



УДК 613.6.027



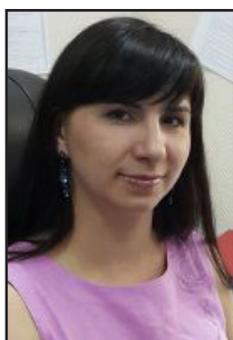
БЕЗОПАСНОСТЬ

# Оценка вредных химических факторов при обслуживании аккумуляторных батарей



Владимир АКСЕНОВ  
Vladimir A. AKSENOV

Оксана ЮДАЕВА  
Oksana S. YUDAIEVA



Елена ОВАНЕСОВА  
Elena A. OVANESOVA

*Аксенов Владимир Алексеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность» МИИТ, Москва, Россия.*

*Юдаева Оксана Сергеевна – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник ВНИИ железнодорожной гигиены Роспотребнадзора, Москва, Россия.*

*Ованесова Елена Алексеевна – ассистент МИИТ, Москва, Россия.*

**Assessment of Harmful Chemical Factors in Maintenance of Batteries**  
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 194)

**В статье анализируется специфика аспектов профессионального риска здоровью работников аккумуляторного отделения пассажирского вагонного депо, обусловленных химическим загрязнением производственной среды. Представлены результаты исследования содержания тяжелых металлов в рабочих помещениях, рассмотрены вопросы контроля и нормирования условий труда при наличии вредных химических факторов.**

**Ключевые слова:** железная дорога, вагонное депо, аккумуляторные батареи, химический фактор, тяжелые металлы, контроль и нормирование, производственная среда.

Обязательными аспектами обеспечения безопасных условий труда работающего населения являются расшифровка этиологической обусловленности заболеваний человека, выявление факторов риска нарушений состояния здоровья как у отдельного индивидуума, так и у определенных профессиональных организованных групп лиц. В рамках модернизации системы охраны труда, проводящейся сегодня на государственном и отраслевом уровне, должны быть решены задачи перехода к превентивной системе сохранения здоровья граждан и трудового потенциала страны [1]. До сих пор вопросам оценки вредного воздействия факторов производственной среды аккумуляторных отделений уделялось недостаточно внимания, нет достоверных данных о степени химического загрязнения помещений обслуживания и заряда аккумуляторных батарей (АБ) подвижного состава.

Отдельной задачей представляется в этом плане исследование неблагоприятного химического воздействия на персонал в процессе обслуживания АБ в пассажирских вагонных депо.

При этом парк пассажирских вагонов локомотивной тяги в Российской Федерации насчитывает более 23 тысяч единиц [2, 3]. Работы с АБ производятся при всех видах технического обслуживания (ТО), капитального и деповского ремонта (КР и ДР) вагонов, а качество обслуживания батарей зависит от квалификации персонала и условий, в которых работники выполняют свои должностные обязанности.

В процессе ремонта и технического обслуживания АБ и аккумуляторных ящиков задействованы такие профессии, как аккумуляторщики, стропальщики, столяры, маляры по ходовым частям, мастера электроцеха. Кроме того, к обслуживанию данных операций относятся мойщики-уборщики аккумуляторных отделений. В пути следования контроль состояния АБ обеспечивает поездной электромеханик.

Эксплуатируемые виды АБ подразделяются на обслуживаемые (требуют доливки электролита и периодического проведения циклов полного заряда/разряда), малообслуживаемые (требуют доливки только дистиллированной воды, обслуживание производится без снятия АБ с вагона) и необслуживаемые (не требуют обслуживания в течение всего срока эксплуатации). Необслуживаемые АБ должны быть полностью герметичными, вследствие чего выделение каких-либо вредных веществ в окружающую среду при их эксплуатации изначально исключается. Батареи такого типа считаются наиболее экологичными в своих группах, при их использовании практически снимается вопрос защиты аккумуляторщиков от воздействия вредного химического фактора.

Вследствие этого зачастую ведущим направлением в борьбе с вредным воздействием АБ считается переход на необслуживаемый тип аккумуляторов. В вагонах новой постройки применяют преимущественно АБ именно такого типа [2]. Методическими рекомендациями по экологической безопасности пассажирских вагонов локомотивной тяги производства ОАО «ТВЗ», разработанными ВНИИЖГ Роспотребнадзора, предусмотрена замена и установка необслуживаемых АБ как мера обеспечения экологической эффективности пассажирского подвижного состава [4].

