быстро переходит в метгемоглобин. При образовании значительных количеств метгемоглобина транспортировочная функция крови резко нарушается. Происходит снижение содержания сахара и белков в крови. Также диоксид и оксид азота обладают раздражающим воздействием на слизистые оболочки и верхние дыхательные пути организма.

Зола углей оказывает воздействие на дыхательные пути, при этом учащаются случаи кашля, а также бронхитов и бронхиальной астмы. Такое воздействие может оказываться вплоть до смертности от заболеваний органов дыхания и сердечно-сосудистых заболеваний.

Фтористые газообразные соединения обладают высокой токсичностью, оказывают раздражающее действие на глаза, вызывают ожоги слизистых оболочек и кожи, стеснение в груди, сухой кашель. При длительном воздействии возможен токсический отек легких, нарушения работы центральной нервной системы, печени, мышечной ткани.

Характеристика выбросов по загрязняющим примесям и источникам загрязнения представлена в таблице 2.

Выявлено, что количество выбросов неканцерогенных веществ находится в диапазоне от 0,001 т/год до 0,276 т/год и от 0,0002 г/с до 0,05 г/с. Основ-

Таблица 2
Характеристика выбросов по загрязняющим примесям и источникам загрязнения
Table 2
Characteristics of the emissions by contaminating impurities and pollution sources

Загрязняющие примеси и источники выбросов	Выбросы (суммарно по источникам), т/год	Выбросы (суммарно по источникам), г/с
Загрязняющие примеси		
ДиЖелезо триоксид (железа оксид)	0,023	0,004
Сера диоксид	0,028	0,005
Углерод оксид	0,276	0,051
Марганец и его соединения	0,004	0,0007
Азот диоксид	0,011	0,002
Зола углей (с содержанием SiO_2 20-70%)	0,196	0,0036
Фтористые газообразные соединения	0,001	0,0002
Источники выбросов		
Кузнечный горн (труба)	0,511	0,094
Сварка и окраска (труба)	0,028	0,0049
Суммарно	0,539	0,0665

Information about authors:

GOLIKOV Roman Anatolyevich, candidate of medical sciences, senior research associate, the laboratory for applied hygienic researches, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, Russia. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

SURZHNIKOV Dmitry Vyacheslavovich, doctor of biological sciences, associate professor, head of the laboratory for applied hygienic researches, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, Russia. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

KISLITSYNA Vera Victorovna, candidate of medical sciences, head of the laboratory of ecology and environmental health, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, Russia. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

KORSAKOVA Tatyana Georgievna, candidate of biological sciences, leading research associate, the laboratory for applied hygienic researches, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, Russia. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

ной вклад в загрязнение воздушной среды вносят углерод оксид и зола углей. Количество выбросов от источников загрязнения находится в диапазоне от 0,028 т/год до 0,511 т/год и от 0,0049 г/с до 0,0616 г/с. Основным источником загрязнения является кузнечный горн.

Индексы неканцерогенной опасности выбросов по загрязняющим веществам и по источникам загрязнения показаны в таблице 3.

Суммарный индекс неканцерогенной опасности составил 23489,18. Наибольший индекс опасности и удельный вес выявлен у таких веществ, как марганец и его соединения и зола углей. Наибольший индекс опасности среди источников наблюдается у трубы кузнечного горна.

Дальнейшие расчеты показали, что максимальные концентрации неканцерогенных веществ варьируются в пределах от $1,44 \times 10^6$ мг/м³ до 0,0014 мг/м³. Наибольшие концентрации каждого вещества наблюдаются на территории поселка Бардино, являющегося ближайшей точкой к предприятию. Среди рассматриваемых веществ не было обнаружено превышения ПДК.

Средние концентрации вредных веществ определялись как произведение максимальной концентрации вещества в точке и его весового коэффициента. Средние концентрации неканцерогенных веществ варьируются в пределах от $2,23 \times 10^7$ мг/м³ до $2,44 \times 10^4$ мг/м³. Наибольшие концентрации каждого вещества наблюдаются на территории поселка Бардино. Среди рассматриваемых веществ не было обнаружено превышения ПДК.

Показано, что в г. Новокузнецке и Новокузнецком районе при постоянном воздействии на протяжении всей жизни выбросов ОАО «Шахта «Полосухинская» в наибольшей степени будут проявляться симптомы хронической заболеваемости на территории посёлка Бардино (риск колеблется от $4,76 \times 10^5$ до 0,013 в зависимости от воздействующего вещества), поселка Сидорово (от $6,4 \times 10^6$ до 0,007), а также шоссе Космического (от $6,35 \times 10^6$ до 0,007). Наибольшее воздействие оказывают такие вещества, как марганец, азот диоксид, фтористые газообразные соединения. Суммарный риск хронической интоксикации имеет наибольшее значение на территории посёлка Бардино и составляет 0,027, минимальное значение — на территории села Ильинка, находящегося на большем расстоянии от предприятия.

Полученные значения риска сопоставлялись с приемлемым значением (0,02). Расчеты превышения приемлемого значения риска представлены в таблице 4.

