

Потапов П.К.^{1,2}, Шустов Е.Б.¹, Носков Н.С.³, Маркин И.В.³, Мельникова М.В.¹

Нейротропные токсиканты как вредный и опасный производственный фактор (обзор литературы)

¹ФГБУ «Научно-клинический центр токсикологии имени академика С.Н. Голикова Федерального медико-биологического агентства», Санкт-Петербург, 192019, Санкт-Петербург, Россия;

²ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, 194044, Санкт-Петербург, Россия;

³ФГАУ «Военный инновационный технополис "ЭРА"» Министерства обороны Российской Федерации, 353456, Анапа, Россия

РЕЗЮМЕ

Статистика отравлений нейротоксикантами в России и зарубежных странах вызывает тревогу. В последние годы тяжёлые случаи таких отравлений регистрируются реже, преобладают начальные и умеренно выраженные формы, которые развиваются при длительном контакте с повышенными концентрациями нейротропных ядов, однако отравления нейротоксикантами продолжают занимать особое место среди факторов производства. Отдельного внимания требуют отравления, полученные на промышленных предприятиях или в лабораториях, при авариях или грубых нарушениях техники безопасности. Типичные нейротропные токсиканты – представители группы тяжёлых металлов (свинец, ртуть и др.), продукты горения (монооксид углерода и др.), органические растворители (метанол и др.). Согласно данным ВОЗ, мировое производство тяжёлых металлов ежегодно увеличивается на 10%, что повышает риск отравлений. Не менее значимы и отравления метанолом, на долю которых приходится более 13%. Нейротоксиканты воздействуют преимущественно на центральную нервную систему, однако отмечено их неблагоприятное влияние и на другие органы и системы человека. Интоксикация большинством ксенобиотиков этой группы приводит к стойкой утрате трудоспособности, а в некоторых случаях и к летальному исходу. В данном исследовании проведён анализ оригинальных статей, посвящённых отравлениям нейротоксикантами, из библиографических и реферативных баз данных: PubMed, Scopus, Web of Science, НЭБ (eLIBRARY.RU) и CyberLeninka. Описаны причины и последствия отравлений, кратко изложены механизм действия токсикантов, симптоматика у пострадавших. Проведённое исследование подтвердило, что выбросы нейротропных токсикантов в окружающую среду даже при относительной безопасности производства могут иметь серьёзные и долгосрочные последствия для здоровья человека.

Ключевые слова: токсиканты; нейротоксическое воздействие; источники отравлений; производственные отравления; профессиональные болезни; тяжёлые металлы; продукты горения; растворители

Для цитирования: Потапов П.К., Шустов Е.Б., Носков Н.С., Маркин И.В., Мельникова М.В. Нейротропные токсиканты как вредный и опасный производственный фактор (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2026; 105(2): 214–222. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-2-214-222> <https://elibrary.ru/vcpmrc>

Для корреспонденции: Потапов Пётр Кириллович, e-mail: forwardspb@mail.ru

Вклад авторов: Потапов П.К. – обработка материала, редактирование; Шустов Е.Б. – концепция и дизайн исследования, редактирование; Носков Н.С. – сбор и анализ источников литературы, написание текста; Маркин И.В. – формулирование выводов, написание текста, редактирование; Мельникова М.В. – написание текста, редактирование. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Научное исследование проведено в рамках выполнения государственного задания ФМБА России № 388-00071-24-00 (код темы 64.004.24.800).

Поступила: 06.04.2025 / Поступила после доработки: 14.04.2025 / Принята к печати: 15.10.2025 / Опубликована: 13.03.2026

Petr K. Potapov^{1,2}, Evgeniy B. Shustov¹, Nikita S. Noskov³, Ilya V. Markin³, Margarita V. Melnikova¹

Neurotropic toxicants as a harmful and dangerous industrial factor (literature review)

¹Golikov Research Clinical Center of Toxicology of the Federal medical biological agency, St. Petersburg, 192019, Russian Federation;

²S.M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, 194044, Russian Federation;

³Military Innovative Technopolis "ERA", Anapa, 353456, Russian Federation

ABSTRACT

The statistics of neurotoxicant poisonings in the world and, in particular, in Russia are alarming. Despite the fact that there is information that recently severe forms of intoxication with neurotoxicants are registered less frequently, and the initial and moderate forms that develop during long-term work with increased concentrations of neurotropic poisons predominate, neurotoxicant poisonings continue to occupy a special place among production factors. Poisonings received at industrial enterprises or in laboratories, during accidents or gross violations of safety precautions deserve special attention. Typical representatives of the group of neurotropic toxicants are representatives of the groups of heavy metals (lead, mercury, etc.), combustion products (carbon monoxide, etc.), organic solvents, for example, methanol. Thus, according to WHO data, the world production of heavy metals is growing annually by 10%, which increases the risk of poisoning. The problem of methanol poisoning is no less acute, which accounts for more than 13% of poisonings. Neurotoxicants primarily affect the central nervous system, but their detrimental effects on other human organs and systems are also noted. Intoxication with most representatives of this group of poisons leads to permanent disability, and in some cases, to death. This study analyzes original articles devoted to the issues of poisoning with neurotoxicants, presented in bibliographic and abstract databases such as PubMed, Scopus, Web of Science, NEB (eLIBRARY.RU) and CyberLeninka. The causes and consequences of poisoning are described, the mechanism of action of toxicants and the symptoms of the victim's health are briefly shown. It is concluded that even with relative safety of production, emissions of neurotropic toxicants into the environment can have serious and long-term consequences for human health.

Keywords: toxicants; neurotoxic effects; sources of poisoning; industrial poisoning; occupational diseases; heavy metals; combustion products; solvents

For citation: Potapov P.K., Shustov E.B., Noskov N.S., Markin I.V., Melnikova M.V. Neurotropic toxicants as a harmful and dangerous industrial factor. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(2): 214–222. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-2-214-222> <https://elibrary.ru/vcpmrc> (In Russ.)

For correspondence: Petr K. Potapov, e-mail: forwardspb@mail.ru

Contribution: Potapov P.K. – material processing, editing; Shustov E.B. – concept and design of research, editing; Noskov N.S. – collection and analysis of literary sources, writing the text; Markin I.V. – formulation of conclusions, writing the text and editing the article; Melnikova M.V. – writing the text, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The scientific research was conducted within the framework of the State assignment of the Federal Medical and Biological Agency of Russia N. 388-00071-24-00 (topic code 64.004.24.800).

Received: April 6, 2025 / Revised: April 14, 2025 / Accepted: October 15, 2025 / Published: March 13, 2026

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), ежегодно тысячи людей в мире страдают от воздействия нейротоксикантов. В России случаи отравления нейротоксикантами составляют примерно 75% от общего числа отравлений [1, 2]. На производстве наиболее распространены отравления свинцом, марганцем, ртутью, монооксидом углерода, сероуглеродом, метанолом, бензином и др. [3, 4]. Нейротропные токсиканты вызывают первичное поражение центральной нервной системы (ЦНС), преодолевая гематоэнцефалический барьер (ГЭБ) [5]. При поступлении токсиканта в организм клиническая психоневрологическая симптоматика будет зависеть от степени воздействия на центральную, периферическую или вегетативную нервную систему [1, 6].

В данной статье систематизирована информация о веществах нейротоксического действия, встречающихся на производстве, кратко представлен их механизм действия, а также приведены некоторые случаи отравления нейротропными токсикантами. Выполнен анализ оригинальных исследований, посвящённых отравлениям нейротоксикантами, из библиографических и реферативных баз данных: PubMed, Scopus, Web of Science, НЭБ (eLIBRARY.RU) и CyberLeninka. По результатам целевого поиска отобраны 82 полнотекстовые публикации, из которых 50 полностью соответствуют указанным критериям включения.

Для более корректного и логичного описания нейротропных токсикантов, являющихся вредным и опасным фактором на производстве, целесообразно их классифицировать по классам опасности (1 – чрезвычайно опасные, 2 – высокоопасные, 3 – умеренно опасные, 4 – малоопасные) и по происхождению: тяжёлые металлы и их соли, полуметаллы, продукты горения и органические растворители.