Однако отмечается, что такой переход может оказаться сегодня нецелесообразным с экономической точки зрения. Кроме того, до сих пор не дана оценка экологиче-

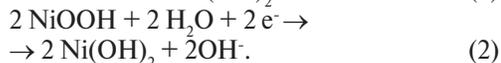
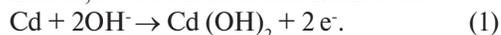
ских рисков, связанных с увеличением валового количества отходов аккумуляторов за счет их меньшего фактического срока службы [5]. Основной объём эксплуатируемых аккумуляторов на данный момент составляют АБ обслуживаемого и малообслуживаемого типа.

Рабочий процесс обслуживания АБ складывается из проведения ряда подготовительных и основных операций. Большинство операций (разборка, промывка АБ, слив и замена электролита и т.д.) предполагает возможность контакта работника с электролитом.

Количество электролита и его компонентов, переходящих в окружающую среду при заряде аккумуляторов, нормируется как при разработке мероприятий по охране труда и проектировании систем вентиляции аккумуляторных отделений, так и при оценке воздействия предприятия на окружающую природную среду. Расчет количества вредных веществ, как правило, проводят по методике, разработанной и утвержденной в 1998 году министерством транспорта для автотранспортных предприятий [6]. При этом количество тяжелых металлов в рабочей среде аккумуляторных отделений не оценивается.

Рассмотрим устройство щелочных и кислотных аккумуляторов. Токообразующие реакции никель-кадмиевой системы представлены уравнениями (1–3). Никель-кадмиевые и никель-железные электрохимические системы весьма сходны между собой: основным их отличием является различный материал отрицательного электрода. Электролит, в качестве которого выступает в эксплуатируемых АБ водный раствор калия гидрат окиси с добавлением гидроокиси лития и едкого натра, в токообразующих реакциях не участвует. Активная масса положительного электрода также включает графит (20–40 мас.% к Ni), барий (1,7–2,7 мас.% к Ni) и кобальт (1,5 мас.% к Ni), может содержать сульфат-, хлорид-, нитрат-ионы (до 2 мас.% к Ni). Активная масса катода наряду с оксидом кадмия (II) содержит гидроксид никеля (II), двуокись марганца (IV) и индустриальное масло И8А (с содержанием серы не более 1 мас.%) [7, с. 19–31; 8, с. 204–205].

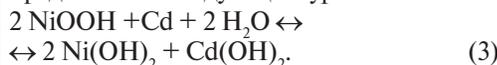
При разряде аккумулятора кадмий окисляется, а NiOOH восстанавливается:



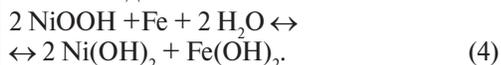
Результаты анализов смывов со стен аккумуляторных помещений в пассажирском вагонном депо Челябинска на содержание свинца, никеля и кадмия

Место смыва	Ед. изм.	Кадмий	Никель	Свинец
		Результат *10 <sup>-3</sup>	Результат *10 <sup>-3</sup>	Результат *10 <sup>-3</sup>
Тыльная от входа стена аккумуляторного отделения	мг/см <sup>2</sup>	0,005	0,02	0,07
Фронтальная от входа стена аккумуляторного отделения	мг/см <sup>2</sup>	0,0061	0,054	0,023
Правая от входа стена аккумуляторного отделения	мг/см <sup>2</sup>	0,003	0,017	0,013
Левая от входа стена аккумуляторного отделения	мг/см <sup>2</sup>	0,007	0,020	0,033
Пол зарядной камеры	мг/см <sup>2</sup>	0,63	5,2	1,8

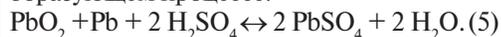
При заряде на электродах протекают обратные реакции. Суммарная реакция токообразующего процесса никель-кадмиевой электрохимической системы может быть представлена следующим уравнением:



Суммарная реакция токообразующего процесса никель-железной электрохимической системы аналогична рассмотренной никель-кадмиевой:



В свинцово-кислотном аккумуляторе, в отличие от щелочных, электролит, в качестве которого выступает водный раствор серной кислоты, принимает участие в токообразующем процессе:



Активная масса заряженного отрицательного электрода кислотного аккумулятора состоит из свинцового порошка, к которому добавляют депассиваторы ( $\text{BaSO}_4$ ) и органические вещества (гуминовые кислоты, лигносульфонат калия, карбоксиметилцеллюлоза и др.). Активная масса положительно заряженного электрода состоит из порошка диоксида свинца. Для улучшения механических и литейных свойств в состав токоотводов обычно добавляют небольшое количество сурьмы [8, с. 199]. Для разделения положительных и отрицательных электродов применяются сепараторы: микропористые эбониты, поливинилхлорид и др. [8, с. 200].