Суммарные значения риска по точкам воздействия, выраженные в кратностях превышения приемлемого риска, не достигают единицы. Наибольшее зна-

Таблица 3
Индексы неканцерогенной опасности выбросов по загрязняющим примесям и источникам загрязнения
Table 3
Indexes of non-carcinogenic hazard of the emissions by contaminating impurities and pollution sources

Загрязняющие примеси и источники выбросов	Индекс опасности	Удельный вес, %
Загрязняющие примеси		
ДиЖелезо триоксид (железа оксид)	126,5	0,54
Сера диоксид	154	0,66
Углерод оксид	15,18	0,06
Марганец и его соединения	22000	93,66
Азот диоксид	60,5	0,26
Зола углей (с содержанием SiO ₂ 20-70%)	1078	4,59
Фтористые газообразные соединения	55	0,23
Источники выбросов		
Кузнечный горн (труба)	22181,5	94,43
Сварка и окраска (труба)	1307,68	5,567159007
Суммарно	23489,18	100

Таблица 4
Суммарные значения неканцерогенного риска по точкам воздействия, выраженные в долях превышения приемлемого риска
Table 4
The total values of non-carcinogenic risk by exposure points expressed in the shares of the excess of an acceptable risk

№ ТВК	Неканцерогенный риск
1	0,03
2	0,003
3	0,009
4	0,009
5	0,006
6	0,003
7	0,005
8	0,003
9	0,004

Примечание: ТВК - точки воздействия концентраций.
Note: PEC - points of exposure to concentrations.

чение риска наблюдается на территории поселка Бардино и составляет 0,03.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты исследования показали, что ОАО «Шахта «Полосухинская» вносит определенный вклад в загрязнение воздушной среды г. Новокузнецка, не оказывая при этом неканцерогенного воздействия на здоровье население Новокузнецка и Новокузнецкого района.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Avaliani SL, Bezpalko LE, Bobkova TE, Mishina AL. Perspective directions of the development of the methodology of risk analysis in Russia. *Hygiene and sanitation*. 2013; (1): 33-35. Russian (Авалиани С.Л., Безпалько Л.Е., Бобкова Т.Е., Мишина А.Л. Перспективные направления развития методологии анализа риска в России // Гигиена и санитария. 2013. № 1. С. 33-35.)

2. Avaliani SL, Andrianova MM, Pechennikova EV et al. Environment. Assessment of health risk (world experience). M.: Consulting Center for Risk Assessment, 1996. 158 p. Russian (Авалиани С.Л., Андрианова М.М., Печеникова Е.В. и др. Окружающая среда. Оценка риска для здоровья (мировой опыт). М.: Консультационный центр по оценке риска, 1996. 158 с.)
3. Zakharenkov VV, Oleshchenko AM, Surzhikov DV, Kislitsyna VV, Korsakova TG, Golikov RA. Assessment of ecological risks associated with air pollution in residential areas of an industrial city. *Academic Journal of Western Siberia*. 2015; 11(5): 52. Russian (Захаренков В.В., Олещенко А.М., Суржииков Д.В., Кислицына В.В., Корсакова Т.Г., Голиков Р.А. Оценка экологического риска, связанного с загрязнением воздуха селитебных зон промышленного города // Академический журнал Западной Сибири. 2015. Т. 11, № 5. С. 52.)
4. Surzhikov DV, Kislitsyna VV, Oleshchenko AM. Influence of the emissions of coal industry enterprises on public health. *Medicine in Kuzbass*. 2017; (3): 27-32. Russian (Суржииков Д.В., Кислицына В.В., Олещенко А.М. Влияние выбросов предприятий угольной промышленности на здоровье населения // Медицина в Кузбассе. 2017. № 3. С. 27-32.)
5. Method for calculating the concentrations in atmospheric air of adverse substances contained in the emissions of enterprises (OND-86). Leningrad: Gidrometeoizdat, 1986. 65 p. Russian (Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86). Л.: Гидрометеиздат, 1986. 65 с.)
6. Guidelines for the assessment of the public health risk when exposed to chemicals polluting the environment «G 2.1.10.1920-04». M.: Federal Center for Sanitary and Epidemiological Supervision of the Russian Ministry of Health, 2004. 143 p. Russian (Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: Р 2.1.10.1920-04. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава РФ, 2004. 143 с.)



Статья поступила в редакцию 8.02.2018 г.

Хамитов Т.Н.

Национальный центр гигиены труда и профессиональных заболеваний,
г. Караганда, Республика Казахстан

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА РАБОЧИХ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ПРОЦЕССЕ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Цель работы – физиологическая оценка функционального состояния организма рабочих прокатного производства в процессе трудовой деятельности в зависимости от профессиональной принадлежности.

Методы исследования. Объекты исследования: рабочие листопрокатного производства АО «Арселор Миттал – Темиртау». Методы исследования: физиологические и статистические.

Основные результаты. Представленные результаты исследования позволили сделать вывод о негативном влиянии прокатного производства на организм рабочих. При этом, несмотря на имеющиеся признаки адаптированности организма к производственным нагрузкам, у отдельных функциональных систем наблюдается снижение резервных возможностей. Степень выраженности уровня функционального напряжения организма зависит от длительности контакта с вредными факторами и степени непосредственного участия в управлении и обслуживании основного технологического процесса прокатного производства.

Ключевые слова: прокатное производство; основные и вспомогательные профессии; функциональное напряжение.

Khamitov T.N.

National Center of Labor Hygiene and Occupational Diseases, Karaganda, Republic of Kazakhstan

PHYSIOLOGICAL ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL STATE OF ORGANISM OF WORKERS OF THE ROLLING PRODUCTION IN THE COURSE OF EMPLOYMENT

The purpose of the work – the work is devoted to the physiological assessment of the functional state of organism of workers of the rolling production in the course of employment, depending on occupational category.

Methods. Objects of research: performance of rolling production of JSC «Arcelor Mittal – Temirtau». Research methods: physiological and statistical.

Results. The results of the study allowed to conclude that the negative effects of rolling operations on the body of the workers, thus, despite indications of adaptation of the organism to the production activity, the individual functional systems, a decrease in reserve capacity. The severity level of functional tension of organism depends on the duration of contact with harmful factors and the degree of direct participation in the management and maintenance of the main technological process of the rolling production.

Key words: rolling production; primary and secondary professions; the functional voltage.