Согласно ГОСТ 12.1.007¹, тяжёлые металлы относятся к первому и второму классам опасности. В России свинцовая интоксикация среди профессиональных болезней занимает первое место [7]. Острое отравление свинцом чаще всего наблюдается у работников предприятий, занимающихся его добычей и переработкой. Более 75% добываемого свинца используется для производства свинцово-кислотных батарей. Свинец также содержится в красках, припое, боеприпасах, некоторых косметических средствах и средствах народной медицины, особенно в Индии. Кроме того, свинец может присутствовать в питьевой воде, если она проходит через свинцовые трубы [8, 9].

По оценкам Института показателей и оценки здоровья (США, 2021 г.), последствия воздействия свинца, в основном в виде болезней системы кровообращения, стали причиной более 1,5 млн случаев смерти во всём мире [10]. Согласно отчёту ЮНИСЕФ за 2020 г., до 800 млн человек во всём мире имеют повышенный уровень свинца в крови [11]. В мире 0,6% причин заболеваемости имеют свинцовую этиологию. Основные пути воздействия свинца на человека – вдыхание пыли, содержащей свинец, употребление загрязнённой пищи и воды. Долговременное воздействие свинца может вызывать неврологические расстройства, нарушения пищеварения, анемию и нарушения функций почек [5, 7]. В связи с этим во многих странах вводятся строгие требования и стандарты контроля при использовании свинца. На производственных предприятиях, согласно приказу Минтруда России от 19.04.2017 № 371н², при изготовлении и использовании свинцовых форм должны соблюдаться меры безопасности, предупреждающие загрязнение свинцом воздуха рабочей зоны и кожных покровов работников.

Литературные данные указывают на то, что свинец способен активировать процессы свободнорадикального окисления в крови, клетках мозга, печени и миокарда [12]. Свинец, будучи политропным ядом, оказывает токсическое

воздействие на нервную и сердечно-сосудистую системы, большинство внутренних органов [13]. При попадании в организм свинец накапливается в сосудистой системе, в том числе аорте, а также в жизненно важных органах – почках и печени. Он вызывает развитие окислительного стресса, нарушает NO-продуцирующую функцию эндотелия сосудов и снижает продукцию оксида азота, который является основным вазодилататором. Это приводит к формированию патологического процесса, известного как дисфункция эндотелия, что увеличивает тонус сосудов, вызывает вазоконстрикцию и повышение артериального давления. Свинцовая интоксикация способствует повреждению внутренних органов и развитию необратимых патологических процессов в тканях [13, 14].

К первому классу опасности также относятся соединения ртути, применяемые во многих отраслях промышленности. Эти вещества максимально востребованы в атомной энергетике для термохимического разделения воды на кислород и водород, а также для растворения урановых блоков после окончания срока их эксплуатации. Ртуть применяется в аккумуляторах и контрольно-измерительных приборах (термометрах, манометрах, барометрах-анероидах), лампах дневного света, кварцевых лампах, полярографах, рентгеновских трубках, радиолах. С каждым годом возрастает число людей, контактирующих с ртутью, в основном из-за загрязнения биосферы вследствие деятельности промышленных предприятий [15].

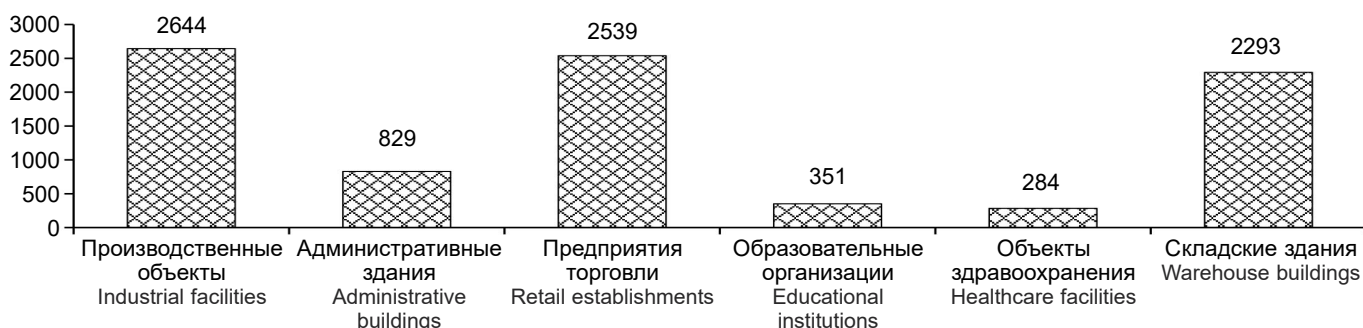
Ртуть – тиоловый яд, проникающий в организм через дыхательные пути и ЖКТ. В основе патогенного механизма воздействия ртути лежит её взаимодействие с SH-, NH₂- и COOH-группами белков, приводящее к инактивации их функциональных групп и резкому изменению ферментативной, гормональной и иммунологической активности [16]. Признаки интоксикации ртутью: тремор пальцев вытянутых рук, слабость, лабильность пульса, тахикардия и гипертония, ярко-красный стойкий дермографизм [17]. У больных с хронической ртутной интоксикацией проявляются выраженная слабость, постоянные головные боли, бессонница и повышенная раздражительность. Данные изменения происходят на фоне функционального расстройства нервной системы по типу астеноневротического или астеновегетативного синдромов [15].

Марганец относится ко второму классу опасности и широко применяется на производстве как легирующий элемент для улучшения прочности, твёрдости и устойчивости стали к коррозии, улучшения механических свойств чугуна, в производстве аккумуляторов, особенно в щелочных батареях, в химической промышленности. Соединения марганца используют в сельском хозяйстве для производства удобрений и кормов для животных. В медицине марганец используется в качестве антисептического средства и как антидот цианидов [18]. Чаще всего отравления, вызванные воздействием на организм марганца, встречаются у людей, работающих в химической, горной и металлургической промышленности, в частности при сварке с использованием марганецсодержащих электродов и флюсов. Марганец участвует во многих биохимических процессах: синтезе и обмене нейромедиаторов, жировом и углеводном обмене и многих других. При увеличении поступления марганца в организм он превращается из эссенциального микроэлемента в экотоксикант, что приводит к неблагоприятным последствиям [6, 19].

Нейротоксическое действие марганца обусловлено его тропным действием к подкорковым структурам головного мозга. После попадания в кровь марганец взаимодействует с белками плазмы, затем попадает в эритроциты и далее в другие ткани и органы. Марганец обладает свойствами разобщителя дыхания и окислительного фосфорилирования: нарушает функционирование мембранных митохондриальных структур, изменяет энергетику клетки, фактически лишая организм возможности полноценного функционирования. Марганец накапливается в эндокринных железах, костной ткани, а также в мозге, образуя в нём более прочные

¹ ГОСТ 12.1.007. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

² Приказ Минтруда России от 19.04.2017 г. № 371н «Об утверждении Правил по охране труда при использовании отдельных видов химических веществ и материалов».



Структура пожаров в зданиях и сооружениях России за 2024 г.

The situation with fires in buildings and structures in Russia in 2024.

связи. Проникая через ГЭБ, марганец вызывает органические изменения преимущественно в экстрапиримидной системе. Выведение марганца происходит медленно через желудочно-кишечный тракт, в меньшей степени — через почки и другими путями. Марганец и его соединения могут вызывать как острую, так и хроническую интоксикацию [6, 20].

Клинические симптомы при отравлении марганцем представлены психоорганическим синдромом с аффективными невротоподобными расстройствами, а также нарушениями когнитивных функций, органическими расстройствами личности и поведения. Наблюдаются нарушения плавности движения, пошатывание при ходьбе, дислексия, а также болезненность в мышцах [21].

Второй по происхождению группой промышленных нейротропных токсикантов являются продукты горения: сероуглерод и монооксид углерода — второй и четвёртый классы опасности соответственно. Сероуглерод активно применяется в химической промышленности как растворитель сложных каучуков, масел, жиров, при производстве резины, сельскохозяйственных химикатов и фармацевтических препаратов. Сероуглерод относится к высокотоксичным веществам, способным даже при кратковременном контакте причинить вред здоровью человека и привести к серьёзным последствиям, вплоть до летального исхода [22]. В конце 1980-х годов в Корее произошла масштабная трагедия, связанная с отравлением сероуглеродом, на предприятии по производству вискозы: у 830 пострадавших работников, из которых 38 погибли, было диагностировано отравление сероуглеродом [23].