На основании анализа компонентного состава батарей, используемых на пассажирском подвижном составе, можно предположить, что переходить в окружающую среду при обслуживании аккумуляторов могут не только соединения, входящие в состав электролита, но и соединения тяжелых ме-

таллов, входящих в состав электродов аккумулятора: никеля, кадмия и свинца.

Поступление в среду аккумуляторных цехов тяжелых металлов подтвердили данные, полученные ВНИИЖГ Роспотребнадзора. Определение ионов никеля, кадмия и свинца проводилось в смывах с поверхностей стен и пола аккумуляторного отделения в пассажирском вагонном депо Челябинска. Результаты испытаний представлены в таблице 1. Согласно полученным данным, соединения никеля, кадмия и свинца присутствуют во всех отобранных пробах. Наиболее загрязнена тяжелыми металлами зарядная камера аккумуляторного отделения. Объясняется это тем, что основная часть загрязнителей переходит в воздух рабочей зоны при выделении водорода и кислорода в процессе электролиза воды во время заряда АБ. Образующиеся газы всплывают в виде пузырьков и лопаются на поверхности электролита. При этом мельчайшие капельки электролита, содержащие примеси металлов, попадают в воздух, образуя аэрозоль.

При заряде аккумуляторов в воздух рабочей зоны могут также поступать следующие вещества: оксиды серы (IV, VI), хлористый водород, сурьмянистый водород (стибин), мышьяковистый водород (арсин). Стибин в кислотных аккумуляторах образуется в результате взаимодействия атомарного водорода с металлической сурьмой, которая присутствует на отрицательном электроде и как составная часть решетки. В воздухе помещения он постепенно (в течение десятков часов) разлагается до сурьмянистого ангидрида – белого кристаллического порошка. В результате реакции между мышьяком, содержащимся в свинцовых пластинах и электролите, и серной кислотой образу-

ется в небольшом количестве мышьяковистый водород. Образование сернистого ангидрида происходит при взаимодействии серной кислоты и водорода, выделяющегося в процессе заряда кислотных аккумуляторов. Однако содержание этих веществ в воздухе рабочей зоны незначительно. Так, например, содержание сернистого ангидрида в воздухе аккумуляторного отделения не превышает 1/80 содержания серной кислоты [9, с. 5–7].

Таким образом, при обслуживании АБ в окружающую среду в количествах, способных оказать воздействие на состояние здоровья персонала, переходят следующие вещества:

- никель и его соединения;
- кадмий и его соединения;
- свинец и его соединения;
- гидроксид калия;
- гидроксид лития;
- гидроксид натрия;
- серная кислота.

Никель, кадмий, свинец и их соединения относятся к тяжелым металлам, являются высокотоксичными и опасными веществами. Их воздействие на организм может вызывать, в частности, расстройства нервной системы, заболевания сердечно-сосудистой системы, легких, опорно-двигательного аппарата, почек, печени и других систем организма. Воздействие никеля и свинца на организм человека является установленным канцерогенным фактором. Канцерогенный эффект воздействия кадмия на сегодняшний день не доказан, однако многие исследования указывают на его наличие [10].

Наиболее активно процесс газовой выделенности протекает во время заряда АБ. «Кипение» электролита, при котором газовой выделенности становится особенно интенсивным, может начинаться по достижении 60% номинального напряжения и усиливается по мере приближения к окончанию заряда. Однако в той или иной степени электролиз воды происходит во всех состояниях АБ: во время заряда, подзаряда, разряда и бездействия. В необслуживаемых моделях АБ газовой выделенности происходит гораздо медленнее за счет рекомбинации кислорода и водорода. Тем не менее переход поллютантов в окру-

жающую среду возможен не только при «кипении» электролита, но и в случае наличия неплотностей или повреждений в корпусе аккумуляторов.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что работы по обслуживанию АБ сопряжены с риском здоровью персонала, обусловленным негативным химическим фактором, в том числе канцерогенным – из-за присутствия тяжелых металлов в рабочей среде аккумуляторного отделения. В подобных условиях необходимо разработать меры по контролю и нормированию содержания тяжелых металлов в производственном помещении, а также по снижению воздействия химического фактора непосредственно на работников.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов В. А., Раенок Д. Л., Завьялов А. М. Система охраны труда и профессиональные риски // Мир транспорта. – 2013. – № 2. – С. 164–169.
2. Ованесова Е. А. Эколого-гигиенические аспекты эксплуатации современных типов аккумуляторных батарей на пассажирском железнодорожном подвижном составе // Транспортный комплекс в регионах: опыт и перспективы организации движения: Материалы Международной научно-практ. конференции / Под ред. А. А. Платонова. – Воронеж: Руна, 2015. – № 1. – С. 59–62.
3. Юдаева О. С., Ованесова Е. А. Некоторые эколого-гигиенические аспекты обслуживания аккумуляторных батарей пассажирского подвижного состава железнодорожного транспорта // Наука и техника транспорта. – 2015. – № 4. – С. 8–10.
4. Методические рекомендации по обеспечению экологической безопасности пассажирских вагонов локомотивной тяги производства ОАО «ТВЗ». – М.: ВНИИЖТ Роспотребнадзора, 2012.
5. Иванова Е. А., Бельков В. М. Эксплуатация и утилизация никель-кадмиевых аккумуляторов // Вестник ВНИИЖТ. – 2011. – № 2. – С. 32–34.
6. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом). Утв. Минтранс РФ 28.10.1998.
7. Гришин С. В. Технология переработки кадмий-, никельсодержащих отходов и разрядные характеристики никель-кадмиевых аккумуляторов, изготовленных из вторичного сырья / Дис... канд. техн. наук. – Саратов, 2007. – 128 с.
8. Коровин Н. В. Электрохимическая энергетика. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 264 с.
9. Хрюкин Н. С. Вентиляция и отопление аккумуляторных помещений. – М.: Энергия, 1979. – 120 с.
10. Гичев Ю. П. Загрязнение окружающей среды и экологическая обусловленность патологии человека: Аналит. обзор / ГПНТБ СО РАН. – Новосибирск, 2003. – 138 с.

Координаты авторов: **Аксенов В. А.** – v.aksenov@rgotups.ru, **Юдаева О. С.** – vniiig@yandex.ru, **Ованесова Е. А.** – e-toloknova@rambler.ru.

Статья поступила в редакцию 15.08.2016, актуализирована 08.09.2016, принята к публикации 27.10.2016.



## ASSESSMENT OF HARMFUL CHEMICAL FACTORS IN MAINTENANCE OF BATTERIES

**Aksenov, Vladimir A.**, Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

**Yudaeva, Oksana S.**, Russian Research Institute of Railway Hygiene of Federal Service of for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, Russia.

**Ovanesova, Elena A.**, Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

### ABSTRACT

The article analyzes the specifics of the aspects of occupational risk to the health of workers in the battery compartment of a passenger car depot caused by chemical contamination of the industrial

environment. The results of the research of the heavy metal content in workrooms are presented, the issues of monitoring and normalizing labor conditions in the presence of harmful chemical factors are considered.

**Keywords:** railway, car depot, storage batteries, chemical factor, heavy metals, control and rationing, production environment.

**Background.** Obligatory aspects of ensuring safe working conditions of the working population are the deciphering of the etiological conditionality of human diseases, identification of risk factors for health disorders both for an individual and for certain professional organized groups of people. In the framework of modernizing the system of labor protection, conducted today at the state and sectoral level, the tasks of transition to a preventive system of preserving the health of citizens and the labor potential of the country should be resolved [1]. Until now, insufficient attention has been paid to assessing the harmful effects of factors of the operating environment of battery compartments, there is no reliable data on the degree of chemical contamination of maintenance and charge facilities of accumulator batteries (AB) of rolling stock.

A separate task in this regard is the study of adverse chemical effects on personnel in the process of servicing AB in passenger wagon depots.

**Objective.** The objective of the authors is to consider assessment of harmful chemical factors in maintenance of batteries.

**Methods.** The authors use general scientific and engineering methods, statistical analysis, chemical methods, comparative analysis.

**Results.** The park of passenger cars of locomotive traction in the Russian Federation has more than 23 thousand units [2, 3]. Works with AB are made for all types of maintenance, capital and depot repairs (CR and DR) of cars, and the quality of battery maintenance depends on the qualifications of the personnel and the conditions in which employees perform their duties.