Сероуглерод проникает в организм через органы дыхания и кожу. Это политропный яд с наркотическим действием, поражающий высшие отделы ЦНС, вызывающий нарушения функций системы кровообращения, желудочно-кишечного тракта, токсические гепатиты. Основными поражающими агентами при интоксикации сероуглеродом выступают сам токсикант и продукты его метаболизма в организме — сульфаты, окислённые и эфирсвязанные фракции серы. Повреждающее действие сероуглерода обусловлено способностью соединяться с аминокислотами белков и аминокислот, что приводит к инактивации ферментных систем, содержащих функционально активные сульфгидрильные (—SH) группы, и воздействию на липидный обмен [24]. Существует вероятность кумуляции сероуглерода в организме. Он накапливается в тканях, особенно в нервной, проходит через плацентарный барьер и вызывает эмбриотоксическое действие. Часть сероуглерода окисляется до неорганического сульфата и выводится с мочой и калом. Сероуглерод может вызывать острые и хронические интоксикации [25].

При лёгкой форме отравления сероуглеродом наблюдаются такие симптомы, как головная боль, головокружение, ощущение опьянения, также возможны тошнота и рвота. Часто отмечают шаткая походка и тактильные галлюцинации. Постепенно развиваются изменения психического

состояния, в том числе повышенная раздражительность, колебания настроения и снижение памяти и интереса к привычной деятельности. При своевременном лечении прогноз благоприятный. В случае тяжёлой формы острого отравления клиническая картина напоминает наркоз: уже через несколько минут воздействия высоких концентраций сероуглерода (более 10 мг/м³) происходит потеря сознания. После этого наступает резкое возбуждение, сопровождающееся судорогами, затем развивается глубокий наркоз и исчезают все рефлексы, в том числе роговичный и зрачковый. Возможна смерть вследствие остановки деятельности сердца [26].

Не менее опасен на производстве такой химический фактор, как продукт горения монооксид углерода (СО). В России отравления СО занимают второе место по смертности среди острых интоксикаций, уступая лишь этанолу, — 2,1–4,4% от общего числа госпитализированных пациентов с острыми отравлениями [27]. Основной причиной отравления монооксидом углерода является воздействие химического поражающего фактора в условиях пожара, поскольку при сгорании любых углеродсодержащих материалов образуется СО [28].

На рисунке представлено распределение по объектам (исключая жилые помещения) пожаров в России в 2024 г. с указанием их количества [29].

Представленные данные показывают, что возгорания, сопровождающиеся пожарами, происходят практически в любых зданиях и сооружениях, где человек осуществляет профессиональную деятельность, следовательно, существует и высокий риск отравления монооксидом углерода.

Источниками интенсивного образования СО также являются: газовые водонагреватели, керосиновые печи и обогреватели, древесноугольные грили, снабжаемые пропаном печи, бензиновые и дизельные электрогенераторы, бензопилы, тягачи и буксировщики, устройства для распыления красок, лаков, растворителей и др. [30].

Монооксид углерода попадает в организм ингаляционным путём, преодолевая аэрогематический барьер, и, связываясь с гемоглобином, образует карбоксигемоглобин, который не может транспортировать кислород. Это затрудняет отдачу кислорода тканям и может вызывать повреждение центральной нервной и сердечно-сосудистой систем даже после интоксикации. Также механизм токсического действия СО включает образование карбоксимиоглобина, связывание цитохромоксидазы, стимуляцию выработки NO и активацию липидной перекисидации в головном мозге. Ведущая роль в механизме действия СО отводится формированию гемической гипоксии и нарушениям энергетического обмена. Монооксид углерода выводится из организма в основном через дыхательные пути, а также в небольших количествах через кожу, желудочно-кишечный тракт и почки. Полное выведение СО наступает в течение 12 ч [28]. Для отравления лёгкой степени характерны следующие симптомы: головная боль, головокружение, снижение остроты зрения, умеренное оглушение, тошнота, покраснение кожных по-

кровов, тахикардия, артериальная гипертензия, боли в грудной клетке. Для отравления средней степени тяжести характерны наряду с указанными выше симптомами усугубление тяжести оглушения, состояние сомноленции, возможно появление парезов. При тяжёлом отравлении развиваются сопор и гипоксическая кома, мышечная атония (чаще) или гипертония с гиперрефлексией (реже), судороги, нарушается ритм дыхания, имеют место нарушения сердечного ритма, артериальная гипотензия [30].

Согласно данным Роспотребнадзора, ежегодно в России регистрируют \approx 1200 острых отравлений метанолом (метиловым спиртом), из них более 80% заканчиваются летальным исходом [31].

Метанол (метиловый спирт, карбинол) представляет собой легковоспламеняющуюся бесцветную жидкость. Физико-химические свойства метанола определяют его широкое применение: он используется для производства уксусной кислоты, в качестве компонента антифризов, стеклоомывающих жидкостей, растворителя красок и в коммунальном снабжении [32]. Отравления часто происходят при употреблении метанола с целью опьянения, так как он по внешнему виду, запаху и вкусу неотличим от этилового спирта. В структуре причин отравлений спиртосодержащей продукцией метиловый спирт составляет 10% от общего количества. Не менее серьёзной проблемой остаются отравления метанолом на производстве вследствие следующих причин:

- вдыхание паров, так как метанол может испаряться и поступать через дыхательные пути, особенно в закрытых помещениях;
- длительный контакт с кожей, который может привести к абсорбции метанола;
- случайное проглатывание в результате неправильного обращения с веществом и нарушения техники безопасности.

Попадая в организм человека, метиловый спирт очень быстро всасывается. Распад его происходит иначе, чем распад этанола [33]: образуются промежуточные продукты (формальдегид и муравьиная кислота), что оказывает токсичное влияние на организм. Формальдегид является канцерогеном и может вызывать повреждение клеток, особенно в ЦНС, а муравьиная кислота вызывает метаболический ацидоз, приводящий к нарушению кислотно-щелочного баланса в организме и повреждениям тканей и органов, особенно нервной системы и глаз [34].

Отравление метиловым спиртом может развиваться при поступлении в организм 7–8 мл, а смертельное – 30–100 мл. Тяжёлые отравления могут возникать при пероральном приёме, а также при ингаляции или инстилляциях на неповреждённую кожу [31]. При поступлении в организм метиловый спирт через 6 ч всасывается в кровь [35], а окисляется значительно медленнее этилового [36]. Основные симптомы отравления метиловым спиртом: головная боль, головокружение, тошнота, рвота, понос, синюшность кожи и слизистых, нарушение координации, дрожь, судороги, отёк и поражение зрительно-го нерва, что может привести к слепоте и смерти [33].

В странах с интенсивной нефтедобычей и нефтеперерабатывающей промышленностью проблема отравлений нефтепродуктами приобретает особую актуальность, что обусловлено высокой концентрацией опасных производственных объектов в данной сфере.

Анализ ежегодных отчётов Ростехнадзора за 2011–2023 гг. показывает значительные масштабы инцидентов, связанных с разливом нефтепродуктов на подконтрольных объектах нефтегазопереработки, нефтехимии и нефтепродуктообеспечения. За указанный период было зафиксировано 229 чрезвычайных ситуаций (ЧС), связанных с разливом нефтепродуктов. Из них 86 случаев классифицированы как взрывы, 81 случай – как пожар, 62 случая характеризуются выбросом опасных веществ [37].

Продукты, получаемые в результате переработки нефти и газа (различные виды топлива для двигателей, смазочные масла, битумы, нефтяной кокс и др.), как правило, обладают высокой токсичностью.