In the process of repair and maintenance of AB and battery boxes, such professions as battery-holders, slingers, carpenters, painters of the chassis and masters of the electrical department are involved. In addition, the servicing of these operations includes washing-cleaners of battery compartments. En route, the control of the AB state is ensured by the train electrician.

Operational types of AB are subdivided into serviced ones (they require replenishment of the electrolyte and periodic cycles of full charge / discharge), low maintenance (require refilling of only distilled water, maintenance is done without removing AB from the car) and maintenance-free (do not require maintenance for the entire service life). Maintenance-free AB must be completely sealed, so that the release of any harmful substances into the environment during their operation is initially excluded. Batteries of this type are considered to be the most environmentally friendly in their groups, when using

them, the problem of protecting battery-holders from exposure to a harmful chemical factor is virtually eliminated.

Because of this, often the leading direction in combating the harmful effects of AB is the transition to a maintenance-free type of batteries. In the cars of the new construction mainly the AB of this type is used [2]. The methodical recommendations on the environmental safety of passenger cars of locomotive traction produced by JSC TVZ, developed by VNIIZhG Rospotrebnadzor, provides for replacement and installation of maintenance-free AB as a measure of ensuring the environmental efficiency of passenger rolling stock [4].

However, it is noted that such a transition may be inexpedient today from the economic point of view. In addition, an assessment of environmental risks associated with the increase in the gross amount of battery waste due to their lower actual service life has not yet been given [5]. Most of the batteries currently in use make up AB of a serviced and low-maintenance type.

The working process of AB maintenance consists of carrying out a number of preparatory and basic operations. Most operations (disassembly, flushing AB, draining and replacing electrolyte, etc.) involve the possibility of contact of the worker with electrolyte.

The amount of electrolyte and its components that pass into the environment when the batteries are charged, is normalized both in the development of measures for labor protection and the design of ventilation systems for battery compartments, and in assessing the impact of the enterprise on the environment. Calculation of the amount of harmful substances, as a rule, is carried out according to the methodology developed and approved in 1998 by the Ministry of Transport for motor transport enterprises [6]. At the same time, the amount of heavy metals in the working environment of the battery compartments is not estimated.

Let's consider the arrangement of alkaline and acid batteries. Current-forming reactions of the nickel-cadmium system are represented by equations (1–3). Nickel-cadmium and nickel-iron electrochemical systems are very similar: the main difference is the different material of the negative electrode. The electrolyte, in which the aqueous solution of potassium hydroxide appears in the operated AB, with the addition of lithium hydroxide and caustic soda, does not participate in current-forming reactions. The active mass of the positive electrode also includes graphite (20–40% by weight to Ni), barium (1,7–2,7% by weight to Ni) and cobalt (1,5% by weight to Ni), may contain sulfate-chloride,

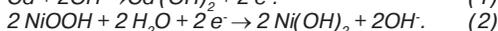
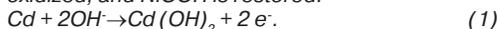
Table 1

**Results of analysis of washings from the walls of battery rooms in the passenger car depot of Chelyabinsk for lead, nickel and cadmium**

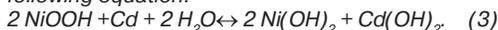
Place of washings	Meas. units	Cadmium	Nickel	Lead
		Result *10 <sup>-3</sup>	Result *10 <sup>-3</sup>	Result *10 <sup>-3</sup>
Rear from the entrance wall of the battery compartment	mg/cm <sup>2</sup>	0,005	0,02	0,07
Frontal from the entrance wall of the battery compartment	mg/cm <sup>2</sup>	0,0061	0,054	0,023
Right from the entrance wall of the battery compartment	mg/cm <sup>2</sup>	0,003	0,017	0,013
Left from the entrance wall of the battery compartment	mg/cm <sup>2</sup>	0,007	0,020	0,033
Floor of the charging chamber	mg/cm <sup>2</sup>	0,63	5,2	1,8

nitrate ions (up to 2% by weight to Ni). The cathode active mass along with cadmium (II) oxide contains nickel (II) hydroxide, manganese dioxide (IV) and industrial IBA oil (with a sulfur content of not more than 1 mass%) [7, p. 19–31; 8, p. 204–205].