Нефть является ценным сырьём для производства медицинских препаратов, компонентов парфюмерной промышленности, синтетического каучука, пластмасс, жиров и кислот [38]. Работники нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности подвергаются воздействию как сырой нефти на промыслах, так и продуктов её переработки на заводах. В производственных циклах используются различные реагенты (кислоты, щёлочи, растворители и катализаторы), что повышает риск профессионального воздействия токсичных веществ [39]. Основной путь проникновения нефтепродуктов в организм человека – органы дыхания. Вдыхание паров нефтепродуктов инициирует комплекс патологических изменений в дыхательной системе. В частности, возникает раздражение эпителия дыхательных путей, что может привести к развитию кашля, диспноэ и воспалительным процессам в лёгочной ткани [40]. Кроме того, углеводороды, входящие в состав нефтепродуктов, являются нейротоксическими веществами. Их воздействие на ЦНС проявляется в виде разнообразных неврологических симптомов, таких как головокружение, цефалгия, когнитивные нарушения и потеря сознания. При длительном или интенсивном контакте с токсическими веществами возможно развитие более серьёзных неврологических расстройств, в том числе эпилептических припадков и психотических состояний [41].

Механизм патогенного действия нефтепродуктов основан на индукции окислительного стресса, что приводит к образованию активных форм кислорода и свободных радикалов. Эти метаболиты обладают высокой реакционной способностью и могут повреждать клеточные мембраны, ДНК и другие биомолекулы, создавая предпосылки для развития злокачественных новообразований. Кроме того, при длительном воздействии нефтепродуктов нарушается работа эндокринной и иммунной систем, что способствует развитию системных патологических процессов. В частности, наблюдаются изменения гормонального баланса и иммуносупрессивные эффекты, повышается риск возникновения хронических болезней [41].

Широкое применение бензина в промышленности обуславливает многочисленные отравления этим токсикантом (ингаляционные и пероральные); известны случаи развития «бензиновой» пневмонии, развивающейся преимущественно у шофёров и работников складов горюче-смазочных материалов. Высокая концентрация паров бензина (30–40 мг/л и выше) вызывает кислородное голодание мозга из-за вытеснения кислорода, что может привести к летальному исходу [42].

Исследование кинетики органических растворителей, к которым и относится бензин, показало их значительное накопление в тканях, богатых липидами, особенно в нервной ткани, что связано с их сродством к жирам. Эти вещества легко проникают через клеточные мембраны и ГЭБ. Благодаря лучшему кровоснабжению нервная система насыщается неэлектrolитами быстрее, чем жировая ткань, что объясняет их наркотическое действие. Даже после прекращения контакта с растворителем уровень вещества в крови может оставаться высоким из-за его обратного поступления из жировых тканей, несмотря на выведение метаболитов из организма [43].

Вдыхание паров бензина вызывает острые и хронические отравления. Острые отравления сопровождаются состоянием опьянения, истерическими припадками, болтливостью, весёлостью, тремором, головокружением и сонливостью. В тяжёлых случаях наблюдаются галлюцинации, обмороки, судороги, повышение температуры тела. Хроническое отравление вызывает раздражительность, головокружение, поражение печени, ухудшение сердечной деятельности. При попадании внутрь возникают рвота, головная и брюшная боль, диарея, увеличение печени, желтушность склер [44].

Использование в промышленности цианосодержащих соединений может привести к потенциальным рискам острых отравлений как в результате аварий на химически опасных объектах, так и из-за нарушения техники безопасно-

Вещества и соединения, обладающие нейротоксическим потенциалом
Substances and compounds possessing of neurotoxic potential

| Нейротоксикант (вещество) Neurotoxicant (substance) | Класс опасности* Hazard class* | Источники отравлений Sources of poisonings | Первичный нейротоксический эффект Primary neurotoxic effect |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Тяжёлые металлы и их соли / Heavy metals and their salts</i> | | | |
| Свинец неорганический Inorganic lead | 1 | Припои; краска; свинцовые трубы; инсектициды; сервис по ремонту кузовов автомобилей; производство аккумуляторных батарей; литейные цеха; плавильные печи; суррогатное виски Solder; paint; lead pipes; insecticides; auto body repair service; battery manufacturing; foundries; smelting furnaces; surrogate whiskey | Периферическая нейропатия (потеря аксонов и демиелинизация), острая энцефалопатия (судороги), когнитивные расстройства Peripheral neuropathy (axonal loss and demyelination), acute encephalopathy (seizures), cognitive disorders |
| Ртуть неорганическая Inorganic mercury | 1 | Научно-исследовательские и измерительные приборы; электрооборудование; гальванические покрытия; изготовление сукна Research and measurement instruments; electrical equipment; electroplating; cloth fabrication | Мозжечковый синдром (тремор, атаксия), психопатологические реакции (тревога, личностные изменения, потеря памяти) Cerebellar syndrome (tremor, ataxia), psychopathologic reactions (anxiety, personality changes, memory loss) |
| Марганец неорганический Inorganic manganese | 2 | Производство железа и стали; сварочные работы; обработка металлов; изготовление пиротехники, спичек, батарей из сухих гальванических элементов Manufacture of iron and steel; welding; metal working; manufacture of pyrotechnics, matches, dry galvanic cell batteries | Эмоциональные расстройства, психозы, паркинсонизм/дистония, дегенерация нейронов стриатума и бледного шара Emotional disorders, psychosis, parkinsonism/dystonia, degeneration of striatum and pale globus neurons |
| <i>Металлоиды (полуметаллы) / Metalloids (semi-metals)</i> | | | |
| Теллур Tellurium | 1 | Производство кабелей, свинцово-кислотных аккумуляторов, полупроводниковых материалов, термоэлектродгенераторов; вулканизации каучука; варка стекла специальных марок Production of cables, lead-acid batteries, semiconductor materials, thermoelectric generators; rubber vulcanization; special grades of glass pulping | Нарушение метаболических процессов в нейронах; окислительный стресс; нарушение когнитивных функций и моторной активности; периферическая невропатия Disturbance of metabolic processes in neurons; oxidative stress; impaired cognitive function and motor activity; peripheral neuropathy |
| <i>Продукты горения / Products of combustion</i> | | | |
| Серовуглерод Carbon sulfide | 2 | Изготовление искусственного шёлка; текстиль; резиновый клей; масляные лаки; гальванические покрытия Manufacture of artificial silk; textiles; rubber adhesives; oil varnishes; electroplating | Острое отравление: энцефалопатия; хроническое отравление: периферическая невропатия, паркинсонизм Acute poisoning: encephalopathy Chronic: peripheral neuropathy, parkinsonism |
| Моноксид углерода Carbon monoxide | 4 | Аварийные ситуации на объектах, сопровождающиеся пожарами; эксплуатация техники в плохо вентилируемых помещениях Emergency situations at facilities accompanied by fires; operation of machinery in poorly ventilated premises | Опосредованное повреждение структур центральной нервной системы. Развитие оксидативного стресса Development of oxidative stress |
| Цианид Cyanide | 1 | Металлургическая промышленность; извлечение золота и серебра, флотация руд, закалка стальных изделий, гальванизация; производство пластмасс, резины, ювелирных изделий Metallurgical industry: extraction of gold and silver, flotation of ores, hardening of steel products, electroplating; production of plastics, rubber, jewelry | Нарушение клеточного дыхания и снижение выработки аденозинтрифосфата (АТФ); дисфункция и гибель нейронов; головокружение, головные боли, спутанность сознания, судороги и потеря сознания Disruption of cellular respiration and decreased adenosine triphosphate (ATP) production; neuronal dysfunction and death; dizziness, headaches, confusion, seizures and loss of consciousness |
| <i>Органические растворители / Organic solvents</i> | | | |
| Метанол Methanol | 3 | Производство уксусной кислоты; компоненты антифризов, растворителя красок и лаков; жидкости для мытья стёкол; в коммунальном снабжении Production of acetic acid, as a component of antifreeze, paint and varnish solvent; glass cleaning fluid; in municipal supply | Постепенное нарастание симптомов токсической офтальмопатии (мелькание мушек перед глазами, двоение, нечёткость зрения). Угнетающее центральную нервную систему действие (алкогольное опьянение). Головокружение, недомогание, головная боль, тошнота, боль в животе. Нарушения психической активности: оглушение, возбуждение и сопор Gradual increase of symptoms of toxic ophthalmopathy (flickering of flies before eyes, double vision, blurred vision). Depressing effect of the central nervous system (alcohol intoxication). Dizziness, malaise, headache, nausea, abdominal pain. Disturbances of mental activity: stunned, agitation and soporus |

Окончание Таблицы. Начало на стр. 218 / End of the Table. Start on page 218

| Нейротоксикант (вещество) Neurotoxicant (substance) | Класс опасности* Hazard class* | Источники отравлений Sources of poisonings | Первичный нейротоксический эффект Primary neurotoxic effect |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Органические растворители / Organic solvents</i> | | | |
| Бензин Gasoline | 3 | Профессиональная деятельность (нефтеперерабатывающие заводы); неправильное использование бензина (очистка бензином рук и механизмов); случайное попадание топлива в желудок; преднамеренное вдыхание паров бензина Occupational activities (refineries); improper use of gasoline (cleaning hands and machinery with gasoline); accidental ingestion of fuel; intentional inhalation of gasoline vapors | Психическое возбуждение, бессознательное состояние, неустойчивая походка, эйфория, насильственный смех, головокружение, сердцебиение, тахикардия, тошнота, рвота Mental agitation, unconsciousness, unsteady gait, euphoria, violent laughter, dizziness, palpitations, tachycardia, nausea, vomiting |
| Нефтепродукты Petroleum products | 3 | Нефтяная и газовая промышленность; утечки и разливы при транспортировке нефтепродуктов; выхлопные газы от бензиновых и дизельных двигателей; аварии на производстве Oil and gas industry; leaks and spills during transportation of petroleum products; exhaust gases from gasoline and diesel engines; accidents at production facilities | Раздражение нервных клеток; окислительный стресс; нарушение передачи нервных импульсов; нарушение координации, памяти, когнитивные расстройства; головная боль, головокружение, спутанность сознания Nerve cell irritation; oxidative stress; impaired nerve impulse transmission; coordination problems, memory impairment, cognitive disorders; headache, dizziness, confusion |

сти на предприятиях металлургической промышленности, при производстве пластмасс и резины, ювелирных изделий, отбеливании в кожевенном производстве и др. Пожары, сопровождающиеся выделением токсичных продуктов горения синтетических материалов, таких как полиуретан, полиакрилонитрилы, меламиновые смолы, синтетический каучук и др., также несут опасность отравления цианидами. В настоящее время 90% цианида используют в органическом синтезе, а оставшиеся 10% – в золотодобыче. В глобальном масштабе промышленное потребление цианидов составляет 1,5 млн тонн в год [45].

Цианид представляет собой высокотоксичное вещество, механизм действия которого основан на нарушении клеточного дыхания. При попадании в организм цианид связывается с ферментом цитохром-с-оксидазой в митохондриях клеток. Этот фермент играет ключевую роль в процессе окислительного фосфорилирования, при котором кислород превращается в воду, а энергия сохраняется в форме аденозинтрифосфата (АТФ) – основного источника энергии для клеток. Связывание цианида с цитохром-с-оксидазой приводит к блокировке использования кислорода клетками, даже если его уровень в крови остаётся нормальным. Это состояние, известное как тканевая гипоксия, вызывает значительное нарушение энергетического обмена. В результате блокировки окислительного фосфорилирования клетки теряют способность производить достаточное количество АТФ, что приводит к нарушению их функций и в итоге к гибели. Клинические проявления отравления цианидом могут варьироваться от головной боли и головокружения до более серьёзных симптомов, таких как затруднённое дыхание, судороги, спутанность и потеря сознания. В тяжёлых случаях возможны развитие комы и летальный исход [46].

Мировое производство теллура за 2023 г. составило ≈ 700 т, лидерами являются Китай (430 т), Россия и Япония (по 75 т), Канада и Швеция (более 25 т) [47]. Теллур является химическим элементом (полуметаллом), который используется в различных отраслях промышленности – производстве полупроводниковых составных материалов, в том числе солнечных батарей, детекторов излучения, термоэлектрических материалов. Также его добавляют к различным металлическим сплавам для улучшения обрабатываемости стали или меди, повышения прочности и долговечности свинца. Работники производств подвергаются воздействию пыли, паров или аэрозолей, содержащих теллур, что приводит к интоксикации организма. Теллур и его летучие со-

единения токсичны и поражают в первую очередь внутренние органы, ЦНС, органы дыхания [48].

Механизм отравления теллуrom связан с несколькими ключевыми процессами, в том числе ингибированием ферментов и окислительным стрессом. Теллур способен связываться с сульфгидрильными группами (–SH) в белках и ферментах, что приводит к их инактивации. Это ингибирование нарушает нормальные метаболические процессы (окислительно-восстановительные реакции и энергетический обмен) и может повлиять на функционирование ключевых ферментов, участвующих в клеточном дыхании, привести к снижению выработки аденозинтрифосфата (АТФ) и, как следствие, к нарушению клеточной функции [49].

Метаболизм теллура в организме также приводит к образованию свободных радикалов, которые являются высокоактивными молекулами. Эти свободные радикалы способны повреждать клеточные мембраны, ДНК и другие важные молекулы, что инициирует каскад реакций, способствующих клеточной гибели и воспалительным процессам. Окислительный стресс, вызванный теллуrom, может нарушать антиоксидантную защиту организма, усугубляя токсические эффекты. Клинические проявления отравления теллуrom могут включать разнообразные симптомы – тошноту, рвоту, диарею, головную боль и общее недомогание. Характерными признаками являются металлический привкус во рту, а также изменение цвета кожи, известное как теллурия, которое проявляется в виде темных пятен [48, 49].

Описанные выше данные обобщены и резюмированы в таблице. За основу взята таблица «Воздействие химических веществ и вызываемые ими нейротоксические синдромы». Клинические синдромы интоксикаций нервной системы») [50], дополненная данными авторов. В таблице перечислены нейротропные токсиканты и вызываемые ими нейротоксические эффекты поражения нервной системы.

Заключение

Изучение ретроспективы отравлений нейротропными токсикантами, встречающимися на производстве, показывает, что наиболее опасными работами являются производство электроприборов и гальванических покрытий, обработка железа, изготовление красок и др. Основные причины отравлений – несоблюдение техники безопасности, возникновение нештатных ситуаций и продолжительный контакт с токсикантом (хронические отравления).

Накопление токсикантов может привести к следующим проблемам:

- хронические поражения лёгких, болезни системы кровообращения;
- загрязнение питьевой воды при попадании токсикантов в водоёмы, что может вызвать отравления и болезни, такие как гастроэнтерит;
- накопление токсикантов в организме, особенно в жировых тканях, в результате чего возникают хронические

отравления, оказывающие влияние на нервную систему, печень и другие органы;

- нарушение функций эндокринной системы, приводящее к гормональным сбоям, репродуктивным проблемам и повышенному риску развития злокачественных новообразований;
- изменения в психическом здоровье при долгосрочном воздействии, вплоть до провоцирования тревожных и депрессивных состояний.