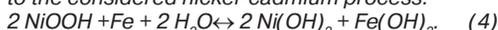
When the battery is discharged, cadmium is oxidized, and NiOOH is restored:



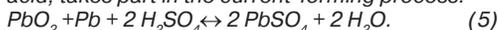
When charging on the electrodes, reverse reactions occur. The total reaction of the current-forming process of the nickel-cadmium electrochemical system can be represented by the following equation:



The total reaction of the current-forming process of the nickel-iron electrochemical system is analogous to the considered nickel-cadmium process:



In a lead-acid battery, unlike alkaline batteries, the electrolyte, which is an aqueous solution of sulfuric acid, takes part in the current-forming process:



The active mass of the charged negative electrode of the acid accumulator consists of lead powder, to which depassivators (BaSO<sub>4</sub>) and organic substances (humic acids, potassium lignosulfonate, carboxymethylcellulose, etc.) are added. The active mass of a positively charged electrode consists of a powder of lead dioxide. To improve the mechanical and casting properties, a small amount of antimony is usually added to the composition of the current collectors [8, p. 199]. Separators are used to separate

positive and negative electrodes: microporous ebonites, polyvinyl chloride, etc. [8, p. 200].

Based on the analysis of the component composition of batteries used in passenger rolling stock, it can be assumed that not only the compounds that are part of the electrolyte, but also the compounds of heavy metals that make up the battery electrodes: nickel, cadmium and lead can reach the environment during maintenance of batteries.

The entry of heavy metals in the environment of battery shops were confirmed by the data received by VNIIZhG Rospotrebnadzor. The monitoring of nickel, cadmium and lead ions was carried out in washings from the surfaces of the walls and the floor of the battery compartment in the passenger car depot of Chelyabinsk. The test results are shown in Table 1. According to the data obtained, nickel, cadmium and lead compounds are present in all samples taken. The battery charger compartment is contaminated with heavy metals mostly. This is explained by the fact that the main part of pollutants passes into the air of the working zone when hydrogen and oxygen are released during the electrolysis of water during the charging of AB. The resulting gases float up in the form of bubbles and burst on the surface of the electrolyte. In this case, the smallest droplets of electrolyte containing metal impurities fall into the air, forming an aerosol.

When the batteries are charged, the following substances can also enter the air of the working area: sulfur oxides (IV, VI), hydrogen chloride, antimony hydrogen (stibin), arsenic hydrogen (arsine). Stibin in acidic batteries is formed as a result of the



interaction of atomic hydrogen with metallic antimony, which is present on the negative electrode and as an integral part of the lattice. In the air of the room, it gradually (for tens of hours) decomposes to antimony anhydride – a white crystalline powder. As a result of the reaction between arsenic contained in lead plates and electrolyte and sulfuric acid, arsenic hydrogen is formed in a small amount. The formation of sulfurous anhydride occurs by the interaction of sulfuric acid and hydrogen released during the charging of acid batteries. However, the content of these substances in the air of the working area is insignificant. So, for example, the content of sulfur dioxide in the air of the battery compartment does not exceed 1/80 of the sulfuric acid content [9, p. 5–7].

Thus, when servicing AB in the environment in quantities that can affect the health of staff, the following substances are transferred:

- nickel and its compounds;
- cadmium and its compounds;
- lead and its compounds;
- potassium hydroxide;
- lithium hydroxide;
- sodium hydroxide;
- sulfuric acid.

Nickel, cadmium, lead and their compounds refer to heavy metals, are highly toxic and dangerous substances. Their effect on the body can cause, in particular, disorders of the nervous system, diseases of the cardiovascular system, lungs, musculoskeletal system, kidneys, liver and other body systems. The exposure of nickel and lead to the human body is an established carcinogenic factor. The carcinogenic effect of cadmium has not been proven to date, but many studies indicate its presence [10].

The most active process of gas evolution takes place during the charge of AB. The «boiling» of the electrolyte, at which the gas evolution becomes particularly intense, can begin after reaching 60% of the nominal voltage and is amplified as it approaches the end of the charge. However, to some extent, electrolysis of water occurs in all states of AB: during charge, recharge, discharge and inactivity. In unattended models of AB, gas evolution occurs much more slowly due to the recombination of oxygen and hydrogen. Nevertheless, the transition of pollutants to the environment is possible not only with the «boiling» of the electrolyte, but also in the event of leakage or damage in the battery case.