Литература

(п.п. 12, 14, 35, 36, 41, 45, 46, 48, 49 см. References)

1. Федотова И.Н., Васина Т.А., Белополюский А.А., Кузнецов В.И., Мансур Т.И. Нейротоксичность при острых отравлениях. *Земский врач*. 2013; (1): 32–4. <https://elibrary.ru/pvvhhl>
2. Батоцаренова Е.Г., Кострова Т.А., Щепеткова К.М., Золотоверхая Е.А., Степанов С.В., Кашуро В.А. Оценка отдаленных последствий острых тяжелых отравлений нейротоксикантами. *Медицина: теория и практика*. 2019; 4(S): 81–2. <https://elibrary.ru/mwmdm1>
3. Головкин А.И., Ивницкий Ю.Ю., Иванов М.Б., Рейнюк В.Л. Универсальность феномена «нейротоксичность» (обзор литературы). *Токсикологический вестник*. 2021; 29(5): 4–16. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2021-29-5-4-16> <https://elibrary.ru/waavml>
4. Актулаева Х.Р., Рошин Ф.А., Салахова Д.Н. Свинцовая интоксикация (сатурнизм): клинические проявления, профилактика и принципы лечения. В кн.: *Фундаментальная и прикладная наука: состояние и тенденции развития. Сборник статей XII Международной научно-практической конференции*. Петрозаводск; 2021: 386–91. <https://elibrary.ru/mwmmnev>
5. Ермагамбетова А.П., Кабдрахманова Г.Б., Козбагаров К.Е., Бегимбаев К.С., Кряжова Е.А. О влиянии ксенобиотиков на нервную систему (обзор). *Вестник Алматинского государственного института усовершенствования врачей*. 2011; (3): 22–4. <https://elibrary.ru/vytsod>
6. Кабдрахманова Г.Б., Утепкалиева К.П. О роли экотоксикантов в развитии нейротоксикозов. *Медицинский журнал Западного Казахстана*. 2018; (1): 29–36. <https://elibrary.ru/xnkckd>
7. Шестова Г.В., Ливанов Г.А., Остапенко Ю.Н., Иванова Т.М., Сизова К.В. Опасность хронических отравлений свинцом для здоровья населения. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2012; (2): 65–76. <https://elibrary.ru/smfkxv>
8. Источники отравления населения свинцом, их лечение и профилактика. Available at: <https://mz-don.com/stati/istochniki-otravleniya-naseleniya-svincom-ih-lechenie-i-profilaktika.html?ysclid=m7blvydc1216733227>
9. Кузьмина Л.П., Соркина Н.С., Хотулева А.Г., Безрукавникова Л.М., Артемова Л.В. Проблема «свинца и здоровье работающих» в условиях современного производства. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; (4): 14–8. <https://elibrary.ru/ywrkfw>
10. ВОЗ. Отравление свинцом; 2024. Доступно: <https://who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
11. ООН. Треть детей во всем мире отравлены свинцом, источники – игрушки, спреи и окружающая среда. Доступно: <https://news.un.org/ru/story/2020/07/1382901>
12. Дзугкоев С.Г., Дзугкоева Ф.С., Маргиева О.И. Анализ механизмов токсичности свинца и их патогенетическая коррекция. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2022; 108(5): 626–35. <https://elibrary.ru/hkrpr1>
13. Краснопева И.Ю. Ртутная интоксикация. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2005; 57(7): 104–8. <https://elibrary.ru/jrgyuz>
14. Русанова Д.В., Лахман О.Л. Поражения центральных афферентных проводящих структур у стажированных работников, контактировавших с соединениями ртути на производстве. В кн.: *Современные проблемы экологии и здоровья населения. Материалы всероссийской конференции с международным участием, посвященной 60-летию образования Восточно-Сибирского института медико-экологических исследований и IV всероссийской научно-практической конференции молодых ученых*. Иркутск; 2021: 77–83. <https://elibrary.ru/pubfids>
15. Авхименко М.М. Ртутная опасность в медицинских учреждениях. *Медицинская сестра*. 2011; (4): 31–4. <https://elibrary.ru/obusvr>
16. Шестова Г.В., Иванова Т.М., Ливанов Г.А., Сизова К.В. Токсические эффекты марганца как фактор риска для здоровья населения. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2014; (4): 59–65. <https://elibrary.ru/tcuvmf>
17. Королева А.А. Влияние марганца на нервную систему: новый взгляд. *Микроэлементы в медицине*. 2023; 24(2): 48–52. <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2023-24-2-48-52> <https://elibrary.ru/bddrdy>
18. Звездин В.Н., Землянова М.А., Акафьева Т.И. Токсичность аэрозоля нанодисперсного оксида марганца при ингаляционной экспозиции. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; 55(12): 13–6. <https://elibrary.ru/vbblxh>
19. Носатовский И.А. Марганцевая энцефалопатия в современных условиях. *Доктор.Ру*. 2012; (5): 81–6. <https://elibrary.ru/pjbqcl>
20. Сероуглерод (CS₂): структура, свойства, применение, риски – Наука – 2022. Доступно: <https://lifeo2.ru/serouglerod-s2-struktura-svoystva-primeneniye-riski-nauka-2022>
21. Ткачишин В.С. Интоксикации сероуглеродом. *Медицина неотложных состояний*. 2020; 16(1): 123–6. <https://elibrary.ru/hxovde>
22. Другова Е.С., Кушнерова Н.Ф., Мерзляков В.Ю., Фоменко С.Е., Спрыгин В.Г., Момот Т.В. Влияние интоксикации сероуглеродом на биохимические показатели крови и их коррекция растительными фенольными соединениями в эксперименте. *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2021; (2): 15–25. <https://doi.org/10.31549/2542-1174-2021-2-15-25> <https://elibrary.ru/dcqllh>
23. Костюк И.Ф., Капустник В.А., Брыкалин В.П., Калмыков А.А. *Профессиональные болезни*. Харьков; 2007.
24. Зобнин Ю.В. Острые токсические нейропатии. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2008; 79(4): 106–10. <https://elibrary.ru/jwkbqb>
25. N+1. Восточная Европа оказалась на первом месте по смертям от отравления угарным газом в 2021 году; 2023. Доступно: <https://nplu1.ru/news/2023/10/09/mortality-carbon-monoxide>
26. Толкач П.Г., Башарин В.А., Чепур С.В., Венгерович Н.Г., Юдин М.А., Никифоров А.С. и др. *Токсикология продуктов горения полимерных материалов*. СПб.: Левша; 2022. <https://elibrary.ru/wjxuda>
27. Анализ обстановки с пожарами и их последствиями на территории Российской Федерации за 12 месяцев 2024 г. Доступно: https://87.mchs.gov.ru/uploads/resource/2025-04-25/11-statisticheskiedannye_1745532917320520496.pdf
28. Курсов С.В. Монооксид углерода: физиологическое значение и токсикология. *Медицина неотложных состояний*. 2015; (6): 9–16. <https://elibrary.ru/vtyxlb>
29. Козычева О.П., Лебедев М.Л., Филяков А.И., Гребенников С.В., Милехина Т.В., Шандыбаева Т.В. и др. Отравления метанолом: диагностика, терапия и исходы. *Вестник Клинической больницы*. 2021; (51): 27–32.
30. Яковенко Т.А., Онан О.Я., Долума А.М., Тарасов А.Ю. Острые отравления метанолом: обзор литературы. *Вестник магистратуры*. 2022; (12–1): 4–8. <https://elibrary.ru/jgdqpm>
31. Хоффман Р., Нельсон Л., Хауланд М.Э., Льюин Н., Фломентабаум Н., Голдфранк Л. *Экстренная медицинская помощь при отравлениях*. Пер. с англ. М.: Практика; 2010.
32. Букаев О.Н., Сайгина О.А., Малкина Н.В., Юматова Е.В., Слугина О.В. Динамика острых отравлений метанолом и особенности оказания экстренной медицинской помощи в Республике Мордовия. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2019; (10–2): 278–82. <https://elibrary.ru/yukzgg>
33. Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. Доступно: https://gosnadzor.ru/public/annual_reports/
34. Бридж Г., Ле Бийон Ф. *Нефть*. М.: 2015.
35. Гладких В.Г., Данилова Т.В. Готовность будущих рабочих к преодолению производственных рисков нефтегазовой отрасли как компонент профессиональной готовности. *Гуманитарно-педагогические исследования*. 2024; 8(1): 6–16. <https://elibrary.ru/frhfor>
36. Сагадуллина М.Р., Файсханова И.Р., Зарипова Л.И., Шамсутдинова Н.Г., Дьякова Е.В. Клинические проявления поражения легких при интоксикации нефтепродуктами (бензином). *Практическая медицина*. 2022; 20(6): 113–8. <https://doi.org/10.32000/2072-1757-2022-6-113-118> <https://elibrary.ru/owsrdb>
37. Широкова Л.В., Шакирьянова Ю.П., Серов Е.С., Киричек А.В. Случай смертельного острого ингаляционного отравления парами бензина. *Вестник судебной медицины*. 2017; 6(2): 48–50. <https://elibrary.ru/zaoyid>
38. Оруджев Р.А., Джафарова Р.Э. Особенности токсического действия углеводородов нефти на организм человека. *Вестник Витебского государственного медицинского университета*. 2017; 16(4): 8–15. <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2017.4.8> <https://elibrary.ru/zdjrev>
39. Кадрыкулов А.К., Кайназарова К.М., Маразаков Ш.А., Бурканов Т.М. АЗС как источник загрязнения окружающей среды. *Машиноведение*. 2018; (1): 50–8. <https://elibrary.ru/yolguv>
40. Рынок теллура 2024 (2025). Доступно: https://www.metalresearch.ru/tellurium_market.html
41. Клинические синдромы интоксикаций нервной системы. Доступно: <https://base.safework.ru/loenc?print&nd=857400159&spack=110LogLengt%3D0%26LogNumDoc%3D857400011%26listid%3D010000000100%26listpos%3D5%26l%3D9%26nd%3D857400011%26nh%3D1%26>