**Conclusion.** Based on the conducted studies, it can be concluded that the maintenance of AB is associated with a risk to the health of personnel due to a negative chemical factor, including carcinogenic – due to the presence of heavy metals in the working environment of the battery compartment. In such conditions it is necessary to develop measures to control and normalize the content of heavy metals in the production room, as well as to reduce the impact of the chemical factor directly on workers.

Information about the authors:

**Aksenov, Vladimir A.** – D.Sc. (Eng.), professor, head of department of Technosphere safety of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, v.aksenov@rgotups.ru.

**Yudaeva, Oksana S.** – D.Sc. (Eng.), leading researcher of Russian Research Institute of Railway Hygiene of Federal Service of for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, Russia, vniijg@yandex.ru.

**Ovanesova, Elena A.** – assistant lecturer of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, e-toloknova@rambler.ru.

Article received 15.08.2016, revised 08.09.2016, accepted 27.10.2016.

## REFERENCES

1. Aksenov, V. A., Raenok, D. L., Zavialov, A. M. System of Labor Protection and Professional Risks. *World of Transport and Transportation*, Vol. 11, 2013, Iss. 2, pp. 164–169.
2. Ovanesova, E. A. Ecological and hygienic aspects of operation of modern types of storage batteries in passenger rail vehicles [*Ekologo-gigienicheskie aspekty ekspluatatsii sovremennyh tipov akkumuljatornyh batarej na passazhirskom zheleznodorozhnom podvizhnom sostave*]. *Transport Complex in the Regions: Experience and Prospects for Traffic Organization: Materials of the International Scientific and Practical Conference*. Ed. by A. A. Platonov. Voronezh, Runa publ., 2015, Iss. 1, pp. 59–62.
3. Yudaeva, O. S., Ovanesova, E. A. Some ecological and hygienic aspects of maintenance of accumulator batteries of the passenger rolling stock of railway transport [*Nekotorye ekologo-gigienicheskie aspekty obsluzhivaniya akkumuljatornyh batarej passazhirskogo podvizhnogo sostava zheleznodorozhnogo transporta*]. *Nauka i tehnika transporta*, 2015, Iss. 4, pp. 8–10.
4. Methodological recommendations on ensuring environmental safety of passenger cars of locomotive traction produced by JSC TVZ [*Metodicheskie rekomendatsii po obespecheniju ekologicheskoy bezopasnosti passazhirskih vagonov lokomotivnoj tjagi proizvodstva OAO «TVZ»*]. Moscow, VNIIZhG Rospotrebnadzor, 2012.
5. Ivanova, E. A., Belkov, V. M. Operation and utilization of nickel-cadmium batteries [*Ekspluatatsiya i utilizatsiya nikel'-kadmievyyh akkumuljatorov*]. *Vestnik VNIIZhT*, 2011, Iss. 2, pp. 32–34.
6. Methodology for conducting an inventory of emissions of pollutants into the atmosphere for motor transport enterprises (by calculation method). Approved by Ministry of Transport of the Russian Federation on 28.10.1998 [*Metodika provedeniya inventarizatsii vybrosov zagryaznjajushhih veshhestv v atmosferu dlja avtotransportnyh predpriyatij (raschetnym metodom)*]. *Utv. Mintransom RF 28.10.1998*].
7. Grishin, S. V. Technology of processing cadmium, nickel-containing waste and discharge characteristics of nickel-cadmium batteries made from recycled materials. Ph.D. (Eng.) thesis [*Tehnologija pererabotki kadmij-, nikel'soderzhashhih othodov i razrjadnye harakteristiki nikel'-kadmievyyh akkumuljatorov, izgotovlennyh iz vtorichnogo syr'ja*]. *Dis... kand. tehn. nauk*. Saratov, 2007, 128 p.
8. Korovin, N. V. Electrochemical energy [*Elektrohimicheskaja energetika*]. Moscow, Energoatomizdat publ., 1991, 264 p.
9. Khryukin, N. S. Ventilation and heating of battery rooms [*Ventilyatsiya i otoplenie akkumuljatornyh pomeshhenij*]. Moscow, Energia publ., 1979, 120 p.
10. Gichev, Yu. P. Pollution of the environment and environmental conditioning of human pathology: Analytical review / GPNTB SO RAN [*Zagryaznenie okruzhajushhej sredy i ekologicheskaja obuslovlennost' patologii cheloveka: Analit. obzor / GPNTB SO RAN*]. Novosibirsk, 2003, 138 p. ●