References

- Fedotova I.N., Vasina T.A., Belopolsky A.A., Kuznetsov V.I., Mansur T.I. Neurotoxicity of acute poisoning. *Zemskii vrach*. 2013; (1): 32–4. <https://elibrary.ru/pxvhh1> (in Russian)
- Batotsyrenova E.G., Kostrova T.A., Shchepetkova K.M., Zolotoverkhaya E.A., Stepanov S.V., Kashuro V.A. Assessment of long-term consequences of acute severe neurotoxicant poisonings. *Meditsina: teoriya i praktika*. 2019; 4(5): 81–2. <https://elibrary.ru/mwmdmn> (in Russian)
- Golovko A.I., Ivnitsky Ju.Ju., Ivanov M.B., Rejnyuk V.L. Universality of the phenomenon of “neurotoxicity” (literature review). *Toksikologicheskii vestnik*. 2021; 29(5): 4–16. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2021-29-5-4-16> <https://elibrary.ru/waavml> (in Russian)
- Aktulaeva Kh.R., Roschin Ph.A., Salakhova D.N. Lead intoxication (saturnism): clinical manifestations, prevention and treatment principles. In: *Fundamental and Applied Science: State and Development Trends. Collection of Articles of the XII International Scientific and Practical Conference [Fundamental'naya i prikladnaya nauka: sostoyaniye i tendentsii razvitiya. Sbornik statei XII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Petrozavodsk; 2021: 386–91. <https://elibrary.ru/mwmnev> (in Russian)
- Ermagambetova A.P., Kabdrakhmanova G.B., Kozbagarov K.E., Begimbayev K.S., Kryazhova E.A. Influence of xenobiotics on nervous system (review). *Vestnik Almatinskogo gosudarstvennogo instituta usovershenstvovaniya vrachei*. 2011; (3): 22–4. <https://elibrary.ru/vytsod> (in Russian)
- Kabdrakhmanova G.B., Utepkalieva K.P. The role of ecotoxins in the development of neurotoxicosis. *Meditsinskii zhurnal Zapadnoy Kazakhstana*. 2018; (1): 29–36. <https://elibrary.ru/xnckcd> (in Russian)
- Shestova G.V., Livanov G.A., Ostapenko Yu.N., Ivanova T.M., Sizova K.V. Danger of chronic poisoning by lead for health of people. *Meditsina ehkstreml'nykh situatsii*. 2012; (2): 65–76. <https://elibrary.ru/smfkvv> (in Russian)
- Sources of Lead Poisoning in the General Population, Their Treatment and Prevention. Available at: <https://mz-don.com/stati/istochniki-otravleniya-naseleniya-svincom-ih-lechenie-i-profilaktika.html?ysclid=m7blvydc1216733227> (in Russian)
- Kuzmina L.P., Sorkina N.S., Khotuleva A.G., Bezrukavnikova L.M., Artemova L.V. The problem “lead and health of workers” in the conditions of modern industry. *Meditsina truda i promyshlennaya ehkologiya*. 2018; (4): 14–8. <https://elibrary.ru/ywrkfw> (in Russian)
- WHO. Lead poisoning. Available at: <https://who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health> (in Russian)
- United Nations. A Third of the World's Children Are Poisoned by Lead, Sources Include Toys, Spices, and the Environment. Available at: <https://news.un.org/r/story/2020/07/1382901> (in Russian)
- Mani M.S., Joshi M.B., Shetty R.R., DSouza V.L., Swathi M., Kabekkodu S.P., et al. Lead exposure induces metabolic reprogramming in rat models. *Toxicol. Lett*. 2020; 335: 11–27. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2020.09.010>
- Dzulgkoev S.G., Dzulgkoeva F.S., Margieva O.I. Analysis of the mechanisms of lead toxicity and their pathogenetic correction. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova*. 2022; 108(5): 626–35. <https://elibrary.ru/hkrpri> (in Russian)
- Gundacker C., Forsthuber M., Szigeti T., Kakucs R., Mustieles V., Fernandez M.F., et al. Lead (Pb) and neurodevelopment: A review on exposure and biomarkers of effect (BDNF, HDL) and susceptibility. *Int. J. Hyg. Environ. Health*. 2021; 238: 113855. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113855>
- Krasnopeeva I.Yu. Mercury intoxication. *Sibirskii meditsinskii zhurnal (Irkutsk)*. 2005; 57(7): 104–8. <https://elibrary.ru/jrgyxx> (in Russian)
- Rusanova D.V., Lakhman O.L. Lesions of the central afferent conducting structures in trained workers who came into contact with mercury compounds in the workplace. In: *Modern Problems of Ecology and Public Health. Materials of the All-Russian Conference with International Participation Dedicated to the 60th Anniversary of the Formation of the East Siberian Institute of Medical and Environmental Research and the IV All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists [Sovremennyye problemy ekologii i zdorov'ya naseleniya. Materialy vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoi 60-letiyu obrazovaniya Vostochno-Sibirskogo instituta mediko-ekologicheskikh issledovaniy i IV vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchennykh]*. Irkutsk; 2021: 77–83. <https://elibrary.ru/pubdfs> (in Russian)
- Avkhimenko M.M. The danger of mercury in medical institutions. *Meditsinskaya sestra*. 2011; (4): 31–4. <https://elibrary.ru/obusvp> (in Russian)
- Shestova G.V., Ivanova T.M., Livanov G.A., Sizova K.V. Manganese toxic properties and manganese toxicity as a threat to public health. *Meditsina ehkstreml'nykh situatsii*. 2014; (4): 59–65. <https://elibrary.ru/teuvmf> (in Russian)
- Koroleva A.A. The effect of manganese on the nervous system: new research. *Mikroehlementy v meditsine*. 2023; 24(2): 48–52. <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2023-24-2-48-52> <https://elibrary.ru/bddrdr> (in Russian)
- Zvezdin V.N., Zemlyanova M.A., Akafieva T.I. Inhalation toxicity of nanodispersed manganese oxide aerosol. *Meditsina truda i promyshlennaya ehkologiya*. 2015; 55(12): 13–6. <https://elibrary.ru/vbblxh> (in Russian)
- Nosatovskiy I.A. Manganese encephalopathy: current. *Doktor.Ru*. 2012; (5): 81–6. <https://elibrary.ru/pjbbql> (in Russian)
- Carbon disulfide (CS₂): structure, properties, applications, risks – Science – 2022. Available at: <https://lifo2.ru/serouglerod-s2-struktura-svoystva-primeneniye-riski-nauka-2022/> (in Russian)
- Tkachyshyn V.S. Intoxications by carbon disulfide. *Meditsina neotlozhnykh sostoyaniy*. 2020; 16(1): 123–6. <https://elibrary.ru/hxovde> (in Russian)
- Drugova E.S., Kushnerova N.F., Merzlyakov V.Yu., Fomenko S.E., Sprygin V.G., Momot T.V. Influence of carbon disulfide intoxication on blood biochemical parameters and their correction by plant phenolic compounds in experiment. *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2021; (2): 15–25. <https://doi.org/10.31549/2542-1174-2021-2-15-25> <https://elibrary.ru/dcqllh> (in Russian)
- Kostyuk I.F., Kapustnik V.A., Brykalin V.P., Kalmykov A.A. *Occupational Diseases [Professional'nye bolezni]*. Khar'kov; 2007. (in Russian)
- Zobnin Yu.V. Acute toxic neuropathies. *Sibirskii meditsinskii zhurnal (Irkutsk)*. 2008; 79(4): 106–10. <https://elibrary.ru/jwkqbb> (in Russian)
- N+1. Eastern Europe ranked first in deaths from carbon monoxide poisoning in 2021; 2023. Available at: <https://nplus1.ru/news/2023/10/09/mortality-carbon-monoxide> (in Russian)
- Tolkach P.G., Basharin V.A., Chepur S.V., Vengerovich N.G., Yudin M.A., Nikiforov A.S., et al. *Toxicology of Polymer Material Combustion Products [Toksikologiya produktov goreniya polimernykh materialov]*. St. Petersburg: Levsha; 2022. <https://elibrary.ru/wjxuda> (in Russian)
- Analysis of the Fire Situation and its Consequences on the Territory of the Russian Federation for the 12 Months of 2024. Available at: https://87.mchs.gov.ru/uploads/resource/2025-04-25/11-statisticheskiedannye_1745532917320520496.pdf (in Russian)
- Kursov S.V. Carbon Monoxide: Physiological Significance and Toxicology. *Meditsina neotlozhnykh sostoyaniy*. 2015; (6): 9–16. <https://elibrary.ru/vtyxlb> (in Russian)
- Kozycheva O.P., Lebedev M.L., Filyakov A.I., Grebennikov S.V., Milekhina T.V., Shandybaeva T.V., et al. Methanol poisoning: diagnosis, therapy and outcomes. *Vestnik Klinicheskoi bol'nitsy*. 2021; (51): 27–32. (in Russian)
- Yakovenko T.A., Onan O.YA., Doluma A.M., Tarasov A.Yu. Acute methanol poisoning: a literature review. *Vestnik magistratury*. 2022; (12–1): 4–8. <https://elibrary.ru/jgdqpm> (in Russian)
- Hoffman R.C., Nelson L.S., Howland M.A., Lewin N.A., Flomenbaum N.E., Goldfrank L.R. *Goldfrank's Manual of Toxicologic Emergencies*. McGraw-Hill Professional; 2007.
- Bukaev O.N., Saygina O.A., Malkina N.V., Yumatova E.V., Slugina O.V. Dynamics of acute methanol poisoning and characteristics of emergent medical aid in the republic of Mordovia. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2019; (10–2): 278–82. <https://elibrary.ru/yukzgg> (in Russian)
- Tephly T.R., McMartin K.E. Methanol metabolism and toxicity. Aspartame. CRC Press; 2020.
- Bartlett G.R. Inhibition of methanol oxidation by ethanol in the rat. *Am. J. Physiol*. 1950; 163(3): 619–21. <https://doi.org/10.1152/ajplegacy.1950.163.3.619>
- Annual Reports on the Activities of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision. Available at: https://gosnadzor.ru/public/annual_reports/ (in Russian)
- Bridzh G., Le Biion F. *Oil [Nef']*. Moscow; 2015. (in Russian)
- Gladkikh V.G., Danilova T.V. Future workers' readiness to overcome production risks in oil and gas industry as a component of professional readiness. *Gumanitarno-pedagogicheskie issledovaniya*. 2024; 8(1): 6–16. <https://elibrary.ru/frhfop> (in Russian)
- Sagadullina M.R., Fayskhanova I.R., Zaripova L.I., Shamsutdinova N.G., Dyakova E.V., Nizamova S.R. Clinical manifestations of lung damage in case of intoxication with oil products (gasoline). *Prakticheskaya meditsina*. 2022; 20(6): 113–8. <https://doi.org/10.32000/2072-1757-2022-6-113-118> <https://elibrary.ru/owsrdb> (in Russian)
- Zahed M.A., Salehi S., Khoei M.A., Esmaeili P., Mohajeri L. Risk assessment of Benzene, Toluene, Ethyl benzene, and Xylene (BTEX) in the atmospheric air around the world: A review. *Toxicol. In Vitro*. 2024; 98: 105825. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2024.105825>
- Shirokova L.V., Shakiryanova Yu.P., Serov Ye.S., Kirichek A.V. A fatal case of acute inhalation poisoning with vapors of gasoline. *Vestnik sudebnoi meditsiny*. 2017; 6(2): 48–50. <https://elibrary.ru/zaoyid> (in Russian)
- Orojov R.A., Jafarova R.A. The peculiarities of the toxic effect of petroleum hydrocarbons on the human organism. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. 2017; 16(4): 8–15. <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2017.4.8> <https://elibrary.ru/zdjrev> (in Russian)
- Kadyrkulov A.K., Kainazarova G.M., Marazakov Sh.A., Burkanov T.M. Filling station as a source of environmental pollution. *Mashinovedenie*. 2018; (1): 50–8. <https://elibrary.ru/yolgux> (in Russian)
- Doman G., Aoun J., Truscinski J., Truscinski M., Aouthmany S. Cyanide poisoning. *J. Educ. Teach. Emerg. Med*. 2022; 7(3): S1–25. <https://doi.org/10.21980/j80w76>
- Bernasconi L., Carnovale M., Lonati D., Petrolini V.M., Schicchi A., Brolli B., et al. Hydrogen cyanamide exposure: a case series from Pavia Poison Control Centre. *Occup. Med. (Lond.)*. 2023; 73(8): 500–6. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqad108>
- Tellurium market 2024 (2025). Available at: https://www.metalresearch.ru/tellurium_market.html (in Russian)
- Aleksichuk O.Y., Tkachishin V.S., Kondratyuk V.Y., Arustamyan O.M., Dumka I.V. Poisoning from tellurium and its toxic compounds in industry. *Emerg. Med*. 2021; 17(6): 6–11.

49. Vávrová S., Struhárňanská E., Turňa J., Stuchlík S. The influence of tellurium and selenium compounds in biological systems and selenium (Se) and tellurium (Te) toxicity. In: *Toxicology of Essential and Xenobiotic Metals*. CRC Press; 2024: 19–32.
50. Clinical syndromes of intoxication of the nervous system. Available at: <https://base.safework.ru/iloenc?print&nd=857400159&spack=110LogLength%3D0%26LogNumDoc%3D857400011%26listid%3D01000000100%26listpos%3D5%26lsz%3D9%26nd%3D857400011%26nh%3D1%26>

Сведения об авторах

Потанов Пётр Кириллович, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. ФГБУ НКЦТ им. С.Н. Голикова ФМБА России, 192019, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: FORWARDSpb@mail.ru

Шустов Евгений Борисович, доктор мед. наук, профессор, гл. науч. сотр. ФГБУ НКЦТ им. С.Н. Голикова ФМБА России, 192019, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: shustov-msk@mail.ru

Носков Никита Сергеевич, старший оператор научной роты ФГАУ «ВИТ "ЭРА"», 353456, Анапа, Россия

Маркин Илья Владимирович, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. ФГАУ «ВИТ "ЭРА"», 353456, Анапа, Россия. E-mail: ilya.markin.92@bk.ru

Мельникова Маргарита Викторовна, науч. сотр. ФГБУ НКЦТ им. С.Н. Голикова ФМБА России, 192019, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: melnikova.m.v@toxicology.ru

About the authors

Petr K. Potanov, PhD (Medicine), senior researcher, Golikov Research Clinical Center of Toxicology of the Federal medical biological agency, St. Petersburg, 192019, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-4602-4468> E-mail: FORWARDSpb@mail.ru

Evgeniy B. Shustov, DSc (Medicine), professor, chief researcher, Golikov Research Clinical Center of Toxicology of the Federal medical biological agency, St. Petersburg, 192019, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-5895-688X> E-mail: shustov-msk@mail.ru

Nikita S. Noskov, senior operator, Military Innovative Technopolis "ERA", Anapa, 353456, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0005-3691-1150>

Ilya V. Markin, PhD (Engineering), senior researcher, Military Innovative Technopolis "ERA", Anapa, 353456, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0006-2874-4177> E-mail: ilya.markin.92@bk.ru

Margarita V. Melnikova, researcher, Golikov Research Clinical Center of Toxicology of the Federal medical biological agency, St. Petersburg, 192019, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-2996-5151> E-mail: melnikova.m.v@toxicology.ru